

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE QUÍMICA E BIOLOGIA  
CURSO DE TECNOLOGIA EM PROCESSOS AMBIENTAIS

JADE VARALLO CORTE

**APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA A UMA MICROCERVEJARIA  
EM CURITIBA – PR.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA  
2016

JADE VARALLO CORTE

**APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA A UMA MICROCERVEJARIA  
EM CURITIBA – PR.**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Tecnologia em Processos Ambientais do Departamento Acadêmico de Química e Biologia – DAQBi – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito para obtenção do título de Tecnóloga.

Orientadora: Prof. Esp. Markus Mau.

CURITIBA  
2016

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, Pai de todas as coisas;

Ao meu orientador, professor Markus Mau, que embarcou comigo nas minhas ideias;

Aos meus pais, Marta e Nemer, por serem os grandes viabilizadores de todos os meus projetos, aqueles que sempre acreditaram em mim e investiram suas vidas em me guiar e educar; eles são e serão sempre o meu porto seguro;

Aos meus irmãos, Caio, Vítor e Clara, que me incentivam e são presentes no meu dia a dia, mesmo de longe;

Ao meu companheiro, Rodrigo, por sempre acreditar em mim, mesmo quando nem eu acredito;

À minha família de Curitiba, constituída pelos meus familiares e amigos, por todo apoio e incentivo ao longo desta jornada;

À UTFPR, por ter sido a minha casa acadêmica em Curitiba;

À microcervejaria em estudo, pelas informações, contribuição e participação no projeto;

Minha eterna gratidão.

## RESUMO

CORTE, Jade Varallo. Aplicação da ferramenta FMEA a uma microcervejaria em Curitiba – PR. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior de Tecnologia em Processos Ambientais – Departamento Acadêmico de Química e Biologia – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

Diante do amplo e rápido crescimento do setor de microcervejarias, este nicho de mercado apresenta competitividade significativa. A necessidade de agradar os clientes e fidelizados, faces às inúmeras opções de mercado, se tornam um desafio. Para enfrenta-lo, o desenvolvimento de produtos diferenciados e a otimização de processos se tornam essenciais. Estas ações, norteadas pelo princípio de gerir com qualidade, acabam reduzindo custos e melhorando a performance geral do processo e do produto, por consequência. A fim de desenvolver produtos com qualidade, o acompanhamento deste por todo seu ciclo de vida é essencial. Assim, a análise dos riscos de falha no projeto ou processo produtivo desponta como um diferencial para as empresas. Utilizou-se, para analisar possíveis falhas e seus efeitos no processo produtivo de uma microcervejaria em Curitiba – PR, a ferramenta FMEA (Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos, em português). O método se apresentou satisfatório em promover a análise dos componentes de maior fragilidade no processo produtivo. Destaca-se a variação da qualidade dos insumos utilizados no processo de cervejaria como sendo o maior potencial de falhas. A automatização do processo se apresenta como grande diferencial, minimizando a sensibilidade da ferramenta aos modos de falhas possíveis. A partir dos resultados é possível antever possíveis falhas e implementar soluções preventivas, o que implica em maior eficiência produtiva e garante maior confiabilidade ao processo.

Palavras-chave: Gestão da qualidade, Análise de risco, Microcervejaria, FMEA.

## **ABSTRACT**

CORTE, Jade Varallo. FMEA Tool Applying in a microbrewery in Curitiba – PR. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior de Tecnologia em Processos Ambientais – Departamento Acadêmico de Química e Biologia – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

Facing the large and fast growing in microbreweries sector, this market has significant competitiveness. The need to please customers and create loyalty with them, in face of the numerous options market, becomes a challenge. And to accomplish that challenge, the development of different products and optimization of processes become essential. These actions, guided by the principle of managing with quality, end up by reducing costs and improving the overall performance of the process and the product, as a result. In order to develop quality products, monitoring this throughout of their life cycle is essential. Therefore, the analysis of the failure risks in the manufacturing process or project emerges as a differentiator for companies. It was used to analyze possible failures and their effects on the production of a microbrewery process in Curitiba - PR, the FMEA tool (Analysis of Failure Modes and Effect). The method presented itself as satisfactory in promoting the analysis of the most fragile component in the production process. Attention has to be payed on the quality of supplies used in the brewing process, since it appears to be the greatest failure potential. The automation of the process is presented as a great advantage, minimizing the sensitivity of the tool to the modes of possible failures. From the results it is possible to predict possible failures and implement preventive solutions, which implies greater production efficiency and ensures greater reliability to the process.

Key-words: Quality management, Risk analysis, Microbrewery, FMEA.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>2</b>
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
3.1 OBJETIVOS GERAIS.....	3
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
<b>4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>4</b>
4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO CERVEJEIRA .....	4
4.1.1 Microcervejarias .....	6
4.2 GESTÃO DA QUALIDADE .....	7
4.3 ANÁLISE DE RISCO .....	8
4.3.1 Ferramenta FMEA .....	10
<b>5 METODOLOGIA</b> .....	<b>12</b>
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA MICROCERVEJARIA EM ESTUDO.....	12
5.2 METODOLOGIA FMEA.....	12
5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	14
<b>6 RESULTADOS</b> .....	<b>15</b>
6.1 CARACTERIZAÇÃO DA MICROCERVEJARIA EM ESTUDO.....	15
6.2 APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA .....	19
6.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	25
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>27</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>28</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A produção e consumo de cerveja estão presentes nos modos de vida das populações há milênios (MEGA *et al.*, 2011). Mais recentemente, a produção de cervejas tidas como ‘especiais’ vem ganhando relevante proporção, fato que propicia a criação de um nicho de mercado relativamente novo: as microcervejarias. Estas, por serem recentes, não possuem legislação e regulamentações específicas e direcionadas. (SINDICERV, 2012)

Neste contexto pode-se destacar a gestão da qualidade como um diferencial em um mercado tão competitivo quanto o das microcervejarias. Especialmente em processos mais artesanais, a análise e padronização de sistemas produtivos garantem a oferta de um produto de qualidade constante aos consumidores. Para ECKES (2001), as formas de criar produtos e oferecer serviços variam significativamente, mas é fato que as empresas que oferecem produtos e serviços com qualidades melhores sempre vencem a concorrência.

A definição de gestão da qualidade é dinâmica e variada entre os autores (COSTA *et al.*, 2004). A norma NBR ISO 9000 define qualidade como sendo o “grau no qual um conjunto de características inerentes satisfazem uma necessidade ou expectativa, que geralmente é expressa de forma implícita ou explícita” (ABNT, 2000).

A mentalidade de risco figura como a grande alteração proposta na última atualização da norma NBR ISO 9001, publicada em 2015. De acordo com esta normativa, “a mentalidade de risco habilita uma organização a determinar os fatores que poderiam causar desvios nos seus processos e no seu sistema de gestão da qualidade em relação aos resultados planejados, a colocar em prática controles preventivos para minimizar efeitos negativos e a maximizar o aproveitamento das oportunidades que surjam” (ABNT, 2015).

Assim, tem-se que a análise de risco representa como importante instrumento da qualidade. Entre os métodos disponíveis 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).

## 2 JUSTIFICATIVA

Em um cenário onde as grandes empresas cervejeiras concentram o mercado, as microcervejarias vem crescendo gradativamente e ocupando um espaço importante no panorama nacional de consumo de cerveja. (BNDES, 2014). Embora as microcervejarias ocupem menos de 2% do mercado nacional, estima-se que existam mais de 300 delas no Brasil, em especial na região Sul, com crescimento anual de 20% (BECKER, 2015).

