

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

**JOSÉ VITOR SCARPELLI**

**DMAIC APLICADO À REDUÇÃO DO TEMPO DE PRODUÇÃO E AO BAIXO  
RENDIMENTO DE VOLUME DE MOSTO DE UMA CERVEJARIA ARTESANAL**

**ITUIUTABA**

**2021**

JOSÉ VITOR SCARPELLI

DMAIC APLICADO À REDUÇÃO DO TEMPO DE PRODUÇÃO E AO BAIXO  
RENDIMENTO DE VOLUME DE MOSTO DE UMA CERVEJARIA ARTESANAL

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial para  
obtenção do título de Graduação no Curso  
Superior de Engenharia de Produção da  
Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Prof. Dr. Luís Fernando Magnanini  
de Almeida

ITUIUTABA

2021

JOSÉ VITOR SCARPELLI

DMAIC APLICADO À REDUÇÃO DO TEMPO DE PRODUÇÃO E AO BAIXO  
RENDIMENTO DE VOLUME DE MOSTO DE UMA CERVEJARIA ARTESANAL

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial para  
obtenção do título de Graduação no Curso  
Superior de Engenharia de Produção da  
Universidade Federal de Uberlândia.

Ituiutaba, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

---

Prof. Dr. Luís Fernando Magnanini de Almeida (orientador)

**Universidade Federal de Uberlândia (UFU)**

---

Prof. Dr. Ricardo Batista Penteado

**Universidade Federal de Uberlândia (UFU)**

---

Prof. Dr. Marcus Vinicius Ribeiro Machado

**Universidade Federal de Uberlândia (UFU)**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela força e benção durante toda a trajetória de minha graduação.

Aos meus pais, principalmente ao Zé Nicola, por sempre acreditar em mim e sempre tornar meus caminhos mais fáceis, inclusive em nossa cervejaria que foi estudada.

Ao meu cunhado Max por me ajudar com o desenvolvimento do trabalho.

A minha namorada Laraiza, pela paciência e incentivo durante toda essa trajetória.

Aos meus amigos e colegas, em especial ao Gustavo São José, que sempre esteve comigo durante minha graduação e vibrou com minhas conquistas.

A todos os professores da UFU que tive o privilégio de absorver um pouco de seu conhecimento, em especial ao professor e orientador Luis Fernando, pela paciência e dedicação com meu trabalho.

## RESUMO

O presente trabalho foi realizado em uma indústria do ramo alimentício, uma microcervejaria de produção artesanal, situada no interior de São Paulo, cidade de Potirendaba. Seu objetivo foi de reduzir o tempo de produção e aumentar o rendimento de mosto obtido após sua etapa de resfriamento e transferência para a adega de fermentação. O método de pesquisa foi utilizado, estruturado na metodologia DMAIC e utilizando diversas ferramentas, sendo elas: diagrama de causa e efeito, *brainstorming*, 5 porquês, matriz esforço x impacto e 5W2H. Desse modo, foi possível não só a identificação das causas raízes para o problema, mas também, identificar uma necessidade de reestruturação da fábrica atual com a demanda atual de mercado. Por fim, o estudo possibilitou a implementação de ações a curto prazo e o levantamento de ações a médio e longo prazo, inaugurando uma iniciativa de melhoria contínua na empresa. O problema de rendimento de mosto foi resolvido, quando comparado a produções anteriores, foi observado que o volume final de mosto antes da fermentação, passou a ser 100% do esperado.

**Palavras-chave:** DMAIC; cervejaria; brassagem; rendimento.

## **ABSTRACT**

The present work was carried out in a food industry, a microbrewery of artisanal production, located in the interior of São Paulo, city of Potirendaba. Its objective was to reduce the production time and increase the yield of must obtained after its cooling and transfer to the fermentation cellar. The action research method was used, structured in the DMAIC methodology and using several tools, which are: cause and effect diagram, brainstorming, 5 whys, effort x impact matrix and 5W2H. Thus, it was possible not only to identify the root causes for the problem, but also to identify a need for restructuring the current plant with the current market demand. Finally, the study enabled the implementation of short-term actions and the survey of actions in the medium and long term, inaugurating an initiative of continuous improvement in the company. The problem of must yield was solved, when compared to previous productions, it was observed that the final volume of must before fermentation, became 100% of the expected.

**Keywords: DMAIC; brewery; brassing; yield.**

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. CONTEXTO DO ESTUDO E JUSTIFICATIVA.....	2
TABELA 1 – NÚMERO DE CERVEJARIAS POR ESTADO, POR ANO E O CRESCIMENTO .....	3
1.2. OBJETIVOS DO ESTUDO .....	3
1.2.1. OBJETIVOS GERAIS.....	3
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.2.3. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	3
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
FIGURA 1 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA CERVEJA .....	4
FIGURA 2 – CEREAL MALTADO INTEIRO (ANTES DA MOAGEM).5	
FIGURA 3 – CEREAL MALTADO MOÍDO.....	5
2.1.2. BRASSAGEM.....	6
FIGURA 4 – TINA DE MOSTURA.....	6
FIGURA 5 – TINA DE MOSTURA COM O MALTE COZINHANDO ....	6
2.1.3. FILTRAÇÃO E CLARIFICAÇÃO .....	7
FIGURA 6 – TINA DE CLARIFICAÇÃO.....	7
2.1.4. FERVURA.....	8
FIGURA 7 – MOSTO FERVENDO NA TINA DE MOSTURA.....	8
2.1.5. <i>WHIRPOOL</i> .....	8
FIGURA 8 – COMO ACONTECE O <i>WHIRPOOL</i> .....	9
2.1.6. RESFRIAMENTO DO MOSTO.....	9
FIGURA 9 – TROCADOR DE CALOR PARA RESFRIAMENTO DO MOSTO QUENTE.....	10
2.1.7. AERAÇÃO DO MOSTO .....	10

2.1.8. FERMENTAÇÃO .....	10
2.1.9. MATURAÇÃO .....	11
2.1.10. FILTRAÇÃO .....	11
2.1.11. ENVASE .....	11
2.2. DADOS SOBRE CERVEJARIAS NO BRASIL.....	11
GRÁFICO 1 – CERVEJARIAS REGISTRADAS NO BRASIL ENTRE OS ANOS DE 1999 E 2019 .....	12
GRÁFICO 2 – CERVEJARIAS REGISTRADAS POR ESTADOS DA FEDERAÇÃO .....	12
2.3. DMAIC ( <i>DEFINE, MEASURE, ANALYZE, IMPROVE AND CONTROL</i> )	12
TABELA 2 – NÍVEL SIGMA E A RELAÇÃO CORRESPONDENTE À TAXA DE ERRO, TAXA DE ACERTO E DPMO .....	13
FIGURA 10 – INTEGRAÇÃO DAS FERRAMENTAS LEAN SEIS SIGMA AO DMAIC.....	14
2.4.1. <i>DEFINE</i> – DEFINIR.....	15
2.4.2. <i>MEASURE</i> – MEDIR.....	15
2.4.3. <i>ANALYZE</i> – ANALISAR.....	15
2.4.4. <i>IMPROVE</i> – MELHORAR.....	15
2.4.5. <i>CONTROL</i> – CONTROLE .....	16
2.4.6. FERRAMENTAS UTILIZADAS NO DMAIC .....	16
2.4.6.1. <i>BRAINSTORMING</i> .....	16
2.4.6.2. DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO.....	16
FIGURA 12 – MATRIZ ESFORÇO X IMPACTO.....	17
3. MÉTODOS DE PESQUISA .....	18
FIGURA 13 – CICLO DE PESQUISA – AÇÃO .....	18
4. RESULTADOS .....	19



4.1. DEFINIR.....	19
FIGURA 14 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CHOPE ARTESANAL .....	19
4.2. MEDIR.....	20
4.3. ANALISAR.....	21
FIGURA 15 – DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO PARA ANÁLISE DO BAIXO RENDIMENTO DE MOSTO E TEMPO ELEVADO DE PRODUÇÃO	21
TABELA 3 – 5 PORQUÊS PARA CADA PROBLEMA APONTADO NO DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	22
FIGURA 15 - DIAGRAMA DE ESFORÇO X IMPACTO SOBRE AS CAUSAS APONTADAS NO DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO .....	24
4.4. IMPLEMENTAR.....	24
FIGURA 16 – PLANO DE AÇÃO PARA ELIMINAR AS CAUSAS RAÍZES ENCONTRADAS NO PROBLEMA DE BAIXO RENDIMENTO DE MOSTO E TEMPO ELEVADO DE PRODUÇÃO.....	25
4.5. CONTROLAR.....	26
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
5.1. CONCLUSÕES DO TRABALHO .....	26
4.2. LIMITAÇÕES DO ESTUDO .....	27
4.3. TRABALHOS FUTUROS .....	27
REFERÊNCIAS.....	28

## 1. INTRODUÇÃO

A cerveja é considerada uma das bebidas mais antigas da humanidade, registros apontam ser tão antiga quanto a escrita, com origem na região mesopotâmica, tendo seu consumo desde os camponeses até aos faraós (MUXEL, 2018).

Serviu de alimento para a população durante muitos anos, passando a ser uma das bebidas mais consumidas pela humanidade. É dividida em duas categorias: baixa fermentação (cervejas *lager*) e alta fermentação (cervejas *ale*) (SINDCERV, 2021).

Além das categorias de cerveja, os modos de produção se dividem nas industriais com grandes volumes e escala e nas realizadas em fábricas menores, de modo artesanal. Segundo Brasil (2020), no ano de 2017, o número de cervejarias artesanais cresceu 37,7%, destacando uma tendência de maior crescimento ao longo do tempo de cervejarias artesanais.

