

Universidade do Estado do Pará  
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia  
Curso de Graduação em Engenharia de Produção



LUCAS RODRIGUES CABRAL VALÉRIO

**ANÁLISE DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL EM UMA CERVEJARIA: O CASO DE  
UMA MICRO CERVEJARIA ARTESANAL NA REGIÃO METROPOLITANA DE  
BELÉM**

**BELÉM  
2018**

LUCAS RODRIGUES CABRAL VALÉRIO

**ANÁLISE DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL EM UMA CERVEJARIA: O CASO DE  
UMA MICRO CERVEJARIA ARTESANAL NA REGIÃO METROPOLITANA DE  
BELÉM**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito para a obtenção de título de Bacharel em Engenharia de Produção. Universidade do Estado do Pará. Centro de Ciências Naturais e Tecnologia (CCNT).

Orientador: Dr. Lauro de Souza Moreira Neto.

**BELÉM  
2018**



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E TECNOLOGIA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



“Análise da manutenção industrial em uma cervejaria: o caso de uma microcervejaria artesanal na RMB”. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito necessário para obtenção do título de Engenheiro de Produção pelo aluno **Lucas Rodrigues Cabral Valério**, em 05 de dezembro de 2018, no Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará - CCNT/UEPA, e aprovado pela Banca Examinadora, formada pelos seguintes membros:

**Dr. Lauro de Souza Moreira Neto – UEPA**  
Orientador

**Dr. Alberto Carlos Melo de Lima - UEPA**  
Avaliador 1

**MSc. Diego Moah Lobato Tavares – UEPA**  
Avaliador 2

Belém/PA, 05 de dezembro de 2018.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de dedicar a honra e o mérito deste trabalho primeiramente aos meus familiares, que são a minha base, sempre se dedicaram de forma incansável, com muito amor e carinho, para que eu pudesse atingir meus objetivos de vida e concluir com sucesso mais este sonho.

Ao meu orientador Lauro Moreira, pela dedicação e empenho nas correções, sugestões e auxílio prestados para que esse trabalho pudesse se concretizar e atingir seus objetivos.

Aos amigos e amigas que formei ao longo destes anos, que contribuíram de forma direta ou indireta para este momento.

## RESUMO

VALÉRIO, Lucas Rodrigues Cabral. **ANÁLISE DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL EM UMA CERVEJARIA: O CASO DE UMA MICRO CERVEJARIA ARTESANAL NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM.** 2018. 60 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção). Belém, 2018.

O ambiente corporativo vem sofrendo grandes mudanças devido à fatores externos que pressionam as empresas a se adaptarem às novas transformações do meio à qual estão inseridas. Portanto, estratégias de produção tem ganhado cada vez mais destaque e relevância no setor produtivo, e com isto a manutenção deixou de ser uma atividade suporte, somente para casos de intervenções corretivas não planejadas, e passou a exercer papel estratégico para assegurar a confiabilidade e dos ativos empresariais. Neste contexto, este estudo tem por objetivo elaborar uma proposta de programa de planejamento e controle da produção em um micro cervejaria da região metropolitana de Belém. A necessidade de formulação de um roteiro de manutenções preventivas se fez, pois, a empresa apresenta elevadas taxas de manutenção corretiva não planejada, o que prejudica os ganhos financeiros, reduz a confiabilidade dos equipamentos, comprometendo a eficiência do setor operacional, e conseqüentemente a competitividade da empresa no ramo de cervejarias artesanais, um mercado que em crescimento. Inicialmente procurou-se entender a situação da manutenção na empresa, compreender como funciona seu processo produtivo e identificar os equipamentos que apresentavam maior taxa de defeitos, e que mais precisavam de intervenções corretivas, e atuar neste de forma preventiva com vistas a reduzir a frequência de falhas, e conseqüentemente perdas para a empresa. Portanto, foi desenvolvido um plano de controle da manutenção que satisfizesse as demandas da empresa e melhor fosse ajustado à sua realidade. Todas as etapas desta metodologia foram descritas, assim como os resultados alcançados. O trabalho apresentou algumas limitações no que tange à restrição de dados como custos, mas atingiu seu objetivo ao elaborar o PCM e otimizar a manutenção da cervejaria e contribuir para sua eficiência operacional, assim como disponibiliza no meio acadêmico um raro material sobre manutenção industrial em cervejarias de pequeno e médio porte.

**Palavras-chave:** Planejamento e Controle da Manutenção. Micro Cervejaria. Manutenção Preventiva.

## ABSTRACT

VALÉRIO, Lucas Rodrigues Cabral. **ANALYSIS OF INDUSTRIAL MAINTENANCE IN A BREW: THE CASE OF A MICRO BREWERY IN THE METROPOLITAN REGION OF BELÉM.** 2018. 60 sheets. Course Completion Work (Production Engineering). Belém, 2018

The corporate environment has undergone great changes due to the external factors that pressure the companies to adapt to the new transformations of the environment to which they are inserted. Therefore, production strategies have been gaining more prominence and relevance in the productive sector, and with this, maintenance has ceased to be a support activity, only for cases of unplanned corrective interventions, and has begun to play a strategic role in ensuring the reliability and business assets. In this context, this study aims to prepare a proposal for a program of production planning and control in a micro brewery in the metropolitan region of Belém. The need to formulate a roadmap for preventive maintenance was made because the company presents high rates of unplanned corrective maintenance, which damages the financial gains, reduces the reliability of the equipment, compromising the efficiency of the operating sector, and consequently the competitiveness of the company in the craft breweries sector, a growing market. Initially, an attempt was made to understand the maintenance situation in the company, to understand how its production process works and to identify the equipment that presented the highest defect rate, and that most needed corrective interventions, and to act in this way in a preventive way in order to reduce the frequency of failures, and consequently losses to the company. Therefore, a maintenance control plan was developed that would meet the demands of the company and be better adjusted to its reality. All the steps of this methodology were described, as well as the results achieved. The work presented some limitations regarding the restriction of data as costs, but it reached its objective when elaborating the PCM and optimizing the maintenance of the brewery and contributing to its operational efficiency, as well as providing in the academic environment a rare material on industrial maintenance in breweries of small and medium size.