Tendo em vista a alta competitividade deste mercado que está em amplo crescimento, a busca pela inovação e qualificação no setor cervejeiro é constante (CERVO *et al.*, 2015). Neste sentido, a gestão da qualidade e, mais especificamente, a gestão de riscos desponta como um diferencial. A gestão dos riscos de qualidade figura como componente essencial para um sistema de qualidade eficaz (*US Food and Drug Administration*, 2006).

Os modos de falha relacionados a processos produtivos tendem a gerar insatisfações nos clientes, o que resulta em perdas financeiras. A análise de risco figura como importante ferramenta na predileção de falhas, o que implica em menores investimentos em manutenção. Em outras palavras, as ações tomadas são preventivas, não apenas reativas a demandas que surjam ao longo do processo (ROSS *et al.*, 2007).

Ademais, há falta de legislação e parametrização do mercado das microcervejarias, visto que o mesmo é recente, assim como a literatura ainda é pouco extensa sobre o tema. Assim, justifica-se o presente trabalho pela contribuição não somente para a microcervejaria em estudo, como também para o meio acadêmico, face à disponibilização de conhecimento técnico aplicado.



### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVOS GERAIS**

O objetivo principal deste trabalho é analisar o risco do processo de produção artesanal de uma microcervejaria através da aplicação da metodologia FMEA.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar o processo produtivo da microcervejaria em estudo;
- Aplicar a ferramenta FMEA para análise de risco do processo produtivo da microcervejaria em estudo;
- Avaliar o resultado da aplicação da ferramenta e propor soluções cabíveis ao processo, visando à redução de risco.

## 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO CERVEJEIRA

A origem da cerveja pode ser relacionada a diversos povos da antiguidade, onde egípcios, sumérios e até babilônios há mais de 6.000 anos disputam o título de fundador da bebida alcoólica mais consumida no mundo e terceira mais consumida entre todas as bebidas, apenas atrás da água e do chá. (SIQUEIRA *et al*, 2008).

De acordo com a legislação brasileira, cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica de mosto, oriundo de malte de cevada e água potável, por ação de levedura, com adição de lúpulo. Há a opção de substituir parte do malte da cevada por adjuntos (arroz, trigo, centeio, milho, aveia e sorgo, todos integrais, em flocos ou a sua parte amilácea) e por carboidratos de origem vegetal, transformados ou não (MEGA *et al.*, 2011).

Mesmo sendo uma bebida consumida desde então (porém não exatamente com a mesma fórmula produzida nos dias de hoje), não se sabe se a cerveja primeiramente era tratada apenas como forma de alimento na dieta dos povos daquele tempo, ou se também já exercia função medicinal e cosmética, além de servir inclusive como forma de pagamento por serviços prestados. (AQUARONE *et al*, 1983) Apesar de ser uma bebida milenar, podemos dizer que a cerveja está difundida amplamente apenas há 150 anos. (FREITAS, 2005)

A Revolução Industrial foi fundamental para que houvesse mudança na forma de distribuição e produção no modelo de cerveja nos dias atuais, com a não mais utilização do antigo modo de produção utilizada principalmente pelos mosteiros e posteriormente, dos pequenos centros de produção a nível local, que eram dependentes da experiência e fabricação dos cervejeiros da época (SALGADO, 2005).

Sendo assim, um dos pilares da Revolução Industrial foi industrializar os processos de fabricação da cerveja. A questão do envase das garrafas foi uma consequência indireta desenvolvida através da criação de máquinas engarrafadoras em vez da utilização de mão de obra (MEGA *et al.*, 2011), assim como o desenvolvimento de ferrovias para melhor distribuição do produto em locais mais remotos. (ALBUQUERQUE e MACHADO, 2014). Mas o desenvolvimento mais

decisivo e significativo para a cerveja na época em questão foi a criação da refrigeração industrial, que foi usada pela primeira vez em uma cervejaria em Munique, com a possibilidade de poder armazenar a cerveja o ano todo.

Os procedimentos de produção da cerveja já tiveram mudanças a partir do século VII, com a adição de diferentes tipos de ingredientes para resultar em forma diferenciada da cerveja, como foi o caso do lúpulo. A descoberta de ações como a fermentação de bebidas, em concordância com os trabalhos da Microbiologia no século XIX permitiram o desenvolvimento de uma grande indústria (MALAJOVICH, 2012). Já o processo de fabricação da cerveja como a conhecemos nos dias atuais sempre esteve associado a códigos específicos de normatização, sendo o mais conhecido a Lei Alemã de Pureza de 1516 (*Reinheitsgebot*), segundo a qual os únicos elementos aceitos na fabricação de cerveja eram a água, malte, lúpulo e levedura. Esta referencia legislativa, embora não exerça mais a função de lei obrigatória, ainda é utilizada na atualidade. (AGÊNCIA EFE, 2016). Destaca-se que o lúpulo e o malte, principais matérias primas utilizadas na produção de cerveja, são em grande parte importados, o que faz com que os custos de produção sofram fortes variações diante de modificações no câmbio.

A produção cervejeira ainda está concentrada em alguns países, segundo pesquisa de 2012, encomendada por uma das principais empresas de serviços e produtos relacionados ao lúpulo, o mais importante insumo da cerveja. (SOBRAL, 2012). Nela, tem-se que os 40 principais países produtores de cerveja são responsáveis por quase 92% da produção mundial do produto. Países como a China, que é hoje o maior produtor de cerveja do mundo, com quase 50 bilhões de litros produzidos no ano de 2011 (quase 6 vezes o número da produção 20 anos antes) e Estados Unidos, com uma produção de “apenas” metade desse número, com 22 bilhões de litros, estão entre os líderes de produção. Mesmo com a soma significativa da produção da bebida, os nativos desses países não configuram sequer entre os maiores consumidores de cerveja em uma escala global, ocupando o 24º e 11º lugar, respectivamente, no ranking mundial. (SOBRAL, 2012). O maior consumidor de cerveja do mundo é a República Tcheca, com 143 litros per capita por ano, seguidas da Alemanha (110 litros per capita por ano) e Estônia (108 litros per capita por ano).

O Brasil ocupa um lugar de destaque quando o assunto é produção de cerveja. Terceira maior produtora mundial da iguaria, com produção superior a 13

bilhões ao ano, já possui uma representatividade maior na produção que países há pouco tempo atrás eram considerados referências, como Rússia e Alemanha. Porém, o país não está inserido sequer na lista dos 10 maiores países consumidores, ocupando atualmente a 15ª posição no ranking mundial, em conjunto com a Hungria (62 litros per capita por ano). (SOBRAL, 2012).

Os números também são significativos quando se faz a mesma relação de produção com os 40 maiores grupos cervejeiros do mundo, responsáveis por quase 82% da produção mundial de cerveja. Os 4 maiores grupos são responsáveis por 50% da produção mundial de cerveja, sendo que o primeiro, a AB-InBEV (de origem belga, brasileira e americana), responde por cerca de 20%. Destaca-se, que as empresas referentes aos dois primeiros lugares estão passando por um processo de fusão, de forma que a nova empresa responderá por quase 30% da produção mundial de cerveja. (ESTADÃO, 2015; BARTH-HAAS GROUP, 2016)

#### 4.1.1 Microcervejarias

De acordo com o SEBRAE, as microcervejarias, são aquelas pequenas unidades de produção, com cunho artesanal e muitas vezes praticado como hobby (SEBRAE, 2016). Embora os volumes fabricados sejam pequenos, o valor agregado do produto é alto, o que atrai diversos empreendedores e apreciadores da bebida. Nos Estados Unidos, este segmento é chamado de Craft Brewing, cujo início data da década de 70. No Brasil, este mercado é chamado de “Produção Alternativa de Cerveja” e teve início na segunda metade da década de 80 (NOTHAFT, 1998a), sendo que sua expansão significativa se deu nos últimos 5 anos.