Somente no ano de 2018 foi registrado um aumento de 23% no número de cervejarias, totalizando 889 novos estabelecimentos, ou seja, somente no ano de 2018 surgiram 210 novas fábricas no país, com a expansão puxada para o lado das cervejas especiais (cervejas artesanais), motivada pela mudança do perfil consumidor, que passou a buscar por produtos diferentes (BRASIL, 2020).

As cervejas artesanais possuem maiores custos e valor agregado, uma vez que são produzidas em menor escala e o uso de apenas cereais maltados é indispensável, o que aumenta a importância de uma gestão eficiente do processo de produção para que sejam atendidas as demandas do mercado, em qualidade e comercialização (REBELLO, 2009).

As cervejas artesanais muitas vezes buscam se diferenciar pela sua qualidade e dentro dessa evolução do mercado cervejeiro a qualidade é fundamental. Esse conceito passou por diversas mudanças durante a história, partindo da era da inspeção até ao conceito de *TQM (Total Quality Management)*, de modo a integrar a qualidade com todos os setores da organização, fazendo com que empresas se mantenham competitivas, reduzindo custos, produzindo e oferecendo produtos e serviços que atendam às expectativas do consumidor (MARTINELLI, 2009).

Para uma boa gestão é necessário utilizar indicadores de desempenho, que são indispensáveis para o sucesso de toda e qualquer organização e de seus sistemas de gestão da qualidade, sendo necessário mensurar quantitativamente os resultados encontrados, para que os

dados obtidos possam auxiliar o estabelecimento de padrões, realização de correções, estabelecendo, assim, um processo de melhoria contínua, aproximando-se da excelência operacional, (CARDOZA; CARPINETTI, 2005).

Para a organização se manter competitiva, também é fundamental que atividades que não agreguem valor ao produto e/ou serviço final sejam eliminadas, uma vez que o cliente não absorverá esse custo, impactando diretamente na empresa. Alinhado aos indicadores, o uso da manufatura enxuta, por meio de metodologias e ferramentas, busca identificar e eliminar todas e quaisquer atividades que exijam recursos sem real necessidade, focando em atender as reais necessidades do cliente (QUEIROZ, 2015).

Dentre os métodos desenvolvidos, o DMAIC – *Define, Measure, Analyze, Improve and Control*, se destaca como aliado na identificação e redução dos desperdícios, tornando quantitativo os defeitos, estabelecendo um processo lógico e contínuo, levando a níveis de satisfação elevados, reduzindo custos desnecessários e agregando valor para o consumidor final (RODRIGUES; WERNER, 2008).

Reconhecendo as demandas supracitadas de gestão eficiente do processo de produção cervejeira e o potencial do DMAIC, o presente estudo aplicou esse método no processo de filtração em uma empresa do ramo cervejeiro, de produção artesanal.

### **1.1. Contexto do estudo e justificativa**

O estudo foi realizado junto à uma cervejaria artesanal localizada no interior do Estado de São Paulo. A empresa utiliza apenas cereais maltados, ou seja, com alto custo direto na matéria prima e produzindo aproximadamente 4 mil litros de cerveja mensalmente do tipo pilsen.

Com recursos limitados e o alto valor da matéria prima, é necessário identificar possíveis perdas durante o processo, reduzindo a jornada de trabalho, desperdícios e, consequentemente, custos que o cliente não estará disposto a pagar, por isso justifica-se a utilização DMAIC a fim de reduzir/ eliminar desperdícios e ineficiências no processo.

No interior do Estado de São Paulo, mercado no qual a cervejaria se insere, o aumento da competição torna essa necessidade ainda mais urgente. Para efeito de ilustração, só na cidade de Sorocaba - SP foi registrado um crescimento de 485% quanto ao número de cervejarias registradas nos anos entre 2017 e 2019. A tabela 1 traz o crescimento nos anos de 2017, 2018 e 2019 dos 10 estados com maior número de cervejarias.

**Tabela 1 – Número de cervejarias por estado, por ano e o crescimento**

Nº	UF	2017	2018	2019	Crescimento médio
1	SP	124	166	241	39,5%
2	RS	142	184	236	28,9%
3	MG	87	116	163	36,9%
4	SC	78	104	148	37,8%
5	PR	67	93	131	39,8%
6	RJ	57	62	78	17,3%
7	ES	11	17	34	77,3%
8	GO	21	25	28	15,5%
9	BA	7	12	20	69%
10	RN	6	9	20	86,1%

Fonte: BRASIL (2020)

Sendo assim, frente a crescente competitividade em face do grande aumento do número de cervejarias, a empresa estudada verificou a necessidade de iniciar um programa de melhoria contínua para se manter competitiva, tendo sido o processo de filtração, especialmente no que tange ao rendimento da mostura final, sido escolhido para o projeto piloto.

## 1.2. OBJETIVOS DO ESTUDO

### 1.2.1. Objetivos gerais

Através da metodologia DMAIC, identificar e eliminar possíveis causas raízes responsáveis pelo baixo volume de mosto ao final de cada brassagem.

### 1.2.2. Objetivos específicos

Avaliar o processo de filtração e clarificação, com foco na identificação e eliminação de atividades que causam baixo rendimento do volume final de mosto.

### 1.2.3. Estrutura do trabalho

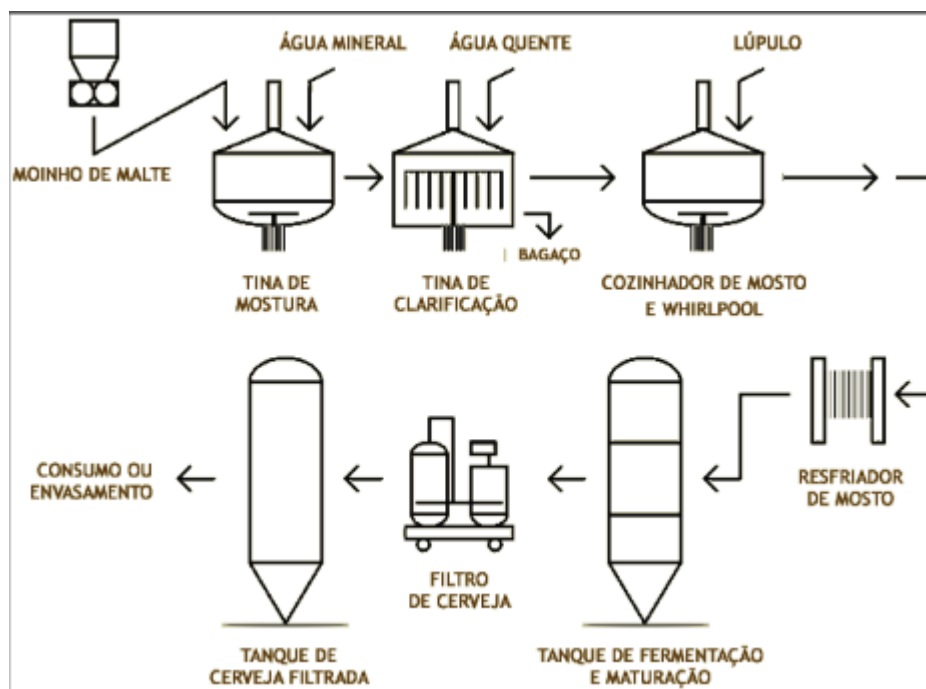
O trabalho está estruturado em 4 capítulos. O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, abordando a temática envolvida no estudo. O capítulo 3 apresenta o método de pesquisa utilizado. O capítulo 4 aborda os resultados da pesquisa através do DMAIC e, por fim, o capítulo 5 apresenta as considerações finais do trabalho.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. Processo de fabricação da cerveja

O processo de fabricação da cerveja pode ser dividido em quatro etapas, sendo elas: mosturação, fervura, fermentação e maturação. A mosturação ainda pode ser dividida em mais três etapas, a fase 1, na qual o malte moído é adicionado na tina de mostura com água para ser cozido, a fase 2, na qual o mosto cozido é transferido para outra tina onde será feita a separação do líquido e do sólido (bagaço do malte) e a fase 3, na qual o mosto será fervido e lupulado (FERREIRA; JUNIOR; VIEIRA, 2009). A figura 1 ilustra como é o fluxograma do processo de fabricação da cerveja.

**Figura 1 – Fluxograma do processo de fabricação da cerveja**



Fonte: CUCOLO; EMANUELLI; VERDE (2017)

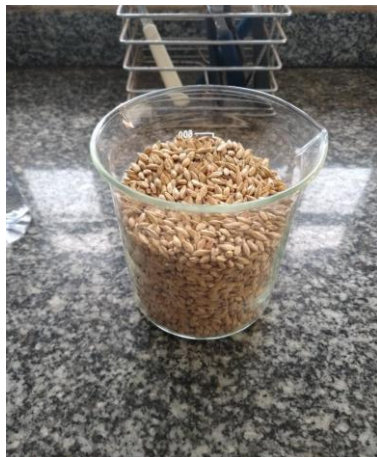
O fluxograma apresentado (Figura 1) também pode ser resumido com apenas uma tina responsável pela mostura e pelo cozimento do mosto, fazendo com que seja possível iniciar uma nova produção somente quando a atual estiver 100% transferida para os tanques de fermentação. Esse tipo de cozinha (como é chamado nas cervejarias) é conhecida como cozinha de três blocos.

### 2.1.2. Moagem do malte

A moagem do malte deve ser feita de modo grosseira, não deixando grãos completamente quebrados e não deixando grãos inteiros, uma vez que ela servirá para expor o endosperma do grão e as enzimas serem ativadas. A moagem varia de receita para receita, ou seja, o tipo de cerveja a ser fabricada leva um tipo específico de grãos e deve ser adequada ao ponto de não fazer com que a clarificação do mosto seja lenta, pois, grãos muito esfarelados tornarão o processo lento. Deve ser adequada para que haja a hidrólise do amido durante o cozimento (FERREIRA; JUNIOR; VIEIRA, 2009).