**Keywords:** Maintenance Planning and Control. Micro Brewery. Preventive Maintenance.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Quantidade e cervejarias no Brasil
- Figura 2 - distribuição de cervejarias por região
- Figura 3 – Etapas de produção cervejeira
- Figura 4 – Tipos de manutenção praticados
- Figura 5 - diagrama de decisão para tomada de decisão da manutenção
- Figura 6 - Chiller de Placas
- Figura 7 - fluxo de produção cervejeira
- Figura 8 - principais componentes de bomba hidráulica
- Figura 9 - Universo de Motores Elétricos
- Figura 10 - Motor Elétrico de Corrente Alternada
- Figura 11- componentes de motor elétrico trifásico assíncrono
- Figura 12 - fermentador e seus componentes

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Evolução da manutenção no mundo

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Situação da Manutenção no Brasil

Tabela 2 - Critérios para contratação de empresas de manutenção no Brasil

Tabela 3 - falhas em bombas hidráulicas e suas prováveis causas de natureza elétrica

Tabela 4 - falhas e suas prováveis causa de natureza hidráulica

Tabela 5 - falhas e suas prováveis causas de natureza mecânica

Tabela 6 - Etapas do CIP

Tabela 7 - manutenção e periodicidade para falhas

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

**ABRACERVA** – Associação Brasileira de Cerveja Artesanal

**ABRAMAN** - Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos

**CIP** – Clean In Place (Lavagem Local)

**SG** – Special Gravity (Gravidade especial)

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	9
1.2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA .....	10
1.3 Objetivos .....	13
1.3.1 Objetivo Geral .....	13
1.3.2 Objetivos Específicos .....	13
1.4 ESCOPO DO TRABALHO .....	13
1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA .....	14
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	14
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>15</b>
2.1 CULTURA CERVEJEIRA E SUA EVOLUÇÃO HISTÓRICA .....	15
2.2 A CERVEJA NO BRASIL.....	16
2.3 PROCESSO DE PRODUÇÃO CERVEJEIRA.....	16
2.4 Histórico da Manutenção.....	18
2.5 Manutenção no Brasil .....	22
2.6 TIPOS DE MANUTENÇÃO .....	22
2.6.1 Manutenção Corretiva .....	22
2.6.2 Manutenção Preventiva .....	23
2.6.3 Manutenção Preditiva .....	24
2.6.4 MANUTEÇÃO DETECTIVA.....	24
2.6.5 ENGENHARIA DA MANUTENÇÃO.....	25
2.7 IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PARA PRODUÇÃO.....	26
<b>3 METODOLOGIA PROPOSTA .....</b>	<b>28</b>
3.1 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS .....	28
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>30</b>
4.1 DETALHAMENTO DA PRODUÇÃO CERVEJA PILSEN.....	30
4.2 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DAS ETAPAS DE PRODUÇÃO DA CERVEJA .....	33
4.2.1 Bombas Hidráulicas.....	33
4.2.2 Motores elétricos.....	37
4.2.3 Tanques de fermentação alcoólica .....	44
4.2.4 OUTROS EQUIPAMENTOS COM MENOR FREQUÊNCIA DE DEFEITOS .....	47
4.5 CONCEPÇÃO DE UM PLANEJAMENTO PARA MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA MICRO CERVEJARIA.....	47
<b>5 COMENTÁRIOS FINAIS.....</b>	<b>53</b>
5.1 CONCLUSÕES.....	53
5.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	54

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O ambiente corporativo vem sofrendo grandes mudanças devido a fatores externos que pressionam as empresas a se adaptarem às novas transformações do meio à qual estão inseridas. O avanço da tecnologia e da globalização, bem como a incorporação de questões de sustentabilidade e responsabilidade social dentro das empresas representam, certamente, aspectos da evolução da economia mundial.

No Brasil, o mercado cervejeiro vem sofrendo profundas transformações com a diversificação de marcas e novos players do mercado. Cervejarias de menor porte, com escalas reduzidas de produção são o principal motor da transformação que este mercado vem absorvendo nos últimos anos. Segundo documento de 2018 do MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e abastecimento), o Brasil possuía em 2002 cerca de 75 cervejarias, em 2017 este número foi de 610, um aumento de mais de 800% de empresas produtoras da bebida. Estas cervejarias encontram-se localizadas majoritariamente nas regiões Sul e Sudeste do país, que somam 83% de todos os estabelecimentos. Importante notar que os estados da região Sul ultrapassaram recentemente os da região Sudeste no total de cervejarias, sendo a região com mais cervejarias no país. Isso evidencia a forte influência da imigração europeia na região que trouxe o hábito de consumir cerveja como um dos seus traços culturais, sobretudo os Alemães.

Diante destes fatores, elevou-se o acirramento do ambiente competitivo das organizações e a busca por novos mercados, portanto é de suma importância que as empresas possam melhorar a agilidade de seus processos que respondam ao mercado, inovando e garantindo a melhoria contínua, (COSTA, 2013).

Neste contexto, é de fundamental importância reduzir ao máximo a quantidade de falhas nos equipamentos e instalações industriais, evitando, desta forma, a frequência de manutenções corretivas, pois estas apresentam elevado custo, podem comprometer a qualidade do produto, atrapalhar as operações rotineiras de um setor produtivo, e por em risco a segurança de seus colaboradores. Segundo Pinto e Xavier (2002), a manutenção evoluiu nos últimos 30 anos, se dividindo em três gerações: a primeira, a segunda e a terceira, cada uma se destacando com suas características e contribuições, definidas em:

Organizações passam a sofrer profundas transformações, impulsionadas pelo aumento de competitividade e desenvolvimento tecnológico, alterando sobremaneira

os sistemas produtivos. Para Pinto e Xavier (2002), A manutenção deve ser gerenciada através de uma administração moderna, pensando e agindo estrategicamente, sustentada por uma visão de futuro e regida pelo processo de gestão e deve contribuir efetivamente para a eficácia do processo produtivo e a satisfação plena de seus clientes.