Dentro do setor de Produção Alternativa de Cerveja, pode-se dividir os produtores em dois grupos distintos: as nano cervejeiros e os microcervejeiros. Os nano cervejeiros apresentam perfil de produção quase doméstica, produzindo por hobby e não com interesse essencialmente financeiro. Já os microcervejeiros podem ser entendidos como aqueles que produzem cervejas especiais com finalidade financeira, seja para sustento ou complementação de renda. (FONTES, 2012).

Sabe-se, no entanto, que a formalização de tais empresas apresenta alguns gargalos no cenário nacional, vista a falta de legislação específica pelo pouco tempo de mercado estabelecido. Os altos impostos figuram neste cenário como

inviabilizadores da formalização dos negócios. (PIATO e RÉVILLION, 2013). Diante do fato de que muitas microcervejarias não possuem seus processos formalizados, pode-se inferir que a fiscalização é muito pequena no setor, o que pode levar a processos produtivos sem métodos e padrões bem consolidados.

## 4.2 GESTÃO DA QUALIDADE

O termo qualidade figurou pela primeira vez como alvo de preocupação nos séculos XVIII e XIX, quando os mestres de ofícios supervisionavam as produções artesanais. Neste contexto, a inspeção informal dos produtos surgiu como ferramenta para assegurar a qualidade, visto 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 atendimento às necessidades do cliente, buscando a melhoria contínua dos produtos e serviços pelo aprimoramento constante dos processos e dos indivíduos envolvidos nele (MALIK, 1996).

A definição do termo qualidade é variada e adversa mesmo na literatura. Para JURAN e GRZYNA (1974), qualidade é a adequação ao uso, enquanto para Crosby (1986), qualidade é a conformidade às normas e especificações. Já COSTA et al (2004) descrevem qualidade como sendo atender e, se possível, exceder as expectativas do consumidor.

Assim, conclui-se que a qualidade pode ser entendida de diferentes maneiras, de acordo com a ótica de cada grupo de interesse. Pode ser relativa à beleza do produto, ou à durabilidade do mesmo, ou ao conforto do uso, entre outras características (FILHO, 2011). MARANHÃO (2006) diz que a gestão da qualidade é uma estratégia para as organizações se manterem no mercado competitivo, garantindo a satisfação do cliente, mantendo, assim, a clientela já existente e conquistando outros, adicionando volume e valor agregado à produção e diminuindo os riscos operacionais.

De acordo com A Norma ABNT NBR ISO 9001:2015, a gestão da qualidade pode ser apresentada em oito princípios (Figura 1):

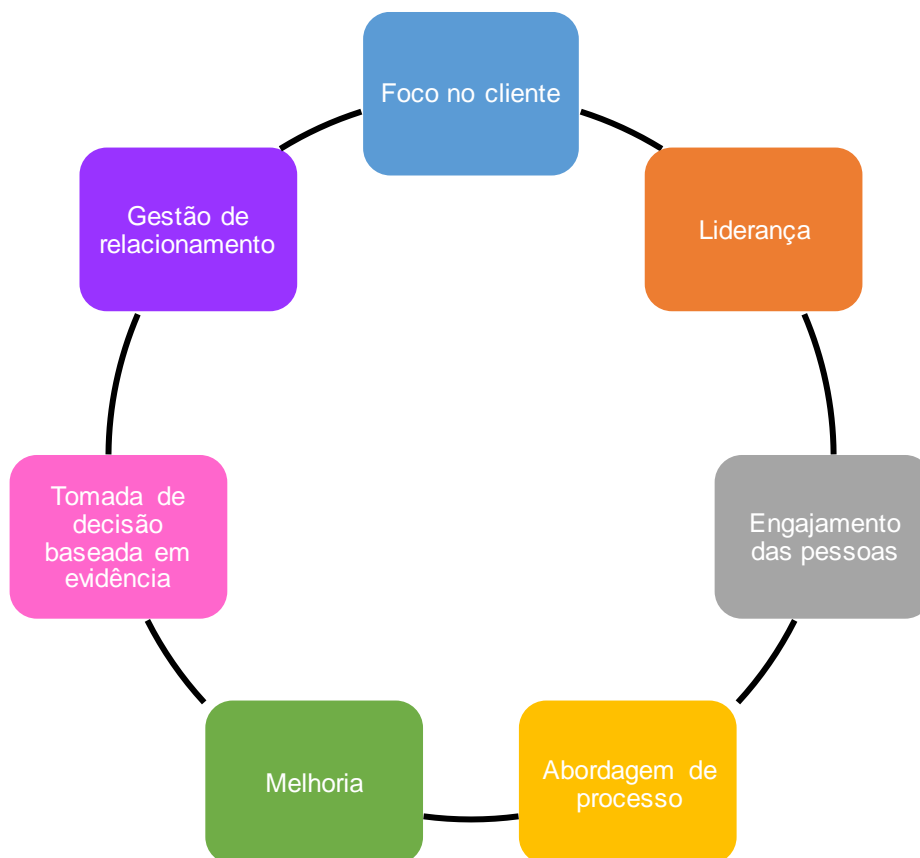


Figura 1: Princípios da gestão da qualidade.

Fonte: A autora, adaptado de ABNT (2015).

A série ISO 9000 é composta de 3 normas (9000, 9001 e 9004) e foi oficializada em 1987. Destaca-se, entre estas, a Norma ISO 9001, cuja última atualização data de 2015, que trata dos requisitos para implantação de um sistema de qualidade. Entre as principais mudanças entre a versão anterior, de 2008, e a versão atual, de 2015, cita-se a gestão de risco, que figura como um alicerce da norma. É fundamental para implantação de sistema da qualidade a identificação, qualificação e gestão de riscos, de forma que a prevenção (pela antecipação de riscos) se torne mais frequente do que ações corretivas associadas a riscos não identificados. (ISOREVISIONS, 2016).

### 4.3 ANÁLISE DE RISCO

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

Popularmente, o risco simboliza possibilidade de perda. Tecnicamente, segundo a norma ABNT NBR ISO 31000 (2009), o risco está associado a eventos e resulta da combinação da probabilidade e severidade das consequências de falhas potenciais.

Diante da globalização das dinâmicas produtivas e comerciais, a competitividade nos mercados está cada vez mais forte, de forma que a busca pela implantação de sistemas de qualidade é crescente e torna-se um diferencial competitivo. Neste contexto, a gestão de riscos se apresenta como componente essencial a um sistema de qualidade eficiente. (US FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 2006).

A análise de riscos, de acordo com a norma ABNT NBR ISO 31000 (2009), fornece avaliação dos riscos de um processo, permitindo ponderar sobre necessidades de estratégias, modificações e tratamentos ao risco.

Existem diversas ferramentas e metodologia as para análise de risco. Faz-se alusão à Análise da Árvore de Falhas (FTA – *Fault Tree Analysis*), Análise de Efeitos e Consequências (AQR), Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis*), Análise Preliminar de Perigos (APP), Análise Preliminar de Riscos (APR), Análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats*), Árvore de Decisão, Avaliação do Nível de Integridade e Segurança (SIL), Estudo do Perigo e da Operabilidade (HAZOP – *Hazard and Operability Study*), HACCP – *Hazard Analysis of Critical Control Points*, HAZID – *Hazard Identification Study*, Matriz Probabilidade-Impacto, *What-if*, etc. (DUARTE JÚNIOR, 2011).

Em se tratando de análise de riscos, as técnicas podem ser dedutivas ou indutivas (CALIXTO, 2006). As técnicas dedutivas partem do perigo para proposição de medidas, enquanto as indutivas partem dos efeitos possíveis para então avaliar as causas e propor ações mitigadoras.