A Figura 2 ilustra como é o cereal maltado inteiro (antes da moagem).

**Figura 2 – Cereal maltado inteiro (antes da moagem)**



Fonte: Autoria própria.

A Figura 3 ilustra como é o cereal maltado depois da moagem, pronto para uso.

**Figura 3 – Cereal maltado moído**



Fonte: Autoria própria.

### 2.1.2. Brassagem

A brasagem é o método tradicional e o mais simples utilizado na produção de cerveja. Com a água já adicionada na tina de mostura, o malte moído é adicionado. O resultado é um processo físico-químico, enzimas são ativadas, cada qual com sua temperatura e então mantida em repouso durante um tempo estabelecido. Após passado o tempo esperado, a temperatura é elevada para que outra enzima seja ativada e outra substância seja solubilizada (FERREIRA; JUNIOR; VIEIRA, 2009).

A Figura 4 apresenta uma tina de mostura com redutor para que o mosto não aglutine e fique sempre homogêneo. A tina de mostura já está com água para iniciar a brassagem.

**Figura 4 – Tina de mostura**



Fonte: Autoria própria.

A figura 5 ilustra a tina de mostura em operação, com o malte sendo cozido.

**Figura 5 – Tina de mostura com o malte cozinhando**



Fonte: Autoria própria

### 2.1.3. Filtração e clarificação

Após o fim da brassagem, o mosto é transferido para a tina de clarificação. É nela que será feita a separação do mosto líquido com o bagaço de malte. A tina de clarificação apresenta um fundo falso, elevado em relação ao fundo da tina, atuando como uma peneira que irá fazer com que o mosto seja clarificado, impedindo que o bagaço retorne para a tina de mostura (servirá agora como tina de fervura). O processo se inicia com a circulação do mosto apenas na tina de clarificação, através de um visor, o operador observa o momento em que o mosto circulante começa a passar cada vez mais claro e ausente de partículas sólidas do bagaço. Esse momento o circuito é aberto e o mosto clarificado retorna para a tina de mostura (FERREIRA; JUNIOR; VIEIRA, 2009).

Após a primeira transferência, é necessário adicionar mais água na tina de clarificação, pois, o volume de mosto na tina de fervura ainda é baixo e sua concentração (extrato de açúcares presentes na solução) é muito alta. A água utilizada deve ser aquecida a 78°C para melhor rendimento na extração de açúcares que tenham ficado no bagaço. Outro fator determinante é o pH, pois a água deve ser ácida (em torno de 5) para melhor extração. A água e o pH controlam o rendimento na clarificação, tanto em volume quanto em tempo de operação (FERREIRA; JUNIOR; VIEIRA, 2009).

A Figura 6 ilustra como é a tina de clarificação com o fundo falso presente e um redutor com facas para homogeneização na etapa de adição de água no bagaço.

**Figura 6 – Tina de clarificação**



Fonte: Autoria própria.



#### 2.1.4. Fervura

Na tina de mosturação, o mosto é aquecido a 100°C, podendo passar um pouco, contabilizando seu início quando há borbulhamento pelo aquecimento. A fervura confere esterilização do mosto, inativa por completo as enzimas solubilizadas e estabiliza sua composição com o lúpulo, sendo esse adicionado em tempos específicos, pois, lúpulos carregados em óleos essenciais (alfa ácido) são voláteis e evaporam quando adicionados no começo da fervura (FERREIRA; JUNIOR; VIEIRA, 2009).

Componentes indesejáveis como o Dimetil Sulfeto – DMS serão expulsos do mosto através da fervura, pois, ele poderia comprometer o aroma do produto (SENAI, 2014)

O tempo de fervura varia, sendo indicado um tempo mínimo de 60 minutos e não mais do que 90 minutos, pois, um tempo maior poderia fazer com que a carga de lúpulo adicionado atinja sua menor eficiência. Já um tempo inferior a 60 minutos seria ineficiente para esterilização e solubilização do mosto.

A Figura 7 ilustra o mosto em fervura. Quando comparado a Figura 6, é possível observar que o volume na tina é outro, ou seja, já é possível estar próximo ou exato do volume preparado na receita.

**Figura 7 – Mosto fervendo na tina de mostura**



Fonte: Autoria própria.

#### 2.1.5. *Whirpool*

Após finalizar a fervura, é necessário fazer com que proteínas, resíduos de lúpulo ou qualquer outra partícula que permaneça no mosto após a fervura, não sejam levadas ao fermentador. O *whirpool* consiste na ação mecânica de criar um redemoinho no mosto, fazendo com que as partículas e resíduos precipitam no centro da tina de fervura através das forças

tangenciais, gravitacional e pressão. Depois de 15 minutos, o mosto permanece em repouso para que mais partículas precipitem. Esse precipitado recebe o nome de *trub* e deve ser descartado pois poderá promover aromas e sabores indesejáveis na cerveja (SENAI, 2014)

A Figura 8 ilustra como é feito o *whirpool*.

**Figura 8 – Como acontece o *whirpool***



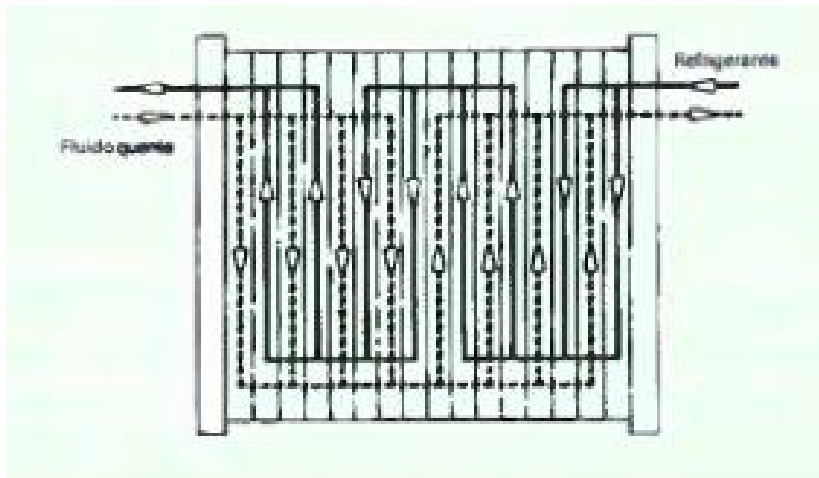
Fonte: SENAI (2014)

#### 2.1.6. Resfriamento do mosto

Com o *whirpool* finalizado por completo, o mosto ainda se encontra em temperatura alta, próxima dos 95°C, sendo necessário resfriar para transferir para o tanque de fermentação, e, posteriormente, adicionar a levedura. O resfriamento deve fazer com que o mosto permaneça na temperatura ideal para a levedura a ser utilizada, pois, se mantiver alta compromete a levedura e consequentemente a qualidade da cerveja. O tempo de resfriamento deve ser controlado, não excedendo 100 minutos pois, tempos elevados de resfriamento favorecem a formação de DMS (SENAI, 2014).

O resfriamento acontece pela troca de calor através de um resfriador de placas, o mosto quente passa pelo trocador e a transferência de calor acontece com água gelada que entra pelo trocador. A Figura 9 ilustra como acontece a troca de calor.

**Figura 9 – Trocador de calor para resfriamento do mosto quente**



Fonte: SENAI (2014)

### **2.1.7. Aeração do mosto**

Com a transferência do mosto resfriado para a adega de fermentação, é fundamental que o mosto seja aerado (introdução de ar no líquido) para que a levedura inicie sua atividade de reprodução, pois, o ar sintetiza o composto que formará a parede celular da levedura. A aeração deve ser feita com o mosto resfriado, pois diminui a oxidação, o mosto frio oxida menos e o oxigênio dissolvido no mosto será rapidamente associado pela levedura. O ar utilizado deve ser limpo, seco e esterilizado. Normalmente é utilizado nas fábricas o ar medicinal (SENAI, 2014)

### **2.1.8. Fermentação**

A fermentação é a etapa mais longa de todo o processo, variando de 4 a 10 dias. É na fermentação que a levedura começa a consumir os compostos solúveis presentes no mosto. O mosto deve estar adequado para a levedura, do contrário a fermentação poderá ser comprometida, até mesmo fazendo com que todo o volume de cerveja não possa ser aproveitado (FERREIRA; JUNIOR; VIEIRA, 2009).

A fermentação pode ser dividida em *ale* e *lager*. As leveduras do tipo *ale* atuam em temperaturas mais altas, fermentam mais rápido, conferem maiores efeitos secundários (como aromas cítricos, por exemplo), apresentam maior nível de acetaldeído e álcoois superiores. As leveduras do tipo *lager* atuam em temperaturas mais baixas, fermentam lentamente e possuem maior tolerância ao tempo de permanência no fermentador. Em uma fermentação típica, os nutrientes são consumidos pela levedura, tendo seu término conforme o consumo de modo que pode ser percebido quando uma parte não apresenta mais atividade metabólica e decanta no fermentador. Ao final da etapa, a temperatura alterada, mantendo o mais próximo de  $-1^{\circ}\text{C}$  com

a finalidade de inativar o que tenha permanecido em atividade metabólica no fermentador (SENAI, 2014)

### **2.1.9. Maturação**

Consiste na obtenção de uma solução alcoólica com proteínas, peptídeos, levedura, alfa – ácidos e demais óleos essenciais. Essa etapa também é chamada de fermentação secundária, pois, ainda há – embora menor – atividade metabólica da levedura que atuará como limpador final da cerveja, a deixando no ponto ideal de seu consumo. A turbidez é controlada nessa etapa por meio da decantação, clarificando e encorpando a cerveja. O diacetil é reduzido durante a maturação, variando de cerveja para cerveja. Também é nessa etapa que a levedura pode ser recolhida do fermentador e armazenada adequadamente para ser utilizada numa próxima receita (SENAI, 2014)