Desta forma, busca-se através dos conhecimentos e técnicas de manutenção desenvolver um PCM (Plano de Controle e Manutenção) para uma micro cervejaria da Região Metropolitana de Belém.

## 1.2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA

Com a evolução e desenvolvimento dos mercados elevou-se o acirramento da competitividade entre as empresas, como consequência disso, o gerenciamento da produção obteve maior destaque, e a busca por eficiência operacional se tornou constante e regra no jogo empresarial. Paralelamente a isto, os avanços tecnológicos e a introdução destes nas indústrias geraram uma reavaliação de vários conceitos, práticas e técnicas anteriormente tidas como absolutas no meio de produção.

A proposta dessa pesquisa justifica-se pela janela de oportunidades que rodeiam o setor de manutenção industrial, principalmente no mercado emergente das micro cervejarias. É importante ressaltar que a gestão estratégica da manutenção ainda é pouco praticada no Brasil, e muitas empresas não possuem controle destas atividades, concentrando suas práticas em manutenções corretivas, sem refletir sobre os impactos que podem ser gerados sobre os seus ganhos. Há grande demanda por sistemas de manutenção eficientes e economicamente viáveis e pouca informação (COSTA, 2013).

Além disso, há grande motivação por parte do autor em se aprofundar no assunto, haja vista, o assunto ser de grande interesse e não haver muito conteúdo científico que aborde a manutenção industrial de micro cervejarias.

A empresa utilizada como objeto de pesquisa possui elevada frequência de manutenção corretiva – e com isto, excessivos gastos totais de manutenção, não dispõem de um PCM interno, não possui uma gestão adequada de manutenção o que gera baixa confiabilidade dos equipamentos, fatores que contribuem para prejudicar a qualidade final do produto e elevar seu custo de produção.

Estes gargalos operacionais podem ser solucionados de acordo com o Kardec e Lafraia (2002, p.18), onde para se maximizar o faturamento é necessário aumentar

a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos. O Documento Nacional da Manutenção apresentou a situação da manutenção no Brasil para o ano de 2013, explicitado na tabela 1. É um valor significativo realmente impactante dentro das indústrias, o que comprova que a manutenção não deve ser tratada como uma simples atividade de reparo, mas nem sempre é isso que acontece.

Tabela 1: Situação da Manutenção no Brasil

<b>Ano</b>	<b>Custo Total da Manutenção / Faturamento Bruto</b>
<b>2013</b>	<b>4,69 %</b>
<b>2011</b>	<b>3,95 %</b>
<b>2009</b>	<b>4,14 %</b>
<b>2007</b>	<b>3,89 %</b>
<b>2005</b>	<b>4,10 %</b>
<b>2003</b>	<b>4,27 %</b>
<b>2001</b>	<b>4,47 %</b>
<b>1999</b>	<b>3,56 %</b>
<b>1997</b>	<b>4,39 %</b>
<b>1995</b>	<b>4,26 %</b>

Fonte: ABRAMAN – Documento Nacional da manutenção no Brasil

Baseado no número de cervejarias registradas no Brasil pelo MAPA, nota-se um elevado crescimento de empresas desse setor, como explicitado na imagem na imagem abaixo.

Figura 1: Quantidade e cervejarias no Brasil

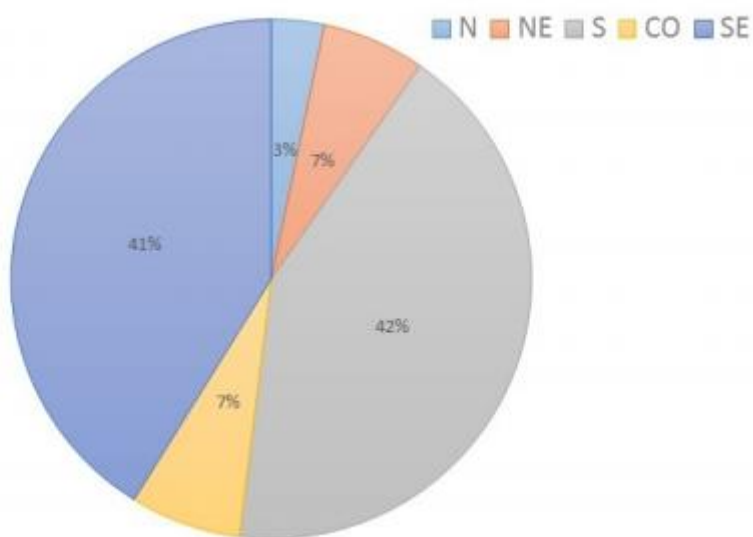


Fonte: Elaborado a partir dos dados dos sistemas de registro do MAPA

As regiões Sul e Sudeste são as que apresentam maior concentração destes empreendimentos, com cerca 83% do quantitativo total de cervejarias, como o gráfico seguinte demonstra.

Figura 2: distribuição de cervejarias por região

## Cervejarias por região



Fonte: Elaborado a partir dos dados dos sistemas de registro do MAPA

Ainda segundo o Documento Nacional da ABRAMAN de 2013, os critérios mais importantes que as empresas utilizam para contratar uma empresa de manutenção ainda são “Qualidade e Preço”.