#### 4.3.1 Ferramenta FMEA

A Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos, ou FMEA, é uma ferramenta de análise de risco desenvolvida na década de 1960 pela agência norte-americana NASA (National Aeronautics and Space Administration) durante a missão Apollo. Seu principal objetivo é identificar falhas potenciais em sistemas, projetos, processos ou serviços, além de seus efeitos e causas e, então, determinar ações para reduzir ou eliminar o risco associado a tais falhas (PUENTE *et al.*, 2002).

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

A ferramenta FMEA pode ser dividida em dois tipos, segundo SANTOS (2009): FMEA de projeto (DFMEA) e FMEA de processo (PFMEA), ao qual será dado maior enfoque neste trabalho. O PFMEA pode ser direcionado ao produto ou ao processo em si. No PFMEA para produto são consideradas as falhas com o produto dadas especificações de projeto. Já o PFMEA para processo considera falhas no planejamento e execução do processo produtivo, ou seja, é uma importante ferramenta para analisar e evitar falhas no sistema.

Constitui uma importante ferramenta de planejamento, pois é utilizada para prever (e, conseqüentemente, evitar) falhas em processos antes da produção em maior escala. No entanto, este deve ser revisado e estar em constante atualização durante toda a vida útil do produto. (POSSO, 2007).

A metodologia FMEA baseia-se nos seguintes princípios (MARTINS e ANDRADE Jr., 2001):

- a) Identificar e analisar a falha potencial de um produto / processo e as conseqüências desta falha;
- b) Identificar ações que poderiam eliminar ou minimizar a chance de ocorrência de uma falha potencial;
- c) Documentar todo o processo.

Sobre as vantagens e possibilidades de uso da FMEA, Toledo e Amaral (2006) destacam o de desenvolvimento; identificador rápido para solução de



problemas; aumento nos níveis de produtividade e qualidade do processo/produto; direcionador para outros testes e avaliações; redução da ocorrência de imprevistos, etc.

Por fim, como gargalos mais frequentes na aplicação do FMEA, Palady (2004) aponta que esta ferramenta não deve substituir o trabalho da engenharia, tampouco a metodologia abrange analiticamente todos os modos e possíveis falhas, de forma que esta ferramenta não deve ser absoluta para concepção e seleção do projeto ideal.

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO DA MICROERVEJARIA EM ESTUDO

A microcervejaria foi visitada 4 vezes entre agosto e outubro de 2016, a fim de que o processo produtivo pudesse ser acompanhado e detalhado.

Dados de processo e produtos foram obtidos junto aos responsáveis pelo empreendimento, assim como de insumos e destinação de resíduos.

A partir do observado, foi esquematizado um fluxograma de processo, a fim de que as etapas ficassem claras, subsidiando a aplicação da ferramenta FMEA, conforme descrito a seguir.

### 5.2 METODOLOGIA FMEA

A ferramenta FMEA pode ser realizada em duas etapas. A primeira consiste de análise qualitativa, onde as possíveis falhas de um produto ou processo que afetem diretamente o sistema são identificadas e relacionadas com suas consequências (PUENTE et al., 2002).

Sequencialmente, a combinação de três índices vai resultar no *Risk Priority Number* (RPN), ou Número de Prioridade de Risco (NPR), que resulta na análise quantitativa das possíveis falhas, e pode ser obtido através da seguinte equação (PALADY, 2004):

$$\text{NPR} = \text{severidade} \times \text{ocorrência} \times \text{detecção}$$

De acordo com Loureiro (2013), a severidade é o resultado do efeito potencial das falhas de cada componente. A Tabela 1 apresenta os índices de severidade para FMEA.

Tabela 1: Índices de severidade para FMEA.

SEVERIDADE	CRITÉRIO	ÍNDICE
Nula	Efeito não percebido pelos clientes	1
Quase nula	Efeito bastante insignificante, notado por 25% dos clientes	2
Mínima	Efeito insignificante, mas notado pela metade dos clientes.	3
Muito baixa	Efeito moderado e percebido por 75% dos clientes	4
Baixa	Efeito consideravelmente crítico, percebido pelo cliente	5
Moderada	Efeito consideravelmente crítico, que perturba o cliente	6
Alta	Efeito crítico, que deixa o cliente um pouco insatisfeito	7
Muito alta	Efeito crítico, que deixa o cliente consideravelmente insatisfeito	8
Perigoso com aviso	Efeito crítico, que deixa o cliente totalmente insatisfeito	9
Perigoso sem aviso	Efeito perigoso, que coloca a vida do cliente em risco	10

Fonte: Adaptado de Palady, 2004 e AIAG, 2008.

Ainda de acordo com LOUREIRO (2013), a ocorrência determina a frequência na qual a falha pode acontecer, considerando as medidas de controle de processo que existam. Seus índices estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Índices de ocorrência para FMEA.

ESCALA DE PROBABILIDADE	PROBABILIDADE DE FALHA	ÍNDICE
Remota: a falha é improvável de acontecer	Falhas eliminadas através de controles preventivos	1
Baixa: poucas falhas	1 em 1.000.000	2
	1 em 100.000	3
Moderada: falhas ocasionais	1 em 10.000	4
	1 em 2.000	5
	1 em 500	6
Alta: muitas falhas	1 em 100	7
	1 em 50	8
	1 em 20	9
Muito alta: a falha é quase inevitável	1 em 10	10

Fonte: Adaptado de Palady, 2004 e AIAG, 2008.

Ainda de acordo com o mesmo autor, a detecção diz respeito à probabilidade de se detectar as falhas, ou seja, se existem controles para detectar as falhas e se eles são eficientes. A Tabela 3 apresenta os critérios para determinação do índice de detecção.

Tabela 3: Índices de detecção para FMEA.

<b>PROBABILIDADE DE DETECÇÃO</b>	<b>ESCALA DE DETECÇÃO</b>	<b>ÍNDICE</b>
Praticamente certa	O controle irá detectar	1
Muito alta	É quase certeza que o controle irá detectar	2
Alta	O controle tem uma boa chance de detectar	3
Moderadamente alta	O controle tem uma boa chance de detectar	4
Moderada	O controle pode ou não detectar (variável medida)	5
Baixa	O controle pode ou não detectar (variável estatística)	6
Muito baixa	O controle tem uma chance pequena de detecção (dupla inspeção visual)	7
Remota	O controle tem uma chance pequena de detecção (única inspeção visual)	8
Muito remota	O controle provavelmente não irá detectar	9
Praticamente impossível	Absoluta certeza de não detecção	10

Fonte: Adaptado de Palady, 2004 e AIAG, 2008.

No ANEXO A consta a planilha modelo que foi utilizada para aplicação da ferramenta FMEA, contendo tanto a análise qualitativa quanto a quantitativa das possíveis falhas no processo em estudo.

### 5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados foram analisados criticamente a fim de avaliar os riscos do processo e elencar quais operações necessitam de maior controle e atenção. Por fim, foram feitas recomendações de medidas de controle para prevenção ou minimização dos riscos associados a possíveis falhas.

## 6 RESULTADOS

### 6.1 CARACTERIZAÇÃO DA MICROCERVEJARIA EM ESTUDO

A microcervejaria em estudo está localizada no município de Curitiba, estado do Paraná. Atua no mercado cervejeiro desde janeiro de 2016, produzindo diversas tipologias de cervejas, que variam conforme insumos utilizados no processo.

Seu processo produtivo, de forma simplificada, pode ser visualizado na Figura 2.