### **2.1.10. Filtração**

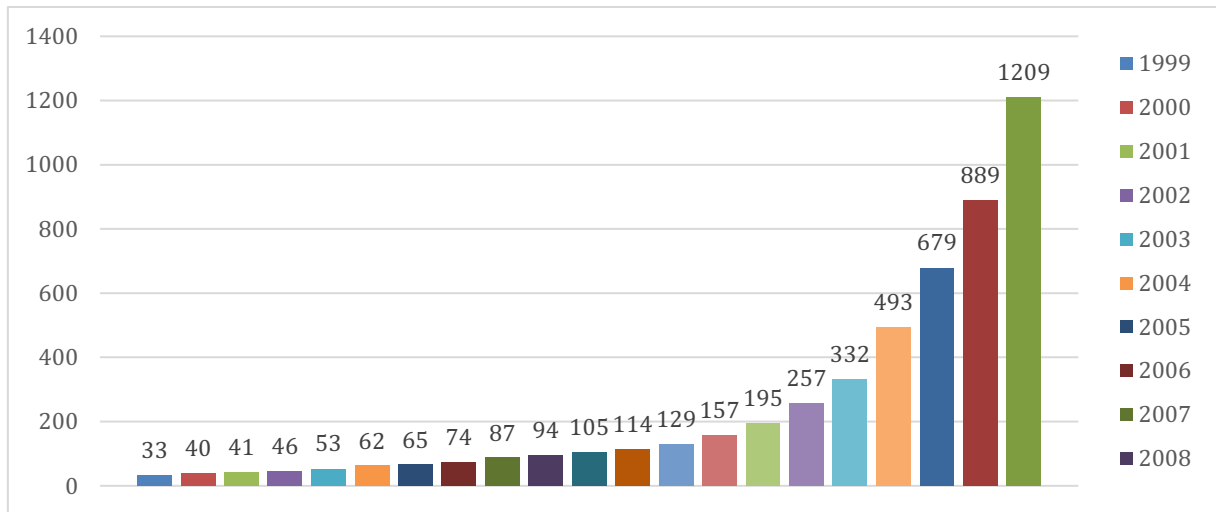
A filtração acaba sendo opcional para as cervejarias. Fábricas pequenas, de produção artesanal, geralmente não filtram sua cerveja, pois, muitas vezes, uma das características buscadas pelo consumidor em cervejas artesanais é uma cerveja mais encorpada. A filtração acontece para remover uma parte da levedura que permanece solubilizada na cerveja, deixando com aspecto de uma cerveja mais clara e menos encorpada (SENAI, 2014).

### **2.1.11. Envase**

Após a filtração, a cerveja é transferida para outro tanque. Uma amostra deve ser tirada para análise do teor de gás carbônico na bebida, se necessário, mais gás será solubilizado na cerveja para que fique no teor desejado. Feito, a cerveja então pode ser transferida para barris e armazenadas em câmaras frias, assim será vendida e consumida como *chopp*, se pasteurizada, mesmo depois armazenada em barris, será vendida e consumida como cerveja (SENAI, 2014.)

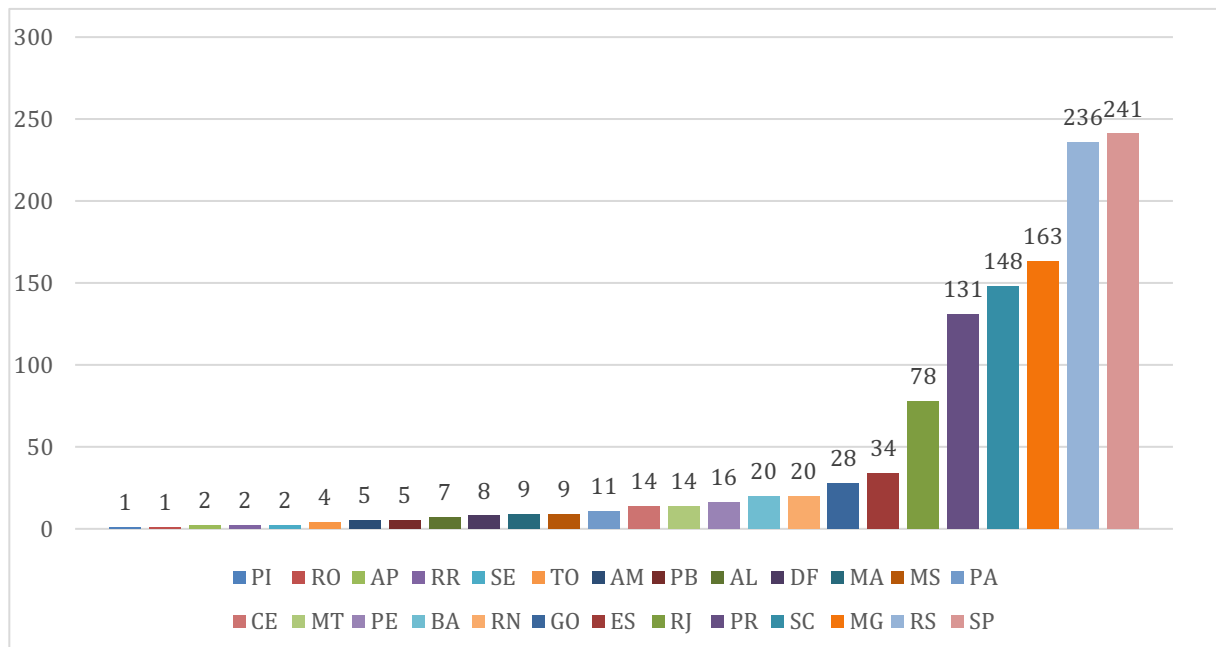
## **2.2. Dados sobre cervejarias no Brasil**

Segundo Brasil (2020), o setor cervejeiro emprega mais de 2 milhões de pessoas, gerando R\$ 21 bilhões em impostos somente no ano de 2019. Cerca de 99% dos lares no país consomem a bebida. A cada dois dias é registrada uma nova cervejaria no Brasil. O Gráfico 1 ilustra um crescimento exponencial num intervalo entre 1999 e 2019.

**Gráfico 1 – Cervejarias registradas no Brasil entre os anos de 1999 e 2019**

Fonte: BRASIL (2020)

O sul do país é considerado o berço cervejeiro nacional, embora nos últimos registros, a região sudeste se mostrou mais forte no setor, registrando um maior número de fábricas de cerveja quando comparados a região sul (BRASIL, 2020). O Gráfico 2 mostra a distribuição de cervejarias por estados da federação com registros levantados no ano de 2019.

**Gráfico 2 – Cervejarias registradas por estados da federação**

Fonte: BRASIL (2020)

### 2.3. DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*)

No final da década de 1980, a empresa Motorola lança o programa Seis Sigma de qualidade, uma nova abordagem da qualidade de forma quantitativa, buscando alta

padronização com baixíssima variabilidade no processo. A Motorola ganhou grandes prêmios de qualidade e maior vantagem competitiva em relação aos seus concorrentes, fazendo com que a abordagem Seis Sigma fosse adotada por demais empresas espalhadas pelo mundo todo (SILVA; OLIVEIRA; SILVA, 2017).

Segundo Brait e Fettermann (2014), o Seis Sigma é uma abordagem estratégica para a organização definir mudanças, identificando e atendendo às necessidades de todos os *stakeholders* envolvidos no processo.

Maximiano e Trad (2009) apontam que a letra grega sigma ( $\sigma$ ) representa o desvio – padrão no processo. O nível sigma de variabilidade deve ser único para cada organização, uma vez que a redução da variabilidade no processo está diretamente relacionada com o custo de reduzir os defeitos, e, deve ser levado em consideração o quanto o cliente está disposto a pagar pelo produto (valor agregado).

A Tabela 2 mostra a taxa de erro, taxa de acerto, o DPMO (número de defeitos por milhão de oportunidade) e o nível sigma correspondente.

**Tabela 2 – Nível sigma e a relação correspondente à taxa de erro, taxa de acerto e DPMO**

Taxa de acerto	Taxa de erro	DPMO	Nível sigma
30,9%	69,1%	691462	1
69,1%	30,9%	308538	2
93,3%	6,7%	66807	3
99,38%	0,62%	6210	4
99,977%	0,023%	233	5
99,99966%	0,00034%	3,4	6

Fonte: adaptado de MAXIMIANO; TRAD (2009)

Werkema (2014) ressalta que as ferramentas da qualidade já estão presentes no dia – a – dia das organizações, não apresentando nenhuma novidade, o real segredo do sucesso do Seis Sigma está no modo como é feita sua abordagem e como é feita sua implantação.

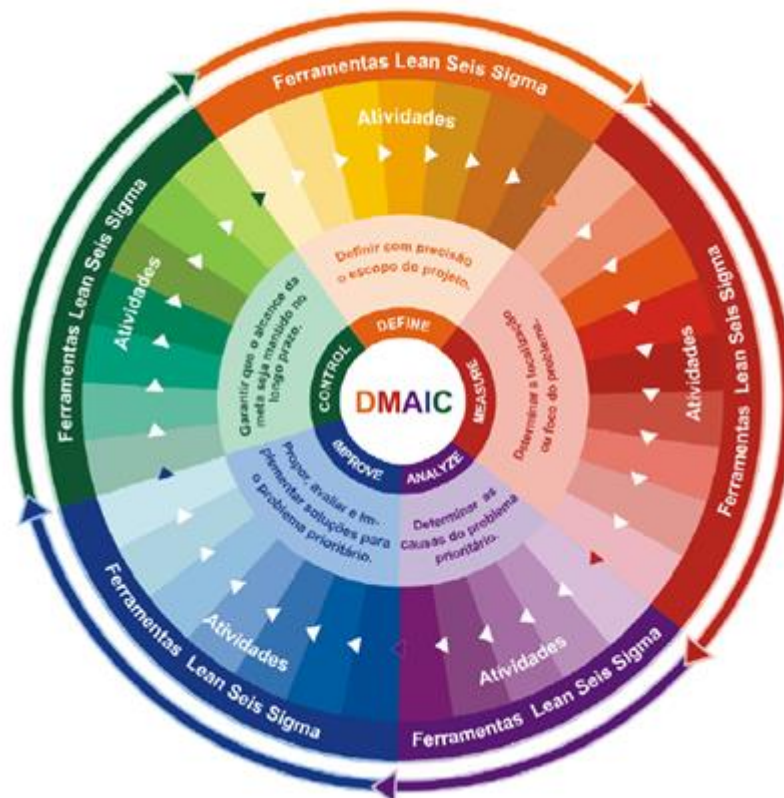
As metas da organização devem ser estruturadas por equipes comprometidas com o projeto e seu desdobramento será através do método DMAIC, constituído em 5 fases: Fase de definição, fase de mensurar, fase de análise, fase de melhoria e fase de controle (WERKEMA, 2014).