Tabela 2: Critérios para contratação de empresas de manutenção no Brasil

Ano	Critérios Utilizados na Contratação de Serviços Pelas Empresas				
	Preço	Tecnologia	Prazo	Qualidade	Experiência
2013	I	V	III	II	IV
2011	I	V	III	II	IV
2009	II	V	IV	I	III
2007	II	V	IV	I	III
2005	II	V	IV	I	III
2003	III	IV	V	I	II
2001	II	IV	V	I	III
1999	II	III	V	I	IV
1997	I	V	III	II	IV

Fonte: Documento Nacional da ABRAMAN 2013

### 1.3 Objetivos

#### 1.3.1 Objetivo Geral

Propor um plano de manutenção preventiva que atenda aos principais equipamentos da micro cervejaria.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Planejar e desenvolver uma sistemática de acompanhamento para o bom funcionamento dos equipamentos que compõem e interferem no bom funcionamento das estações de bombeamento de água;
- Programar as intervenções de manutenção preventiva;
- Estabelecer recomendações operacionais de manutenção para os equipamentos em estudo.

### 1.4 ESCOPO DO TRABALHO

O trabalho foi realizado em uma empresa de pequeno porte do setor de bens de consumos não duráveis na região metropolitana de Belém, mais especificamente uma fábrica de produção de cervejas. Este trabalho teve como base pesquisa bibliográfica e estudo da realidade da empresa, de modo que o planejamento e

controle da manutenção tivesse boa aplicabilidade. Assim, foi definida uma metodologia de implantação adequada à empresa em questão.

O modelo proposto não realiza a análise dos custos e despesas envolvidas, desta forma depende de um sistema que forneça os dados necessários, assim como não mensura o quantitativo financeiro total para implementação deste investimento.

Por ser um trabalho de caráter teórico, inicial e que não pôde ser aplicado na prática, esse modelo está sujeito a omissões, desajustes ou distorções que a experiência e a realimentação das opiniões dos profissionais de manutenção poderão ajudar a corrigir em trabalhos futuros.

Em que pese os fatores limitantes desta pesquisa, o objetivo principal do trabalho não é o de impor de forma rigorosa os resultados obtidos, mas sim, demonstrar como as empresas de produção cervejeira (de pequeno e médio porte) podem se beneficiar com a aplicação de programa de manutenção.

#### 1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

A metodologia empregada para o desenvolvimento deste trabalho compreende primeiramente uma revisão da bibliografia referente aos conteúdos abordados, bem como questionários, manuais dos fabricantes dos equipamentos e material fotográfico. Em seguida, elaboração de um modelo que auxilie nas intervenções de manutenção preventiva dos equipamentos estudados. E por último, discussão das vantagens que poderão ser obtidas com a utilização do modelo proposto.

#### 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está subdividido em 5 capítulos, sendo estes:

No capítulo 1, a Introdução, é apresentado uma breve introdução a respeito do tema e do trabalho, constando as considerações iniciais, justificativa, escopo do trabalho, elaboração dos objetivos, definição da metodologia e estrutura do trabalho (tópico atual).

No Capítulo 2 é abordada toda a revisão bibliográfica a respeito de cervejarias e manutenção, possibilitando um bom embasamento teórico para o desenvolvimento do trabalho.

No capítulo 3 é apresentada a metodologia que delineou os passos para o progresso dessa pesquisa, com base nos objetivos definidos e nas limitações inerentes à própria natureza do trabalho.

No capítulo 4 é aplicada a metodologia proposta para obtenção dos resultados esperados. De posse destes dados elabora-se o plano para gestão de manutenção da empresa e discute-se quanto a sua importância para o gerenciamento de produção da cervejaria.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões obtidas com a realização do trabalho, através da análise da metodologia utilizada e de sua aplicação. Além dos próximos passos e propostas para avanço da pesquisa.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 CULTURA CERVEJEIRA E SUA EVOLUÇÃO HISTÓRICA**

No Brasil, o órgão responsável pela fiscalização e certificação do produto é o MAPA. De acordo com o decreto nº. 2.314, de 4 de setembro de 1997, Art. 64 (BRASIL, 1997): “Cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo”.

Portanto, uma cerveja é qualquer uma das variedades de bebidas alcoólicas derivadas do processo de fermentação anaeróbia alcoólica de matéria como amido, derivada de cereais ou de outras fontes vegetais. Cerveja especial ou artesanal é uma categoria que abriga as cervejas de qualidade superior e de alto valor agregado. Em geral, são cervejas que utilizam receitas ou processos de fabricação diferentes das de fabricação em larga escala, (FERREIRA, 2011).

Dantas (2016) aponta alguns registros anteriores à escrita como pinturas e outros símbolos primitivos remetem a uma bebida semelhante à cerveja. Documentos antigos foram encontrados em cidades construídas em 6000 A.C, repletos de símbolos que colocam a cerveja como importante moeda de troca. Segundo Morado (2009), na Idade Média, a cerveja era produto de fabricação caseira, elaborado pelas mulheres para o consumo da família. Havia uma preferência maior deste produto em relação ao vinho devido ao baixo custo e servia de complemento à alimentação destes povos. As iniciativas de produção em larga escala só foram registradas no séc. VI, em mosteiros, cervejas conhecidas por um nome, as Abadias. Nestes mosteiros havia conhecimento, inovação de técnicas e capacidade de registros de receitas. Neste sentido, é correto afirmar que os abades foram os primeiros pesquisadores sobre cerveja, onde além de desenvolverem novas técnicas de produção e armazenagem do produto, estes

também difundiam certo conhecimento com as comunidades locais, mesmo que em escala reduzida.

Paes (2015), a Reinheitsgebot – como é conhecida na Alemanha –, ou Lei da Pureza Alemã – como é conhecida no Brasil, foi promulgada em 23 de abril de 1516, na Baviera, pelo Duque Guilherme IV. Segundo Santos (2004, p.48), esta lei é uma das primeiras normas de regulamentação de um produto alimentício do mundo, estabelecia que a cerveja somente deveria ser produzida por malte de cevada, água e lúpulo. Até o presente momento não se tinha conhecimento sobre processos fermentativos, por este motivo o decreto não contempla as leveduras (fungos responsáveis pela fermentação alcoólica da cerveja).