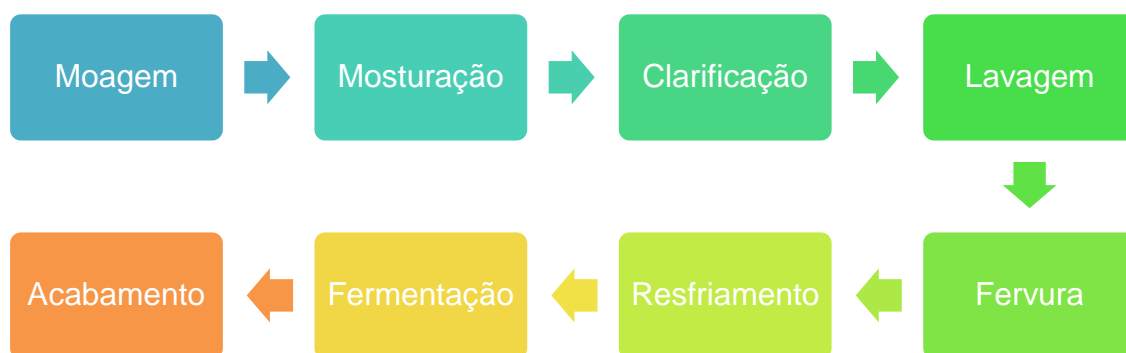


Figura 2: Etapas do processo produtivo da microcervejaria em estudo.

Fonte: A autora.

A produção mensal da microcervejaria em questão é de 2.500 litros mensais. Cada uma das etapas supracitadas se encontra descrita na Tabela 4.

Tabela 4: Descrição das etapas de produção de cerveja na microcervejaria em estudo.

ETAPA	DESCRIÇÃO	EQUIPAMENTOS
Moagem	O malte é disposto no moedor e triturado, a fim de aumentar a superfície de contato e expor o interior do grão.	Moedor de malte
Mosturação	O malte triturado vai para um primeiro recipiente, a panela de mosturação, onde é misturado por cerca de 90 minutos com água em temperaturas que variam de 62 a 72 °C. Forma-se, então, um líquido chamado de mosto.	Panela de mosturação
Clarificação	O mosto é transferido para um segundo tanque, a panela de clarificação. Nesta, o líquido é filtrado pelo fundo e transferido para a panela de fervura. O líquido é turvo e pode conter algumas partículas de malte.	Panela de clarificação
Lavagem	O remanescente de malte é lavado com água quente para enxaguar e aproveitar o açúcar adsorvido no malte. O líquido é disposto na panela de fervura e o resíduo da panela de clarificação é removido e usado com alimentação de gado bovino.	Panela de fervura
Fervura	O mosto permanece na panela de fervura, a 100 °C, por cerca de 1h30. Neste período, o lúpulo é adicionado aos poucos. No fundo da panela, o lúpulo, os remanescentes de malte e outros materiais coagulados ficam depositados. Este material, chamado de <i>trub</i> , é o que sobra desta etapa, pois o mosto é drenado para resfriamento.	Panela de fervura
Resfriamento	O mosto é drenado e passa pelo trocador de Calor, sendo resfriado de 100 °C para 15 °C imediatamente. Depois deste processo, o mosto é oxigenado e transferido para o tanque de fermentação.	Trocador de calor
Fermentação	A levedura é inoculada no mosto já resfriado. A primeira etapa da fermentação ocorre durante 7 dias a 18 °C. Depois deste período, a fermentação secundária tem início, com duração de 7 dias a 12 °C. Por fim, ocorre o processo de maturação, onde o líquido é resfriado a 0 °C por 15 dias. Neste processo, a cerveja decanta e as leveduras que ficam depositadas no fundo do tanque são removidas e reutilizadas nas fermentações seguintes.	Tanque de fermentação
Acabamento	A cerveja pronta, no final do processo, é acondicionada em barris de inox, e uma pequena parcela é engarrafada. Destaca-se que o líquido não tem contato com o ar.	Mangueiras alimentícias

Fonte: A autora, adaptado das informações cedidas pela empresa.

A produção de cerveja ocorre de forma linear e trifásica e um exemplo da situação do local pode ser visto na

Figura 3. Destaca-se que não estão mostrados o trocador de calor e o tanque de fermentação.



Figura 3: Exemplo de produção de cerveja trifásica em linha.

Fonte: AZETEC, 2016.

De acordo com a empresa, as matérias-primas utilizadas, de forma simplificada, são:

- Água: proveniente da rede de distribuição pública, é filtrada para retirada de partículas suspensas e do cloro;
- Malte: adquirido junto a produtores locais, o malte varia de acordo com o cereal utilizado. Entretanto, embora uma fração do total necessário para produção de cerveja possa ser proveniente de outros cereais, uma parte sempre é de cevada (*Hordeum sativum*);
- Lúpulo: insumo responsável pelo amargor, aroma e sabor da cerveja. Adquirido junto a fornecedores locais, que importam o produto, pois não há produção do mesmo no Brasil;
- Levedura: fermento natural, as leveduras são *Saccharomyces*, sendo a principal a espécie *Saccharomyces cerevisiae*. Obtidas a partir de fornecedores locais.

A descrição dos equipamentos existentes na produção da microcervejaria em estudo encontra-se a seguir, segundo dados do empreendedor e do fornecedor dos equipamentos (AZETEC). Nota-se, sobretudo, relativa automatização do processo de fabricação de cerveja.

- Moedor: com capacidade de moer 200 kg/h, consiste de um moinho de 2 rolos;
- Panela de mosturação: em aço inox, possui fundo cônico. Seu aquecimento se dá por resistência elétrica, contando com sensor de temperatura com visualizador digital. A tampa é superior e bipartida. Apresenta controle das rampas de temperatura e motoredutor;
- Panela de clarificação: em aço inox, com fundo reto filtrante e tampa superior bipartida;
- Panela de fervura: em aço inox, com aquecimento por resistência elétrica, sensor de temperatura com visualizador digital e tampa superior tipo chapéu chinês;
- Tubulações: em aço inox com válvulas tipo borboleta, são a ligação entre as painéis. Possui by-pass para filtração do mosto, bomba sanitária e visor de clarificação;
- Painel de controle e monitoramento: possui controlador de temperatura na panela de mosturação e de fervura, se possível programar as rampas. Apresenta chave liga/desliga para bomba e para o motoredutor, além de inversor de frequência para bomba. Possui entrada USB e botão de emergência.

Quanto aos principais resíduos sólidos gerados, segundo dados do Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas – UNEP (1996) e da Agência de Meio Ambiente do Canadá (1997), referenciados pela CETESB (2005), tem-se a seguinte geração por volume de cerveja produzido, comparada com a geração da microcervejaria (Tabela 5):



Tabela 5: Geração dos principais resíduos sólidos.

RESÍDUO	GERAÇÃO/VOLUME (CETESB, 2005)	GERAÇÃO MENSAL (Microcervejaria em estudo)
Bagaço de malte	14 kg/hl	350 kg
Levedura adicional	3 kg/hl	75 kg
Trub	0,6 l/hl	15 l

Fonte: Adaptado de CETESB (2005).

Nota-se, primeiramente, que a geração de resíduos da microcervejaria é proporcional àquela esperada baseando-se na referência bibliográfica citada.

Os resíduos sólidos, especialmente o bagaço de malte, são destinados para alimentação de gado bovino, segundo dados da empresa, através de convênio com produtores locais. Já os efluentes líquidos são dispostos em fossa séptica, cuja limpeza é realizada por empresas especialistas em periodicidade não informada.

A destinação dos demais resíduos não foi informada pela empresa.