O método DMAIC surgiu para diminuir a variabilidade no processo, sendo uma extensão do ciclo PDCA, com a finalidade de produzir e oferecer produtos e/ou serviços que

atendam as expectativas dos clientes, utilizando os recursos envolvidos de forma ótima e diminuindo o nível de variabilidade no processo (BRAITT; FETTERMANN, 2014).

Werkema (2014) complementa que diversas ferramentas são utilizadas de maneira integrada às etapas do DMAIC, mostrando um método sistemático baseado em dados e ferramentas estatísticas para assim atingir os resultados esperados. A Figura 10 apresenta a integração das ferramentas às etapas do DMAIC.

**Figura 10 – Integração das ferramentas Lean Seis Sigma ao DMAIC**



Fonte: Adaptado de WERKEMA (2014)

Werkema (2014) evidencia que não há conflito entre o DMAIC e o PDCA, uma vez que ambos se complementam, o DMAIC deve ser utilizado como complemento do PCDA, por meio de um número maior de ferramentas analíticas, quando a equipe estiver mais treinada e capacitada para novos projetos de melhoria, aprofundando, assim, o nível de resolução dos problemas que venham a surgir na organização.

#### **2.4.1. *Define* – Definir**

Nessa etapa deve ser definido os pontos críticos no processo que estão contribuindo para a não conformidade e, conseqüentemente, gerando variabilidade (BRAITT; FETTERMANN, 2014).

Werkema (2014) apresenta alguns pontos importantes a serem levados em consideração durante a etapa de definição, sendo eles:

- Descrever o problema;
- Mapear o processo;
- Definir metas;
- Levantar o histórico do problema;
- Identificar e apresentar restrições que possam surgir;
- Definir membros da equipe e suas responsabilidades;
- Definir cronograma de atividades.

#### **2.4.2. *Measure* – Medir**

Na fase de medição deve ser focado o problema através da coleta e análise de dados, de modo que o problema seja dividido em problemas isolados por meio de estratificação, facilitando a tomada de decisão (WERKEMA, 2014).

#### **2.4.3. *Analyze* – Analisar**

Werkema (2014) aponta que é necessário determinar a causa de cada problema estratificado, identificar padrões em operações que contribuem com o erro.

Por Santos (2006) ainda é possível identificar as diferenças entre o desempenho esperado e o desempenho real.

#### **2.4.4. *Improve* – Melhorar**

Deve ser proposto soluções para as possíveis causas raízes do problema, caso não seja alcançada a meta inicialmente proposta, a equipe deve voltar à fase de medição e aprofundar mais a análise do problema (WERKEMA, 2014).



#### **2.4.5. Control – Controle**

É necessário garantir que o processo se mantenha em controle e, como se trata de uma ferramenta de melhoria contínua, novas metas devem ser impostas à equipe, buscando novas oportunidades de eliminar atividades que não agreguem valor ao produto (WERKEMA, 2014).

A documentação é fundamental para que novos projetos e/ou novas equipes possam dar continuidade no trabalho, devendo ser de fácil entendimento e compreensão, facilitando a sequência na melhoria ou no novo projeto, para que futuramente sejam facilmente identificados pontos fracos e pontos críticos ao projeto.

#### **2.4.6. Ferramentas utilizadas no DMAIC**

As seções 2.4.6.1 a 2.4.6.3 farão uma abordagem das ferramentas utilizadas no DMAIC para o trabalho apresentado.

##### **2.4.6.1. Brainstorming**

O *brainstorming* consiste na elaboração de ideias e sugestões, sem julgamentos ou precedentes, por qualquer membro da equipe, com a finalidade de ideias que posteriormente serão avaliadas e utilizadas (ou descartadas) para resolução de um determinado problema (MAXIMIANO, 2000).

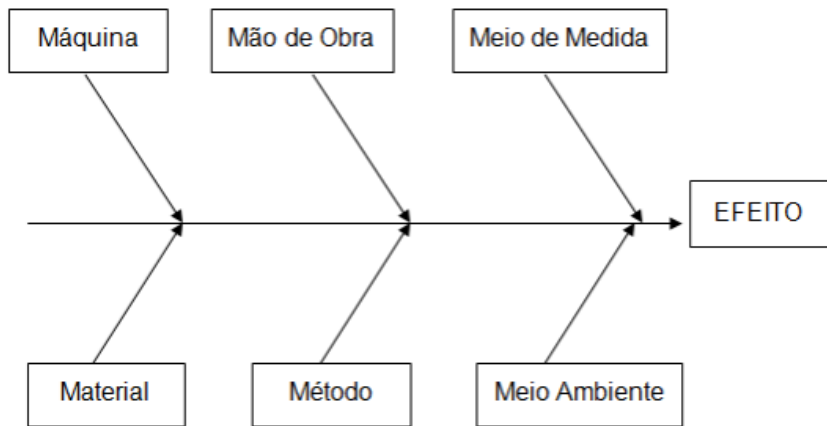
##### **2.4.6.2. Diagrama de causa e efeito**

O diagrama de causa e efeito, também conhecido como diagrama de Ishikawa ou simplesmente espinha de peixe, é uma ferramenta bem simples e fácil de utilizar, criada no Japão pelo engenheiro Kaoru Ishikawa, em 1943, para diagnosticar as possíveis relações entre um problema e seu efeito, atuando como guia para identificar a causa chave deste problema, e, posteriormente, definir as medidas corretivas (CARPINETTI, 2012).

Vieira (2003) reforça que o diagrama aponta para a causa principal do problema em estudo.

O diagrama consiste em 6 (seis) causas gerais que levam ao problema, para cada uma das causas gerais deve ser considerado causas isoladas que não seriam de fácil análise quando vistas de forma geral. As causas gerais são: máquina, material, mão de obra, método, medida e meio ambiente. A Figura 11 ilustra como o diagrama deve ser elaborado com as 6 (seis) causas gerais e suas ramificações (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

#### **Figura 11 – Diagrama de causa e efeito**



Fonte: Corrêa; Corrêa (2012)

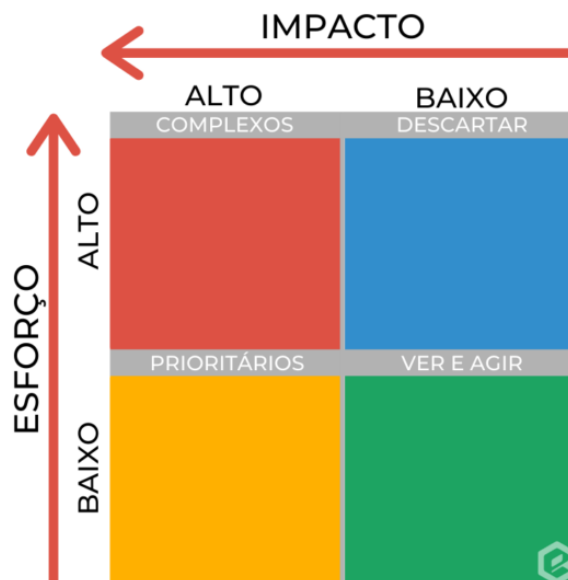
### 2.4.6.3. Matriz esforço x impacto

Consiste na elaboração de uma matriz com quatro quadrantes, nos quais serão avaliados o impacto que tal ação trará à organização e, conseqüentemente, seu grau de esforço necessário para realização (HORS et al., 2012).

A Figura 12 mostra como é uma matriz de esforço x impacto.

Figura 12 – Matriz esforço x impacto

## MATRIZ IMPACTO X ESFORÇO



Fonte: <https://englobaconsultoria.com.br/2020/04/22/como-priorizar-tarefas-que-podem-auxiliar-seu-negocio-em-momentos-de-crise/> recuperado em 13/10/2021.