## 2.2 A CERVEJA NO BRASIL

A cerveja chegou ao Brasil junto com as colônias de emigrantes europeus: vários comerciantes se instalaram no país e começaram a vender a bebida que até então era quase desconhecida, influenciando os costumes da época. Não há como precisar a data em que se iniciou a produção de cervejas no país, porém o primeiro registro conhecido é um anúncio de venda de cerveja brasileira no Jornal do Comércio do Rio de Janeiro, de 27 de outubro de 1836, (SILVA, 2016). Santos (2003) afirma que a primeira cervejaria a produzir em escala industrial o líquido surgiu entre 1870 e 1880, em Porto Alegre.

De acordo com cálculo preliminar da CervBrasil (2015), Associação Brasileira da Indústria da Cerveja, o setor cervejeiro investiu cerca 4,3 bilhões de reais. Ainda segundo a mesma associação, o setor gerou cerca de 2,7 milhões de empregos diretos e indiretos, e respondia por quase 2% do PIB brasileiro, 15% do total da indústria de transformação. A produção atingiu aproximadamente 14 bilhões de litros de cerveja, e gerou R\$ 21 bilhões em impostos.

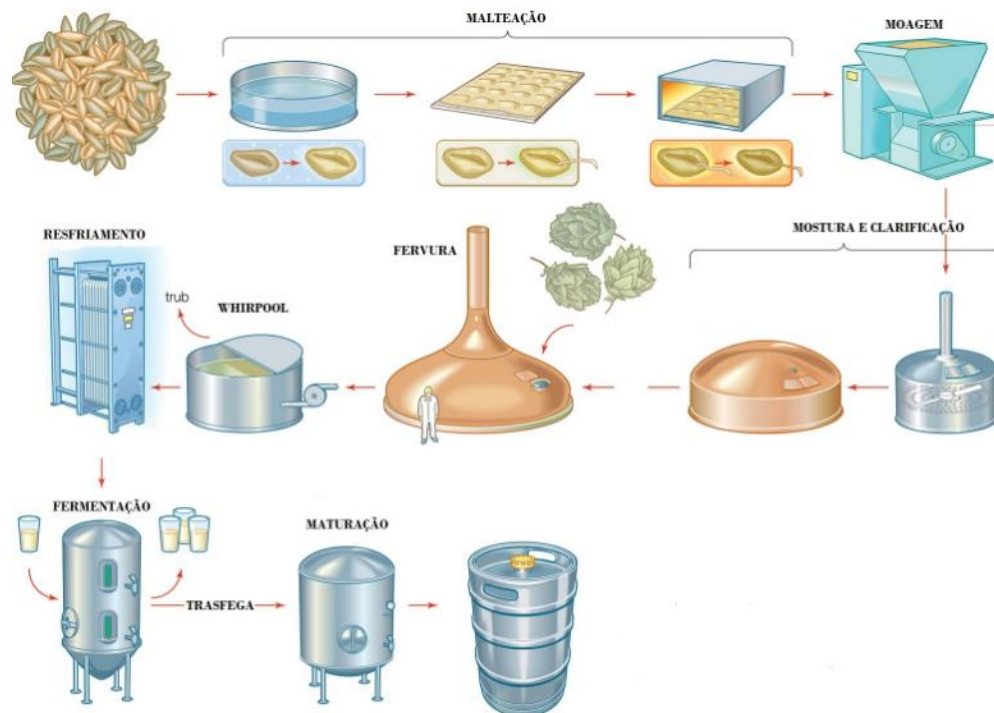
## 2.3 PROCESSO DE PRODUÇÃO CERVEJEIRA

O processo de produção cervejeira possui várias etapas que ocorrem de forma sequenciada, onde uma etapa só pode iniciar ao final da etapa anterior. Produzir cerveja divide-se em basicamente 8 etapas, segundo (DIAS, 2015), as quais estão listadas abaixo:

- i. Moagem: a fim de possibilitar uma rápida extração dos açúcares do malte de cevada, a casca do cereal deve moída para expor o amido que vai sofrer processo catabólico e será fracionada em porções de açúcares mais simples.

- ii. Brassagem: nesta fase o malte moído será adicionado a uma determinada proporção de água entre temperaturas que podem variar de 62°C a 69°C, durante uma a duas horas, sofrerá degradação do amido, transformando-o em açúcares simples fermentescíveis, denominado mosto cervejeiro.
- iii. Filtração ou Clarificação: esta etapa consiste unicamente em separar os grãos de cevada do mosto cervejeiro.
- iv. Fervura: após o processo de clarificação do mosto, o líquido sofrerá adição de lúpulo e será fervido por, pelo menos, uma hora para que seja possível extrair amargor e óleos essenciais do lúpulo, e também esterilizar o mosto a fim de evitar agentes contaminantes.
- v. Resfriamento: após a fervura o mosto é resfriado à temperaturas de 8°C a 15°C.
- vi. Fermentação: nesta etapa é inoculado a levedura, responsável por realizar o processo fermentativo, onde serão gerados o álcool e dióxido de carbono, como principais compostos. A partir desta etapa, o mosto já se tornou cerveja.
- vii. Maturação: após fermentada a cerveja ainda vai apresentar muita turbidez devido às leveduras ainda estarem em suspensão no líquido, a maturação serve como etapa de estabilização, onde à temperaturas próximas de 0°C estes compostos sólidos decantam e clareiam a cerveja.
- viii. Envase: aqui a cerveja já está pronta e será armazenada em barris, garrafas ou latas.