Quanto aos efluentes líquidos, estes são gerados principalmente nas etapas de lavagem e higienização dos materiais (tanques, panelas, garrafas, barris etc.). É utilizada solução de ácido peracético a 0,5% para sanitização dos equipamentos. De acordo com a literatura, são gerados de 3 a 6 litros de efluente por litro de cerveja produzida (CETESB, 2005). Assim, fazendo uma média desta taxa para a realidade estudada, estima-se, aproximadamente, 120 hl de efluentes líquidos são gerados neste processo de fabricação de cerveja. Tal estimativa é necessária face ao fato de que a empresa não forneceu tais dados.

## 6.2 APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA

A planilha modelo utilizada para aplicação da ferramenta FMEA é aquela apresentada no ANEXO A.

O levantamento qualitativo (modos de falha por etapa do processo produtivo e consequências) foi realizado junto ao responsável técnico da microcervejaria em estudo. A ponderação sobre os índices de severidade, ocorrência e detecção também foram realizados em conjunto com a empresa. Destaca-se, ainda, que as medidas de controle atuais foram levadas em consideração na análise dos três índices que compõem o NPR.

Apresenta-se, na Tabela 6, a aplicação da ferramenta FMEA ao processo produtivo da microcervejaria foco deste trabalho, tanto do ponto de vista qualitativo quanto do quantitativo.

Tabela 6: Resultados da aplicação da ferramenta FMEA às etapas do processo produtivo da microcervejaria em estudo.

ETAPA DO PROCESSO	MODO DE FALHA	EFEITOS DA FALHA	CONTROLES ATUAIS	ÍNDICES			NPR	AÇÕES RECOMENDADAS
				SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO		
MOAGEM	MOAGEM MUITO FINA	CONFERIR SABOR ADSTRINGENTE À CERVEJA DEVIDO A REMOÇÃO DE TANITOS DA CASCA	ACOMPANHAMENTO VISUAL	8	2	5	80	AJUSTE E MANUTENÇÃO DO MOEDOR
	MOAGEM MUITO GROSSA	PERDER EFICIÊNCIA, 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
	ÁGUA COM EXCESSO DE CÁLCIO	ALTERAR O SABOR DA CERVEJA	-	8	2	10	160	CONTROLE DO SISTEMA DE FILTRAÇÃO, MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA
	ÁGUA COM EXCESSO DE CLORO	ALTERAR O SABOR DA CERVEJA	FILTRAÇÃO DA ÁGUA	8	1	4	32	CONTROLE DO SISTEMA DE FILTRAÇÃO, MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA
	ÁGUA COM PRESENÇA DE MATERIAL EM SUSPENSÃO	CONTAMINAR A CERVEJA	FILTRAÇÃO DA ÁGUA	10	1	4	40	CONTROLE DO SISTEMA DE FILTRAÇÃO, MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

ETAPA DO PROCESSO	MODO DE FALHA	EFEITOS DA FALHA	CONTROLES ATUAIS	ÍNDICES			NPR	AÇÕES RECOMENDADAS
				SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO		
CLARIFICAÇÃO	PRESENÇA DE PARTICULAS SÓLIDAS	ALTERAR OS ASPECTOS VISUAIS E SABOR DA CERVEJA	EQUIPAMENTO ESPECÍFICO PARA FILTRAÇÃO	8	1	4	32	CONTROLE DO SISTEMA DE FILTRAÇÃO, 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
	AÇUCAR RETIDO NO BAGAÇO	PERDER EFICIÊNCIA, REDUZINDO A QUANTIDADE DE CERVEJA PRODUZIDA E/OU COMPROMETENDO A FERMENTAÇÃO	-	1	5	10	50	AUTOMATIZAÇÃO DA LAVAGEM
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	-
	TEMPO INCORRETO DE FERVURA	CAMELIZAR O MOSTO, ALTERANDO OS ASPECTOS VISUAIS E SABOR DA CERVEJA	AUTOMATIZAÇÃO DO SISTEMA	8	1	1	8	-
RESFRIAMENTO	TEMPO DE RESFRIAMENTO	CONTAMINAR A CERVEJA	AUTOMATIZAÇÃO DO SISTEMA	10	1	1	10	-
	TEMPERATURA DE RESFRIAMENTO	INATIVAR A AÇÃO DAS LEVEDURAS	AUTOMATIZAÇÃO DO SISTEMA	1	1	1	1	-

ETAPA DO PROCESSO	MODO DE FALHA	EFEITOS DA FALHA	CONTROLES ATUAIS	ÍNDICES			NPR	AÇÕES RECOMENDADAS
				SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO		
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	AUTOMATIZAÇÃO DO SISTEMA	8	1	1	8	-
	ENTRADA DE OXIGÊNIO NO PROCESSO	PERDER EFICIÊNCIA, POIS O PROCESSO DE FERMENTAÇÃO É ANAERÓBIO	AUTOMATIZAÇÃO DO SISTEMA	1	1	1	1	-
	FALHA NO SISTEMA AIR LOCK	EXPLODIR EQUIPAMENTOS	AUTOMATIZAÇÃO DO SISTEMA	1	1	1	1	-
	AUSENCIA DE CONTROLE DE TEMPERATURA NA FERMENTAÇÃO	PERDER EFICIÊNCIA E CONTROLE SOBRE O TEMPO DE FERMENTAÇÃO	AUTOMATIZAÇÃO DO SISTEMA	1	1	1	1	-
ACABAMENTO	QUEBRA DA GARRAFA	AUMENTO DA GERAÇÃO DE RESÍDUO SÓLIDO	-	1	7	10	70	AUTOMATIZAÇÃO DO ENVASE
	QUEBRA DA GARRAFA	PERDA PRODUTIVA	-	1	7	10	70	AUTOMATIZAÇÃO DO ENVASE
	FALTA DE SANITIZAÇÃO	CONTAMINAR A CERVEJA	SANITIZAÇÃO COM ÁCIDO PERACÉTICO A 0,5%	10	1	1	10	-

ETAPA DO PROCESSO	MODO DE FALHA	EFEITOS DA FALHA	CONTROLES ATUAIS	ÍNDICES			NPR	AÇÕES RECOMENDADAS
				SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO		
TODOS OS PROCESSOS	INTERRUPÇÃO NO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA	INTERRUPÇÃO E PERDA DA PRODUÇÃO	-	1	7	10	70	GRUPO GERADOR ELÉTRICO
	INTERRUPÇÃO NO FORNECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL	INTERRUPÇÃO E PERDA DA PRODUÇÃO	-	1	6	10	60	RESERVA DE ÁGUA PARA SITUAÇÕES EMERGENCIAIS

Fonte: A autora.

### 6.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O NPR individual máximo possível é 1.000, uma vez que este número representa a multiplicação dos três piores índices para os três parâmetros estudados (severidade, ocorrência e detecção), ou seja,  $10 \times 10 \times 10$ .

A fim de categorizar os resultados obtidos e facilitar a análise dos mesmos, faixas limite foram consideradas. Estas faixas foram definidas arbitrariamente face aos resultados de NPR obtidos na aplicação da ferramenta FMEA, sendo que estes variaram de 1 a 200. Assim, as três faixas consideradas foram (ver Tabela 7):

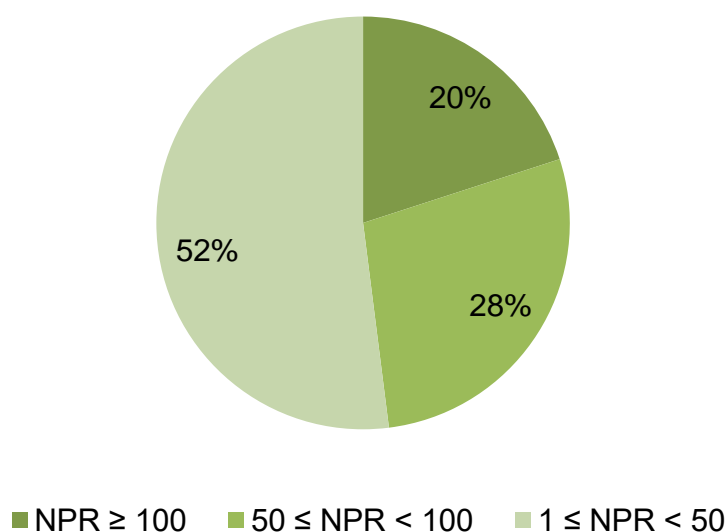
Tabela 7: Faixas arbitrárias para análise dos NPRs.