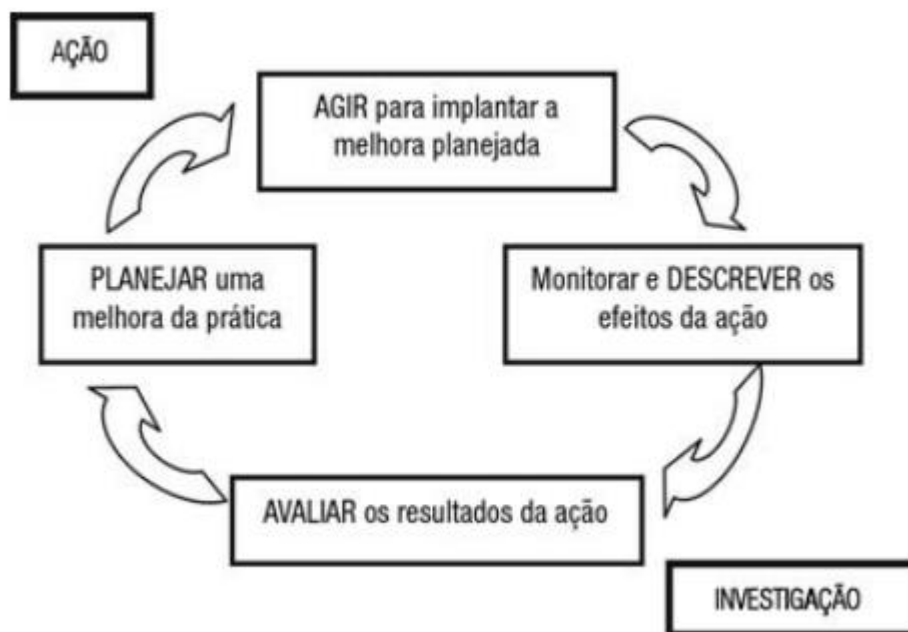
As ações prioritárias devem ser as que apresentarem baixo esforço e alto impacto; as ações a serem descartadas devem ser as que apresentarem alto esforço e baixo impacto; as ações que gerem baixo impacto, porém apresentam baixo grau de esforço, devem ser realizadas de maneira simples, sem complexidade. As ações que demandam alto grau de esforço, mas trazem alto grau de impacto, devem ser estudadas e analisadas antes da execução, viabilizando – as (D’AVILLAR, 2018)

### 3. MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa – ação pode ser reconhecida como um dos métodos de pesquisa na qual se segue um ciclo, no qual se aprimora a prática por meio de investigações e levantamento de dados, os quais devem ser coletados, tratados e, se necessário, descartados, dando início novamente ao ciclo de pesquisa (TRIPP, 2005).

A Figura 13 mostra o ciclo de pesquisa – ação dividido em quatro fases.

**Figura 13 – ciclo de pesquisa – ação**



Fonte: Tripp (2005)

Tripp (2005) ressalta que a maioria dos processos de melhoria seguem o mesmo ciclo. Tudo começa com a identificação dos problemas, depois o realizado o planejamento de uma possível solução, feito o planejamento, é realizado a implementação e avaliação, seguindo o ciclo.

Na empresa em estudo, o pesquisador participou diretamente de todas as fases do ciclo de pesquisa – ação. As informações foram coletadas e analisadas, foi possível obter dados tratados e mais precisos do processo de fabricação da cerveja artesanal. As ferramentas descritas anteriormente foram utilizadas na etapa de coleta dos dados, o que levou ao pesquisador observar e identificar problemas que interferiam no rendimento abaixo do esperado de mosto (volume final de mosto antes da fermentação) e elevado tempo de produção.

## 4. RESULTADOS

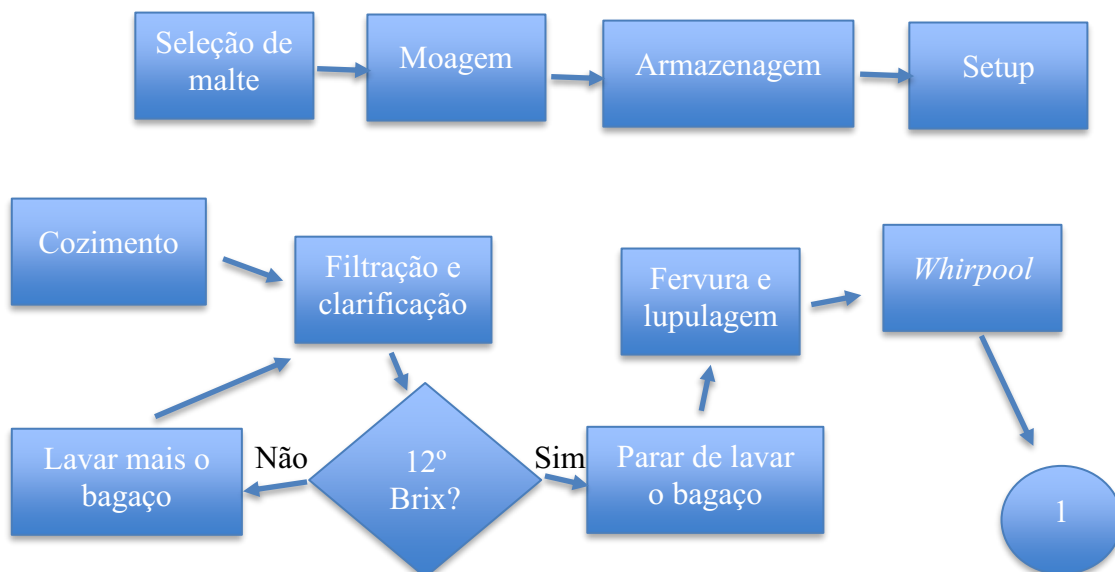
### 4.1. DEFINIR

O estudo foi realizado em uma empresa do ramo alimentício localizada na cidade de Potirendaba, interior de São Paulo, com apenas 2 funcionários, de estrutura familiar (pai e filho). A empresa fabrica *chopp* artesanal, utilizando apenas cereais maltados, com uma capacidade de produção bruta de 6000 litros por mês. Seu portfólio é dividido em garrafa pet de 1 litro, barril de 10 litros, barril de 20 litros, barril de 30 litros e barril de 50 litros, com 4 estilos de *chopp*, sendo eles: um Pilsen, um American IPA, um Weiss e um tipo Escuro.

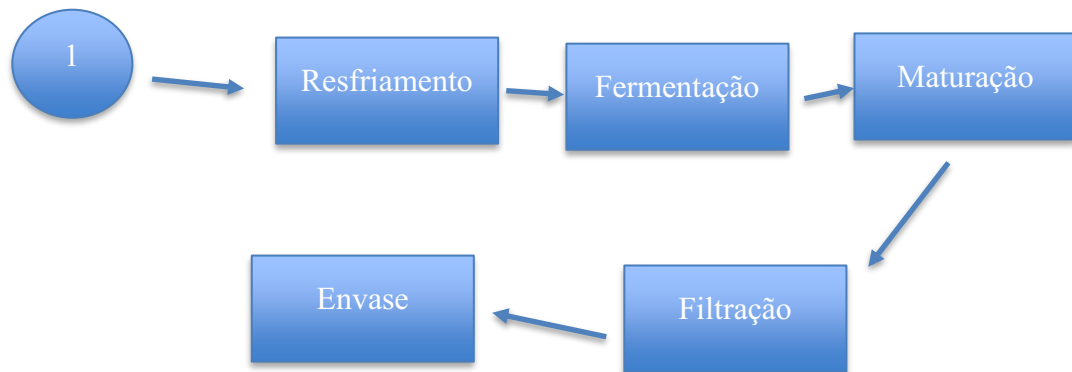
O principal produto da empresa é o *chopp pilsen*, com produção regular, quando comparado aos demais estilos, pois possuem menor giro, mas margem de lucro maior. Para efeito de estudo, foram analisados somente os registros de produção do *chopp pilsen*.

O fluxograma na Figura 14 apresenta como é o processo produtivo do chope na empresa estudada.

**Figura 14 – Fluxograma do processo de fabricação do chope artesanal**



Fonte: Próprio autor.



Fonte: Próprio autor.

Ao analisar o processo como um todo, foi observado um baixo rendimento do volume de mosto obtido após a sua filtração e clarificação, também foi observado que lotes com rendimento inferior apresentavam tempos elevados durante a etapa de filtração e clarificação.

Foi realizado um *brainstorming* dos responsáveis para definir um estudo no qual fosse possível definir e atacar as causas raízes com o problema de baixo rendimento, uma vez que implica diretamente com o tempo de produção e os custos envolvidos.

#### 4.2. MEDIR

O *brainstorming* fez com que o responsável levantasse o registro do tempo de processo de filtração do mosto, comparando com o tempo estimado pela literatura, considerando a capacidade dos equipamentos.

Vale ressaltar que, etapas do processo apresentam tempo de duração previamente estabelecido, não havendo interferência direta do homem ou da máquina, como por exemplo o cozimento do mosto, no qual ações bioquímicas acontecem se a energia e tempo for a mesma (ação enzimática). O tempo de fervura também é estabelecido uma vez que, a concentração de mosto obtida na filtração poderá ser corrigida nessa etapa.

Outra medida levantada durante o *brainstorming* foi a conferência dos laudos emitidos pelo fornecedor dos insumos, pois, embora o tempo de cozimento não sofra interferência direta do homem ou da máquina, respeitando o tempo de ação bioquímica das enzimas, será necessária uma correção nas rampas e repouso de temperatura caso o laudo laboratorial do fornecedor apresente não conformidade em sua composição.