Figura 3: Etapas de produção cervejeira



Fonte: Enciclopedia britânica (2003)

#### 2.4 Histórico da Manutenção

Com o acirramento dos mercados globalizados, aumento da competitividade e intensa competição, a função manutenção vem ganhando mais destaque nos setores de atuação das empresas, especialmente nos últimos meses do século passado, compreendendo quase todos os níveis hierárquicos. Isto se dá ao fato da necessidade de as empresas do setor produtivo precisarem sempre incrementar sua eficiência, buscando a excelência operacional para reduzir custos dos quais os de manutenção fazem parte e representam um dos grandes componentes de custos controláveis (FLEMING & FRANÇA, 1997) (PARDUE apud GOUWS & GOUWS, 1997).

Todavia, manutenção não é um conceito recente, ela acompanha toda a história da evolução dos equipamentos, desde o início da primeira revolução industrial, com o advento das máquinas a vapor até os itens físicos.

Para MONCHY(1987), “o termo manutenção tem sua origem no vocábulo militar, cujo sentido era manter nas unidades de combate o efetivo e o material num nível constante de aceitação”.

Para SLACK et. Al (2002), a manutenção deve possuir os seguintes objetivos:

- Redução de custos;

- Maior qualidade dos produtos;
- Maior segurança;
- Melhor ambiente de trabalho;
- Maior vida útil dos equipamentos;
- Maior confiabilidade dos equipamentos
- Instalações da produção com maior valorização
- Maior poder de investimentos
- Preservação do meio ambiente

Kardec e Nascif (2009), defendem que nos últimos 30 anos, a manutenção profundas transformações, em consequência de fatores como o aumento do número e diversidade dos itens que devem ser mantidos, projetos mais complexos, novas técnicas de manutenção, novos enfoques sobre sua organização e suas responsabilidades, importância da manutenção como função estratégica para melhoria contínua dos resultados e incremento da competitividade, entre outros. Defendem também, que a manutenção pode ser definida em 4 gerações:

A primeira geração é associada ao período anterior à Segunda Guerra Mundial, quando a indústria ainda possuía pouca mecanização, os equipamentos eram simples e superdimensionados. A manutenção era predominantemente corretiva não planejada (KARDEC e NASCIF, 2009).

A segunda geração ocorreu entre os anos 1950 e 1970, neste período pós Segunda Grande Guerra, houve elevado incremento da mecanização e da complexidade das instalações industriais. Ganha força o conceito de manutenção preventiva, que nessa época consistia em intervenções nos equipamentos feitas em intervalos fixos. Começam a muito ser usados, os sistemas de planejamento e controle de manutenção, assim como a busca por meios com a finalidade de aumentar a vida útil dos itens físicos (KARDEC e NASCIF, 2009).

A terceira geração data da década de 70, quando se acelerou o processo de mudança das indústrias, devido à onda da tecnologia da informação. Houve um reforço do conceito e utilização da manutenção preditiva e o desenvolvimento de *softwares* que permitiram melhor planejamento, controle e acompanhamento dos serviços de manutenção. Entra em evidência o conceito de confiabilidade, no Brasil,

por exemplo, o processo de Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC ou RCM em inglês) tem sua implantação apenas na década de 90. Mas apesar dessa busca por maior confiabilidade, a falta de interação nas áreas de engenharia, manutenção e operação impedia que resultados melhores pudessem ser alcançados, logo a frequência de falhas prematuras era elevada (KARDEC e NASCIF, 2009).

Na quarta geração da manutenção há uma consolidação das atividades de Engenharia da Manutenção, que tem na Disponibilidade, Confiabilidade e Manutenibilidade as três maiores justificativas de sua existência. A Manutenção prioriza a minimização de falhas prematuras, por isso a análise de falhas é uma metodologia consagrada como capaz de melhorar a performance dos equipamentos e da empresa. A manutenção preditiva é cada vez mais utilizada, há uma tendência na redução do uso da manutenção preventiva, uma vez que ela demanda paralização dos equipamentos e sistemas, e a manutenção corretiva não-planejada se torna um indicador da ineficácia da manutenção. A interação entre as áreas de engenharia, manutenção e operação é um fator de garantia de metas. Por fim, uma grande mudança dessa geração foi o aprimoramento da terceirização, buscando uma relação de parceria de longo prazo (KARDEC e NASCIF, 2009).

O Quadro 1 demonstra a evolução da manutenção pelas quatro gerações descritas pelos autores:

Quadro 1: Evolução da Manutenção

EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO									
	Primeira Geração		Segunda Geração		Terceira Geração		Quarta Geração		
Ano	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	
Aumento das expectativas em relação à Manutenção	.Conserto após a falha		.Disponibilidade crescente .Maior vida útil do equipamento		.Maior confiabilidade .Maior disponibilidade .Melhor relação custo-benefício .Preservação do Meio ambiente		.Maior confiabilidade .Maior disponibilidade .Preservação do meio ambiente .Segurança  .Influir nos resultados do negócio .Gerenciar os ativos		
Visão quanto à falha do	.Todos os equipamentos se desgastam com a idade e, por isso, falham		.Todos os equipamentos se comportam de acordo com a Curva da banheira		.Existência de 6 padrões de falhas		.Reduzir drasticamente Falhas prematuras		
Mudança nas técnicas de Manutenção	.Habilidades voltadas para o reparo		.Planejamento anual da manutenção  .Computadores grandes e lentos  .Manutenção Preventiva (por tempo)		.Monitoramento da condição  .Manutenção preditiva  .Análise de risco  .Computadores pequenos e rápidos .Softwares potentes .Grupos de trabalhos multidisciplinares  .Projetos voltados para a confiabilidade  .Contratação por mão de obra e serviços		.Aumento da Manutenção Preditiva e Monitoramento da Condição .Minimização nas Manutenções Preventiva e Corretiva não Planejada .Análise de Falhas  .Técnicas de confiabilidade .Manutenibilidade .Engenharia de Manutenção  .Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e Custo do Ciclo de Vida  .Contratação por resultados		

Fonte: Kardec e Nascif, 2009

## **2.5 Manutenção no Brasil**

Desde 1985, a ABRAMAN pesquisa e divulga bienalmente os indicadores de performance da Manutenção e Gestão de Ativos nos principais setores de produtos e serviços que movimentam a economia brasileira. Como exemplo, são pesquisados e levantados índices distribuídos em áreas de enfoque como Forma de Atuação, Nível Hierárquico, Pessoal Próprio, Quadro Técnico, Rotatividade e Contratação de Pessoal, Contratação e Conceito dos Serviços, Critérios na Contratação, Composição dos Custos, Aplicação dos Recursos - Pessoal, Qualidade na Manutenção, Custo por Faturamento, Disponibilidade Operacional, Idade Média, Valor de Estoque e Segurança Industrial.