FAIXA 1	FAIXA 2	FAIXA 3
$1 \leq \text{NPR} < 50$	$50 \leq \text{NPR} < 100$	$\text{NPR} \geq 100$

Fonte: A autora.

Classificando os NPRs obtidos de acordo com as faixas apresentadas, chegou-se à seguinte representação gráfica (ver Figura 4):

Figura 4: Classificação dos NPRs obtidos.



Fonte: A autora.

Sabendo-se que a escala de NPR varia de 1 a 1.000, destaca-se, inicialmente, que o NPR máximo foi de 200, o que significa que o modo de falha com o pior risco neste processo analisado corresponde a 20% do pior NPR possível. Ainda, nota-se que mais da metade dos NPRs obtidos na aplicação da ferramenta FMEA é menor que 50. Assim, 52% dos NPRs situam-se numa faixa de 5% da escala global de NPR.

Sabe-se, entretanto, que NPRs não são uma medida de risco relativo, e que a melhoria contínua é requerida em qualquer processo (CANOSSA, 2012). Destaca-se, assim, que tal parametrização não desconsiderou a necessidade de ações e medidas de controle em função de NPRs estarem enquadrados na menor das faixas.

Pode-se considerar, portanto, que o processo produtivo de cerveja na microcervejaria estudada é um processo com riscos individuais relativamente baixos.

Analisando caso a caso, nota-se que alguns dos piores NPRs são aqueles relacionados às propriedades organolépticas da cerveja. Por ser um alimento, item perecível e de alto custo para o consumidor, quaisquer alterações em sabor, odor, cor, etc., acarretam em insatisfações por parte dos clientes, o que agrava o índice de severidade.

Além disso, muitas destas alterações estão relacionadas à qualidade da água que entra no processo. Uma vez que hoje se utiliza da água da rede pública de abastecimento e que nenhum acompanhamento de parâmetros de qualidade da água é realizado, a detecção de qualquer falha fica comprometida. Além disso, problemas de contaminação microbiológica, por exemplo, pode colocar em risco inclusive a vida dos consumidores, de forma que este modo de falha constitui risco alto ao processo.

O índice de ocorrência foi, de forma geral, o que controlou e equilibrou os resultados finais, visto que as falhas possíveis levantadas são de baixa ocorrência, em sua maioria. Neste sentido, destaque para a interrupção do fornecimento de água e energia elétrica, que apresentam maiores possibilidades de ocorrência.

O fato de que o processo é quase totalmente automatizado constitui fator de extrema relevância na minimização dos riscos do processo produtivo. Caso não houvesse painel de controle de temperatura, rampas de temperatura, tempo das etapas, etc., a ferramenta FMEA retornaria NPRs muito mais significativos.

Outro aspecto a se destacar é a importância da higiene. Por ser um processo produtivo de produto alimentício, o cuidado com sanitização é primordial. Neste sentido, o panorama observado na microcervejaria é satisfatório, visto que o material dos quais os equipamentos são constituídos (aço inoxidável), combinado com a sanitização com ácido peracético a 0,5%, propiciam um processo com risco mínimo contaminações.



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A primeira consideração cabível aqui é a de que o desenvolvimento do trabalho proporcionou maior entendimento da ferramenta FMEA. Todos os objetivos propostos pelo trabalho foram alcançados, tendo sido caracterizado o processo produtivo da empresa, aplicada a ferramenta e discutido seus resultados.

A análise dos riscos relacionados ao processo de fabricação de cerveja pela microcervejaria em estudo mostrou que a qualidade e confiabilidade dos insumos de entrada no processo (água, malte, etc.) constituem a maior fragilidade do processo.

Esta identificação é de grande valia para o empreendimento pois, face à grande competitividade deste mercado ascendente, estar prevenido quanto a possíveis falhas no processo constitui diferencial e agrega padrões de qualidade ao produto final.

O fato de que o sistema é automatizado constitui mecanismo de detecção de falhas e, mais ainda, de diminuição da probabilidade de ocorrência das mesmas. Este é o grande motivo pelo qual mais de 50% dos NPRs situa-se abaixo de 50 em uma escala que pode variar de 1 a 1000.

Ademais, a contribuição acadêmica do presente trabalho deve ser ressaltada. A análise de risco, embora não seja um tema novo dentro da gestão da qualidade, foi adicionada como parâmetro normativo na norma ABN NBR ISO 9001 em sua última atualização, em 2015. Desta forma, a tendência é de que a aplicação de metodologias de análise de risco, seja em processos, projetos ou produtos, se torne cada vez mais frequente. A ferramenta FMEA, por ser uma metodologia indutiva, ou seja, que considera os efeitos da falha na proposição de medidas, tende a ser uma ferramenta amplamente utilizada.

Por fim, cabe destacar que a extrapolação da ideia aqui executada é de grande valia em pequenos empreendimentos, quer sejam microcervejarias ou não. Isto porque as grandes normas reguladoras de processos são destinadas a grandes empreendimentos (fábricas, indústrias, etc.). A dificuldade em atuar de maneira regulada em pequenos empreendimentos pode ser superada diante da adoção de uma gestão voltada para a qualidade, e a gestão de risco figura como essencial neste processo.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 9000/2000 - Sistema de Gestão da Qualidade: Fundamentos e Vocabulário. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 9001/2015 - Sistema de Gestão da Qualidade: Requisitos. Rio de Janeiro, ABNT, 2015.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 31000: Gestão de Riscos – Princípios e Diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

AGÊNCIA EFE. 'Lei da Pureza da Cerveja' completa 500 anos. Disponível em <http://g1.globo.com/mundo/noticia/2016/04/lei-da-pureza-da-cerveja-completa-500-anos-no-sabado.html>. Acesso em outubro de 2016.

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

ALBUQUERQUE, M. Z. A. de; MACHADO, M. R. I. de M. O Rural e o Urbano na Região Metropolitana do Recife. Recife: Editora Universitária da UFRPE, 2014.

AQUARONE, E.; ALMEIDA LIMA, U.; BORZANI, W. Alimentos e bebidas produzidos por fermentação. São Paulo: Edgard Blücher, 1983. 227 p.

AZETEC. Produtos para o setor cervejeiro – nanocervejarias. Disponível em <http://www.azetec.ind.br/web/produto.php?id=148>. Acesso em outubro de 2016.

BARTH HAAS GROUP. The Barth Report – Hops 2015-2016. Disponível em [http://www.barthhaasgroup.com/images/mediacenter/press\\_release/pdfs/692/barthreport2015-2016en.pdf](http://www.barthhaasgroup.com/images/mediacenter/press_release/pdfs/692/barthreport2015-2016en.pdf). Acesso em agosto de 2016.

BECKER, L. Produção de cervejas artesanais tem importação de matéria-prima como maior desafio. Disponível em <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/campo-e-lavoura/noticia/2015/06/em-expansao-producao-de-cervejas-artesanais-tem-importacao-de-materia-prima-como-maior-desafio-4781933.html>. Acesso em setembro de 2016. Rio Grande do Sul, 2015.