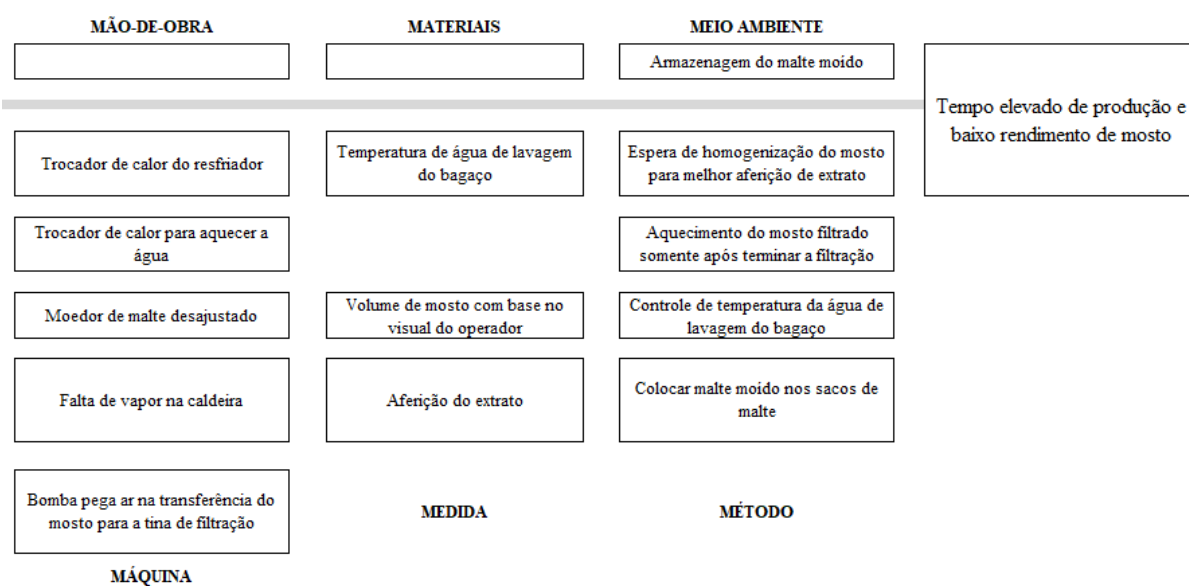
A primeira medida tomada foi descartar a possibilidade de alteração na etapa de cozimento, pois os laudos de 80 amostras apresentaram variabilidade muito baixa, sendo irrelevante ao processo quando se trata de um volume igual ao que é produzido na empresa em estudo.

Com base nos dados coletados, foi decidido realizar um estudo apenas nos processos de filtração do mosto e resfriamento do mosto, com a finalidade de otimizar o processo e aumentar o rendimento.

### 4.3. ANALISAR

Com base nos resultados levantados e discutidos anteriormente, foi determinado a elaboração de um diagrama de causa e efeito com a finalidade de determinar as causas raízes dos problemas de baixo rendimento de mosto e do tempo elevado de produção. Figura 15 representa o diagrama para o efeito de baixo rendimento de mosto e tempo elevado de produção

**Figura 15 – Diagrama de causa e efeito para análise do baixo rendimento de mosto e tempo elevado de produção**



Fonte: autoria própria

Após o apontamento das possíveis causas para o problema de tempo elevado de produção e baixo rendimento do mosto, foi decidido utilizar outra ferramenta para analisar separadamente cada causa apontada. Por meio do método conhecido como 5 porquês, foi possível chegar à causa-raiz de cada problema apontado no diagrama anterior. A Tabela 3 ilustra os a elaboração e execução dos 5 porquês.

**Tabela 3 – 5 porquês para cada problema apontado no diagrama de Ishikawa**

<b>Problema: Trocador de calor do resfriador</b>
<i>Por que o trocador de calor do resfriador causa baixo rendimento e eleva o tempo de produção?</i>
Porque se a vazão de mosto quente for elevada, o mosto passa para o fermentador em temperatura elevada
<i>Por que o mosto passa para o fermentador em temperatura elevada?</i>
Por que o fluxo de mosto quente na entrada do resfriador está sendo maior do que a capacidade de projeto.
<b>Causa raiz: Sobrecarga do trocador de calor do resfriador do mosto</b>
<b>Problema: Trocador de calor para aquecer a água</b>
<i>Por que o trocador de calor de aquecer a água causa baixo rendimento e eleva o tempo de produção?</i>
Porque se a vazão de água a ser aquecida foi elevada, a água de saída acaba não atingindo a temperatura adequada para fazer a lavagem do bagaço
<i>Por que a água sai do trocador de calor com a temperatura abaixo da adequada?</i>
Porque o volume de vapor de entrada no trocador acaba sendo insuficiente para maior volume de entrada de água a ser aquecida
<b>Causa raiz: Sobrecarga do trocador de calor do aquecedor de água</b>
<b>Problema: Moinho de malte desajustado</b>
<i>Por que o moedor de malte estar desajustado causa baixo rendimento e eleva o tempo de produção?</i>
Porque o malte pode estar muito moído ou pouco moído
<i>Por que o malte pode estar pouco moído ou muito moído (fora do padrão adequado)?</i>
<b>Causa raiz: Passo dos rolos do moinho descalibrados</b>
<b>Problema: Falta de vapor na caldeira</b>
<i>Por que a falta de vapor na caldeira causa baixo rendimento e eleva o tempo de produção?</i>
Por que se estiver com pressão baixa na caldeira, a entrada de vapor no trocador de calor é menor, conseqüentemente a saída de água quente para lavagem do bagaço na filtração também será menor, elevando o tempo
<i>Por que a caldeira pode estar com pressão baixa?</i>
Porque está havendo sobrecarga na demanda de vapor
<b>Causa raiz: Sobrecarga na demanda de vapor com a planta atual da fábrica</b>
<b>Problema: Bomba pega ar na transferência do mosto para a tina de filtração</b>
<i>Por que a bomba pegar ar na transferência do mosto causa baixo rendimento e eleva o tempo de produção?</i>
Porque é necessário descartar o mosto que está na tubulação, retirar o ar, colocar o mosto novamente e só depois fazer a transferência
<b>Causa raiz: Descarte de água para limpar a tubulação antes de passar pelo trocador de calor</b>
<b>Problema: Temperatura da água de lavagem do bagaço</b>
<i>Por que a temperatura da água de lavagem do bagaço causa baixo rendimento e eleva o tempo de produção?</i>

Por que a temperatura abaixo dos 78°C na lavagem implica na menor extração de açúcar ainda presente no bagaço
<i>Por que a temperatura pode estar abaixo dos 78°C para fazer a lavagem?</i>
Porque há sobrecarga da necessidade de vapor
<b>Causa raiz: Sobrecarga na demanda de vapor</b>
<b>Problema: Volume de mosto com base no visual do operador</b>
<i>Por que o volume de mosto aferido com base no visual do operador causa baixo rendimento e eleva o tempo de produção?</i>
Porque pode apresentar uma maior concentração de açúcares ou menor concentração no mosto
<b>Causa raiz: Falta de medidor de fluxo</b>
<b>Problema: Aferição de extrato</b>
<i>Por que a aferição de extrato causa baixo rendimento e eleva o tempo de produção?</i>
Porque a aferição é feita através da densidade, a qual deve ser corrigida para cada temperatura
<i>Por que não é feita a correção de temperatura?</i>
Porque não há equipamento adequado para aferir a densidade do mosto em alta temperatura
<b>Causa raiz: Falta de equipamento correto para aferição da densidade de mosto quente</b>
<b>Problema: Aquecimento do mosto filtrado somente após terminar a filtração</b>
<i>Por que iniciar o aquecimento do mosto filtrado somente após a filtração causa baixo rendimento e eleva o tempo de produção?</i>
Porque se aquecer o mosto filtrado simultaneamente com a água sendo aquecida para lavagem do bagaço, a demanda de vapor é alta e a caldeira fica com pressão baixa
<i>Por que a caldeira fica com baixa pressão de trabalho?</i>
Porque há sobrecarga na demanda de vapor
<b>Causa raiz: Projeto de caldeira para uma demanda menor da exigida pelo operador</b>
<b>Problema: Controle de temperatura da água de lavagem do bagaço</b>
<i>Por que o controle da temperatura da água de lavagem do bagaço causa baixo rendimento e eleva o tempo de produção?</i>
Porque não há estabilidade no aquecimento da água para lavagem do bagaço, fazendo com que a temperatura oscile próximo dos 78°C
<b>Causa raiz: Maior demanda de vapor pelo operador</b>
<b>Problema: Colocar o malte moído nos sacos de malte</b>
<i>Por que colocar o malte moído novamente nos sacos de malte causa baixo rendimento e eleva o tempo de produção?</i>
Porque uma parte do malte, principalmente o farelo que compõe o malte moído, acaba caindo no chão durante a operação de transporte para a sala de brassagem ou mesmo na sala de moagem
<b>Causa raiz: Incorreta armazenagem e transporte do malte moído</b>

Fonte: Autoria própria



Um novo *brainstorming* foi elaborado pela equipe responsável, para poder analisar as causas separadamente e viabilizar o plano de ação necessário. Uma matriz esforço x impacto foi criada, assim seria mais fácil priorizar as ações. A figura 15 representa o diagrama de esforço x impacto com base nos resultados do diagrama de causa e efeito.

**Figura 15 - diagrama de esforço x impacto sobre as causas apontadas no diagrama de causa e efeito**

E S F O R Ç O		PROJETO DE CALDEIRA; PROJETO DE ACONDICIONAMENTO DO MALTE MOÍDO; PROJETO DO RESFRIADOR DE MOSTO;
		AJUSTAR MOINHO DE MALTE; ELIMINAR VÁCUO DA BOMBA PARA TRANSFERÊNCIA DO MOSTO PARA A TINA FILTRO; CORREÇÃO DA TEMPERATURA NA AFERIÇÃO DO EXTRATO DURANTE A FILTRAÇÃO E CLARIFICAÇÃO; HOMOGENEIZAÇÃO DO MOSTO PARA AFERIÇÃO DO EXTRATO;
		IMPACTO

Fonte: Autoria própria

#### 4.4. IMPLEMENTAR

Um plano de ação foi elaborado com a finalidade de eliminar as possíveis causas raízes do problema apontado no diagrama de causa e efeito. A ferramenta 5W2H auxiliou a equipe responsável pelo estudo, direcionando as ações necessárias, com prazos estabelecidos, responsável pela execução da ação e investimento necessário. A Figura 16 mostra como foi elaborado o plano de ação para cada causa.