Assim, o Documento Nacional - A Situação da Manutenção no Brasil representa uma detalhada análise da situação da função em todo o Brasil, sendo inclusive adotado como "benchmark" por profissionais, estudantes, pesquisadores e gerentes das maiores empresas nacionais e internacionais, além dos principais veículos de comunicação de massa.

Assim, ao longo deste trabalho, de acordo com a revisão da literatura a respeito de conceitos relacionados com Manutenção, serão utilizados dados do Documento Nacional da ABRAMAN para traçar considerações a respeito da situação da Manutenção no Brasil, de acordo com a apresentação dos tópicos.

## **2.6 TIPOS DE MANUTENÇÃO**

Os tipos de manutenção são caracterizados pela maneira como é feita a intervenção no sistema. Neste trabalho, serão descritas seis práticas básicas de manutenção, consideradas como principais por diversos autores. São elas: manutenção corretiva planejada e não-planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e engenharia de manutenção (COSTA, 2013).

### **2.6.1 Manutenção Corretiva**

É a forma mais primitiva de manutenção que existe, predominante na primeira geração da manutenção na definição de Pinto e Xavier (2002). Para SLACK et al. (2002, p. 625) "significa deixar as instalações continuarem a operar até que quebrem. O trabalho de manutenção é realizado somente após a quebra do equipamento ter ocorrido [...]". Apesar de esta definição apontar para uma

manutenção simplesmente entregue ao acaso, essa abordagem ainda se subdivide em duas categorias: planejada e não-planejada.

OTANI & MACHADO (2008, p.4) definem manutenção corretiva não planejada ocorre sempre quando a ação é realizada após a falha ou desempenho abaixo de um determinado ativo, sem que haja um planejamento prévio. Isto implica em baixa confiabilidade, altos custos, podendo, em alguns casos comprometer a qualidade do produto e/ou causar danos irreversíveis a este ativo.

Manutenção corretiva planejada, segundo OTANI & MACHADO (2008, p.4) parte de uma decisão gerencial de operar até a falha. Como o próprio nome este tipo de ação, mesmo que corretiva, é planejada, o que implica em custos menores, mais segurança e rapidez que a não planejada.

A maioria das indústrias não baseia sua gerência em uma filosofia de manutenção corretiva, estas realizam tarefas básicas de prevenção como lubrificação, calibração e ajustes de máquinas, mesmo em um ambiente de manutenção corretiva, (ALMEIDA, 2000).

ALMEIDA (2000), no entanto, ressalva que, apesar de simples, este tipo de gerenciamento de manutenção, pode requerer custos altíssimos, associados a: estoque de peças sobressalentes, trabalho extra, custo ociosidade de máquina, baixa disponibilidade de produção e retrabalhos, e estes custos tendem a aumentar caso o tempo de reação se prolongue, devido à escassez de recursos na empresa. Ainda segundo ALMEIDA (2000), a análise dos custos de manutenção indica que um reparo realizado no modo corretivo-reativo terá em média um custo cerca de 3 vezes maior que quando o mesmo reparo for feito dentro de um modo programado ou preventivo.

### **2.6.2 Manutenção Preventiva**

Manutenção Preventiva: toda manutenção realizada em máquinas que não estejam em falha operacional, efetuados em períodos determinados previamente, objetivando reduzir probabilidade de falhas, (SLACK *et al*, 2002).

Os reparos e recondiçionamentos de máquinas, na maioria das empresas, são planejados a partir de estatísticas, sendo a mais largamente usada a curva do tempo médio para falha (ALMEIDA, 2000). A aplicação deste tipo de gerenciamento apresenta vantagens quando comparada com o tipo anterior de manutenção, nas quais consistem no fato de elevar a confiabilidade e a disponibilidade de equipamentos na rotina da empresa e possuir menor custo. O grande problema desta abordagem é

basear-se em critérios estatísticos de tempo sem, no entanto, avaliar outras características específicas de cada equipamento que afetem a sua depreciação.

Xenos (1998, p. 24) demonstra a vantagem do emprego da manutenção preventiva em relação à manutenção corretiva:

(...) a frequência de falhas diminui, a disponibilidade dos equipamentos aumenta e também diminuem as interrupções inesperadas da produção. Ou seja, se considerarmos o custo total, em várias situações a manutenção preventiva acaba sendo mais barata que a manutenção corretiva, pelo fato de se ter domínio das paradas dos equipamentos, ao invés de se ficar sujeito às paradas inesperadas por falhas nos equipamentos.

### **2.6.3 Manutenção Preditiva**

É a manutenção que realiza acompanhamento de variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas e equipamentos, com o objetivo de parametrizar o melhor momento para se realizar a intervenção, otimizando o aproveitamento do ativo (OTANI e MACHADO, 2008 *apud* COSTA, 2013).

Kardec e Nascif (2009) afirmam que há condições necessárias para se implementar uma manutenção preditiva: o equipamento, sistema e instalação devem permitir monitoramento/medição e merecer esse tipo de ação e as falhas devem ser oriundas de causas que possam ser monitoradas e ter seu devido acompanhamento.