BERTSCHE, B. Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability. Berlin: Springer. 2008.

BNDES – BIBLIOTECA DIGITAL. O setor de bebidas no Brasil. BNDES Setorial 40, p. 93-130. Disponível em [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/3462/1/BS%2040%20O%20setor%20de%20bebidas%20no%20Brasil\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/3462/1/BS%2040%20O%20setor%20de%20bebidas%20no%20Brasil_P.pdf). Acesso em agosto de 2016. Brasil, 2014.

CANADÁ/ ENVIRONMENT CANADA, Technical pollution prevention guide for brewery and winery operations in the Lower Frasier Basin, Environment Canada, Vancouvert, 1997.- 101p.

CANOSSA, Sérgio. Mudanças no FMEA 4ª ed. jul. 2008. Disponível em: <http://www.iqa.org.br/website/abre.asp>. Acesso em: agosto de 2016.

CARVALHO, L. N. G. de. Uma contribuição à auditoria de riscos derivativos. Tese de doutorado. FEA-USP, São Paulo, 1996.

CERVO, B.; PADILHA, A. C. M.; AZEVEDO, J. B.; VASCONCELOS NETO, A. G., MATTOS, P. de. Conhecimento estratégico na produção artesanal de cervejas. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Ceará, 2015.

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

CROSBY, PHILIP B. Qualidade é Investimento. New York: McGraw-Hill, 1986.

ECKES, G. A Revolução Seis Sigma. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

ESTADÃO. SABMiller e AB InBev chegam a acordo para criar a maior cervejaria do mundo. Disponível em <http://economia.estadao.com.br/noticias/negocios,sabmiller-aceita-proposta-de-compra-da-ab-inbev-por-us-104-5-bi,1778577>. Acesso em setembro de 2016.

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

FONTES, A. Cerveja e Design. Disponível em <http://www.hominilupulo.com.br/universo-da-cerveja/cerveja-e-design-com-armando-fontes-parte-1/>. Acesso em setembro de 2016. Belo Horizonte, 2011.

FREITAS, A. G. Relevância do mercado cervejeiro brasileiro: avaliação e perspectivas e a busca de uma Agenda de Regulação. Revista Pensamento e Realidade, v. 30, n. 2. São Paulo, 2015.

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

GRAEL, P. F. F. Modelo de Integração de Sistemas de Gestão da Qualidade e Gestão Ambiental. Dissertação. Ed. Bauru: UNESP, 2009.

ISOREVISIONS. Main changes – ISO 9001:2015. Disponível em <http://www.isorevisions.com/revision-iso-90012015/main-changes-iso-90012015/>. Acesso em outubro de 2016.

JURAN, J.M; GRZYNA, F.M. Quality control handbook. New York: McGraw-Hill, 1974.

JORION, P. Value at risk - Gestão de Riscos no Brasil. São Paulo. BMF, 1997.

LOUREIRO, R. G. Aplicação das ferramentas a prova de falha "Poka-Yoke" como ações resultantes de FMEA de processo em unidades produtivas do setor automobilístico. 2013. 71 p. Monografia (Engenharia de Produção) - Fundação Eurípedes Soares da Rocha, Marília, 2013.

MALAJOVICH M. A. Biotecnologia 2011. Rio de Janeiro, Edições da Biblioteca Max Feffer do Instituto de Tecnologia ORT, 2012.

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

MARANHÃO, M.. ISO Série 9000: manual de implementação: versão 2000 : o passo-a-passo para solucionar o quebra-cabeça da gestão. 8.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006. xv, 212p.

MARTINS, G. M.; ANDRADE JUNIOR, P. P. de. A metodologia de Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA): estudo de caso. I Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Disponível em [http://www.cleibsonalmeida.blog.br/website/downloads/qualidade\\_estrategica/FMEA\\_estudo\\_de\\_caso.pdf](http://www.cleibsonalmeida.blog.br/website/downloads/qualidade_estrategica/FMEA_estudo_de_caso.pdf). Acesso em outubro de 2016. Ponta Grossa, 2011.

MATOS, J. S. G. C.. Aplicação do HazOp Dinâmico na Avaliação de Perigo Operacional em uma Coluna de Destilação de uma Planta de Separação de Ar. 2009. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

MEGA, J. F.; NEVES, E.; ANDRADE, C. J. de. A Produção de Cerveja no Brasil. Revista Citino, Mato Grosso, v. 1, n. 1, p.34-42, dez. 2011.

MORAES, G. Sistema de Gestão de Riscos: Estudos de Análises de Riscos "Offshore e Onshore". Gerenciamento Verde Editora, 2013. 640 p. 2 v.

NOTHAFT, A. Brazil's Craft Brewing Scene. The New Brew International, Boulder, v.2, n.2, p.10- 15, 1998 a.

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

PIATO, M. T; RÉVILLION, J. P. Restrições ao Desenvolvimento das Microcervejarias Informais no Brasil. Acta Ambiental Catarinense. V. 10. (n. 1/2) de 2013.

POSSO, R. K.. Análise dos Fatores de Influência na Aplicação do "FMEA de Processo" em Produtos Estampados e sugestão de melhoria. Curitiba: UTFPR, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais), Campus de Curitiba, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2007.

PUENTE, J.; PINO, R.; PRIORE, P.; FOUENTE, D. de L. A decision support system for applying failure mode and effects analysis. International Journal of Quality & Reliability Management, Bradford, v. 19, n. 2, p. 137-151, 2002.

ROSS, C.; DIESEL, L.; MORAES, J. A. R.; ROSA, L. C. da. Aplicação da ferramenta FMEA: Estudo de caso em uma empresa do setor de transporte de passageiros. TECNO-LÓGICA, Santa Cruz do Sul, v. 11, n. 1 e 2, p. 29-32, jan./jun. 2007

SALGADO, L. Motivação no Trabalho. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SANTOS, M. S. dos. Cervejas e refrigerantes. Disponível em [http://www.crq4.org.br/downloads/cervejas\\_refrigerantes.pdf](http://www.crq4.org.br/downloads/cervejas_refrigerantes.pdf). Acesso em 14 de outubro de 2016. São Paulo : CETESB, 2005.

SANTOS, R. X. dos. Aplicação do FMEA no Projeto de Moldes para Injeção de Materiais Termoplásticos. São Paulo, SP: 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação para Tecnólogo de Produção com ênfase em Plástico), Centro Paula Souza – Centro Tecnológico da Zona Leste - Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, 2009.

SEBRAE. Como montar uma microcervejaria. Disponível em <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-uma-microcervejaria,8f387a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>. Acesso em agosto de 2016.

SINDICERV (Org.). Mercado de Cerveja. Disponível em: <<http://www.sindicerv.com.br/mercado.php>> Acesso em: 04 de setembro de 2016.

SIQUEIRA, P. B.; BOLINI, H. M. A., MACEDO, G. A. O processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis. Revista Alimentos e Nutrição. v.19, n.4, p. 491-498, out./dez. Araraquara, 2008.

SOBRAL, L. Os países que mais bebem e produzem cerveja. Publicado em 2012 e revisado em 2016. Disponível em <http://exame.abril.com.br/economia/os-paises-que-mais-bebem-e-produzem-cerveja/>. Acesso em setembro de 2016.

TOLEDO, J. C. & AMARAL, D. C. FMEA: Análise do tipo e efeito de falha. São Carlos: UFSCar, 2006.

UNEP/ IE- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME/ INDUSTRY AND ENVIRONMENT, Environmental management in the brewing industry, UNEP Technical Report Series nº 33, UNEP, Paris, 1996.

US FOOD AND DRUG ADMINISTRATION et al. Guidance for industry: Q9 Quality risk management. Bethesda, MD, 2006.