**Figura 16 – Plano de ação para eliminar as causas raízes encontradas no problema de baixo rendimento de mosto e tempo elevado de produção**

Corrigir a temperatura na aferição do extrato do mosto	Tirar uma amostra e esfriar em banho maria	Na empresa em estudo	05/10/2021	R\$ -	José Vitor
Coletar amostra homogênea de mosto para aferição do extrato	Utilizar as pás do redutor para misturar o mosto	Na empresa em estudo	05/10/2021	R\$ -	José Vitor
Revisar o projeto de caldeira e vapor	Elaborar um estudo da capacidade de vapor para o projeto atual de produção	Na empresa em estudo	Início de 2022	Orçar projetos	José Vitor
Revisar projeto do resfriamento do mosto	Refazer os cálculos do trocador de calor	Na empresa em estudo	28/09/2021	R\$ -	José Vitor

Fonte: Autoria própria

O plano de ação foi adaptado pelo autor, sendo removido sua coluna correspondente ao “Por quê?”, dos 5W2H, uma vez que o motivo da ação necessária foi apresentado nos 5 porquês. O ajuste do moinho será feito utilizando um equipamento apropriado para tirar a folga entre os rolos, deixando uniformemente espaçado de acordo com a necessidade de moagem.

A eliminação do ar que possa ficar na bomba de transferência do mosto para a tina de filtração, será feita com adição de água a 78°C na tubulação. A temperatura será aferida e uma tabela de correção será utilizada para determinar o extrato da amostra, vale ressaltar que a amostra de mosto coletada deve ser esfriada, pois o refratômetro poderá se deteriorar com altas temperaturas, embora haja tempo de resfriar a amostra de mosto enquanto a tina de cozimento e fervura é aquecida para iniciar a etapa de fervura e lupulagem; a homogeneização do mosto antes da coleta será feita com o próprio redutor da tina de fervura, uma vez que é possível utilizar as pás para agitar o mosto enquanto se espera atingir a temperatura de início da fervura.

As etapas de implementação das ações de revisão do projeto de vapor e projeto de resfriamento do mosto apresentam uma necessidade de atenção especial. Sob contexto, o projeto da cervejaria foi elaborado para atender à uma demanda menor de produção, não há dados do projeto sendo necessário refazer o projeto da planta atual para depois então ver a necessidade de correção quanto a distribuição de vapor e resfriamento do mosto. Inicialmente, os estudos serão feitos pela própria equipe para posteriormente orçar a necessidade de uma equipe especializada para adaptar os equipamentos com a demanda atual.

#### **4.5. CONTROLAR**

Como a maioria das ações necessárias serão colocadas em prática ao médio e longo prazo, a equipe responsável passou a controlar o processo de acordo com a disponibilidade das máquinas e equipamentos.

Dez lotes foram observados (número registrado de quando foram feitas as mudanças mencionadas) com o volume final de 1200 litros para receita de 1200 litros e 1100 litros para receita de 1100 litros, ou seja, anteriormente era difícil atingir o volume de mosto esperado, uma vez que temperatura inadequada na lavagem do bagaço e outros fatores como mencionados na pesquisa, podem comprometer a extração de açúcares na lavagem do bagaço, fazendo com que o volume de mosto seja menor para manter a concentração na solução antes de iniciar a fermentação.

### **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

#### **5.1. CONCLUSÕES DO TRABALHO**

Foi realizado um estudo em uma cervejaria artesanal, através da metodologia DMAIC, buscando eliminar os desperdícios com foco na redução do tempo de produção e aumento do rendimento de mosto ao final de produção.

As etapas da metodologia foram executadas e apontaram causas raízes para o problema em estudo, cada qual com sua particularidade, tornando possível estabelecer padrões aceitáveis, buscando a não ocorrência de problemas que já foram solucionados.

O fato de a empresa pertencer ao próprio autor, a pesquisa foi de fácil acesso aos dados e ambiente fabril e os planos de ação puderam ser estruturados e deverão ser implementados a médio e longo prazo.

Algumas intervenções de curto prazo e baixo custo foram realizadas, como a troca do filtro de carvão ativado por um de maior fluxo de água e a manutenção do trocador de calor do resfriador do mosto. O pH da água para lavagem do bagaço também passou a ser controlada, o que contribuiu para uma melhor extração de açúcares do bagaço, fazendo com que o rendimento esperado no final de cada brassagem pudesse ser alcançado.

Outro fator interessante foi de que, com as pequenas melhorias, o tempo de produção poderia ser reduzido, embora os equipamentos não atendam a um fluxo maior de produção, ou seja, o projeto atual da fábrica não comporta o projeto atual da cervejaria (planejamento de

produção e planejamento de vendas), sendo necessário intervenções de alto custo, tais como melhoria no projeto de caldeira, *chiller* e trocadores de calor de placas.

Os estudos para redimensionamento de caldeira e vapor, junto com *chiller* e trocadores de calor, serão feitas ao longo prazo pois necessita de mão de obra especializada no assunto.

#### **4.2. LIMITAÇÕES DO ESTUDO**

O trabalho mostrou êxito quanto a eliminação do baixo rendimento de mosto, sendo possível obter o volume desejado. Entretanto, o layout da fábrica mostrou-se inadequado para o volume de produção, visto que não foi projetado para atender a demanda, mesmo que seja de baixo volume de produção.

A pesquisa mostrou que a planta atual da fábrica foi projetada para uma demanda menor, sendo necessário intervenções de alto custo financeiro, uma vez que se trata de indústria alimentícia, os equipamentos e componentes costumam apresentar um alto poder de aquisição.

#### **4.3. TRABALHOS FUTUROS**

Está sendo realizado a coleta e registro de todos os acontecimentos durante a produção, para servir como base de um trabalho futuro uma vez que se tenha feito ou refeito os projetos de caldeira e vapor, *chiller* e resfriador do mosto.

Após o projeto em mãos da atual capacidade da planta (atualmente se conhece apenas a capacidade de produção, mas se desconhece a capacidade de geração de vapor na caldeira e resfriamento do mosto no trocador de placas), um novo levantamento será feito com o uso da metodologia DMAIC, sendo possível aprofundar nos problemas que possam ser encontrados durante o processo como um todo. Por fim, as ações de médio e longo prazo serão realizadas em momento propício.

## REFERÊNCIAS

BRAITT, Bruno Alves Almeida; FETTERMANN, Diego de Castro. **APLICAÇÃO DO MÉTODO DMAIC PARA ANÁLISE DE PROBLEMAS DE PRODUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO**. Belo Horizonte: UniBH, v.7, n.1, p.125-138, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário da cerveja**. 16 p., il. Brasília, DF: Mapa, 2020.

CARDOZA, E.; CARPINETTI, L. INDICADORES DE DESEMPENHO PARA O SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA. **Revista Produção Online**, [S. l.], v. 5, n. 2, 2005. DOI: 10.14488/1676-1901.v5i2.338. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/338>. Acesso em: 14 set. 2021.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade: Conceitos e Técnicas**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: Manufatura e serviços, uma abordagem estratégica**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

D. JUNIOR, A. A.; VIEIRA, A. G.; FERREIRA, T. P. Processo de Produção de Cerveja. **Revista Processos Químicos**, v. 3, n. 6, p. 61-71, 1 jul. 2009.

D'AVILLAR, Priscila. **O que a matriz esforço x impacto pode fazer por você e pelo seu trabalho?** Disponível em: < <https://dinamicatreinamentos.com/blog/conheca-a-matriz-de-esforco-e-impacto/> > Acesso em: 28 de Outubro de 2021.

DOMENECH, C. **Estratégia Lean Seis Sigma**. 1ª Edição. São Paulo: M. I. Domenech, 2015.

HISTÓRIA DA CERVEJA. **Sindicerv**, 2021. Disponível em < <https://www.sindicerv.com.br/historia-da-cerveja/> > Acesso em: 05/08/2021.

HORS, C. et al. **Aplicação Das Ferramentas De Gestão Empresarial Lean Seis Sigma E PMBOK No Desenvolvimento De Um Programa De Gestão Da Pesquisa Científica**. São Paulo: 2012.

MARTINELLI, F. B. **Gestão da qualidade total**. 2 ed. Curitiba: IESDE, 2009.

MAXIMIANO, Antônio C. A. **Introdução à administração**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

MUXEL, A. A. Uma breve história da cerveja sobre a cerveja. **Páginas UFSC**, 2018. Disponível em: < <https://amuxel.paginas.ufsc.br/files/2018/08/Breve-Hist%C3%B3ria.pdf> > Acesso em: 05/08/2021

QUEIROZ, G. A. **Recomendações para implantação da Manufatura Enxuta considerando os propósitos da Produção mais Limpa**. Tese (Mestrado). USP, 2015.

SANTOS, A. B. **Modelo de referência para estruturar o programa de qualidade Seis Sigma: proposta e avaliação**. Tese (Doutorado). UFSCAR, 2006.

SENAI, Gerência de Educação a Distância. **Tecnologia cervejeira**. Rio de Janeiro: FIRJAN, 2014.

SILVA, F. A.; OLIVEIRA, M. C.; SILVA, L. C. **Implementação da metodologia Seis Sigma para melhoria de processos utilizando o ciclo DMAIC: um estudo de caso em uma indústria automotiva**. São Paulo: Exacta – EP, v.15, n.2, p223-232, 2017.

REBELLO, Flávia de Floriani Pozza. Produção de cerveja. **Revista agroambiental**, Minas Gerais, v.1, n.3, p 145 – 155, dez. 2009.

RODRIGUES, J.; WERNER, L. **Descrivendo o Programa Seis Sigma: Uma Revisão da Literatura**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, outubro de 2008.

TRAD, S.; MAXIMIANO, A. C. A. Seis sigma: fatores críticos de sucesso para sua implantação. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 13, n. 4, p. 647-662, 2009.

TRIPP, D. **Pesquisa – ação: uma introdução metodológica**. Educação e pesquisa, v. 31, n. 3, p 443 – 466. São Paulo, 2005.

VIEIRA, Geraldo Filho. **Gestão da Qualidade Total: uma abordagem prática**. Campinas: Alínea, 2003.

WERKEMA, Cristina; **Ferramentas estatísticas básicas do Lean Seis Sigma integradas ao PDCA e DMAIC**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014