A manutenção preditiva possui alguns objetivos definidos por Kardec e Nascif (2009, p. 45):

Seu objetivo é prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento de parâmetros diversos, permitindo a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível. Na realidade, o termo associado à Manutenção Preventiva é o de prever as condições dos equipamentos. Ou seja, a Manutenção Preditiva privilegia a disponibilidade à medida que não promove a intervenção nos equipamentos ou sistemas, pois as medições e verificações são efetuadas com o equipamento produzindo.

### **2.6.4 MANUTENÇÃO DETECTIVA**

A manutenção detectiva começou a ser destacada a partir da década de 90, ela está associada a detecção de falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção, em sistemas de proteção, comando e controle.

Consiste em verificações no sistema, feitas por especialistas, sem tirá-lo de operação, que são capazes de detectar falhas ocultas, e podem corrigir a situação, mantendo o sistema operando (KARDEC e NASCIF, 2009, p. 49).

Logo, a manutenção detectiva é especialmente importante quando o nível de automação dentro das indústrias aumenta ou o processo é crítico e não suporta falhas (COSTA, 2013).

### **2.6.5 ENGENHARIA DA MANUTENÇÃO**

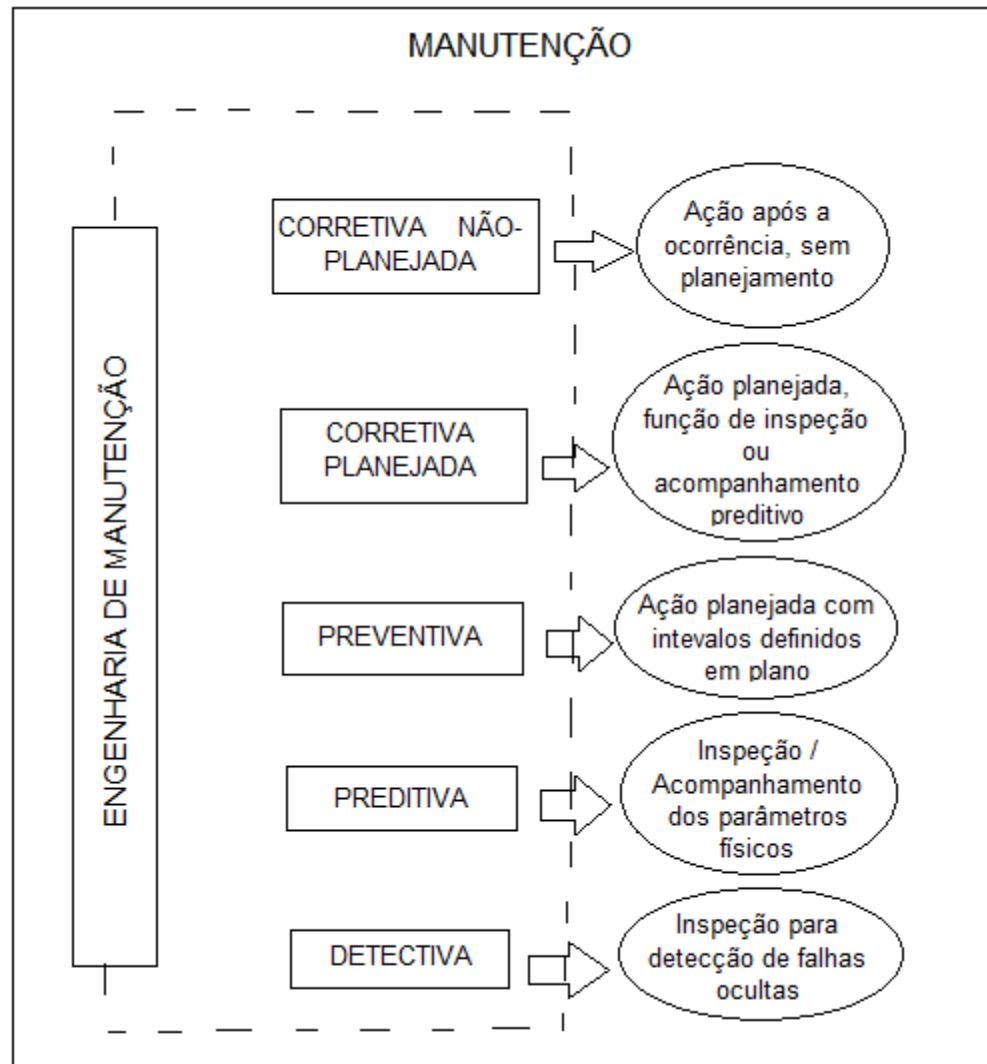
A engenharia de manutenção está relacionada a mudança cultural das organizações, uma quebra de paradigma, muito ligada a implantação de melhorias contínuas e mudanças na rotina das atividades da área de manutenção (FREITAS, 2016).

A aplicação da engenharia de manutenção implica na análise e proposta de melhorias utilizando os dados que o sistema de preditiva colhe e armazena, ou seja, a engenharia de manutenção utiliza dados adquiridos pela manutenção, com o objetivo de melhoria contínua. Com o objetivo de aumentar a confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e segurança; eliminar problemas crônicos e solucionar problemas tecnológicos; melhorar a capacitação pessoal e gerir materiais e sobressalentes; dar suporte à execução e fazer análise de falhas; elaborar planos de manutenção, acompanhar indicadores e zelar pela documentação técnica (KARDEC e NASCIF, 2009).

A empresa que pratica engenharia de manutenção, está constantemente alimentando seu banco de dados, não apenas realizando preditiva, e essas informações são usadas para a constante melhoria dos processos e atividades de manutenção (FREITAS, 2016).

A figura 4 demonstra vários tipos de manutenção e como a engenharia da manutenção se posiciona neste cenário.

Figura 4: tipos praticados de manutenção



Fonte: Kardec & Nascif (2009)

## 2.7 IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PARA PRODUÇÃO

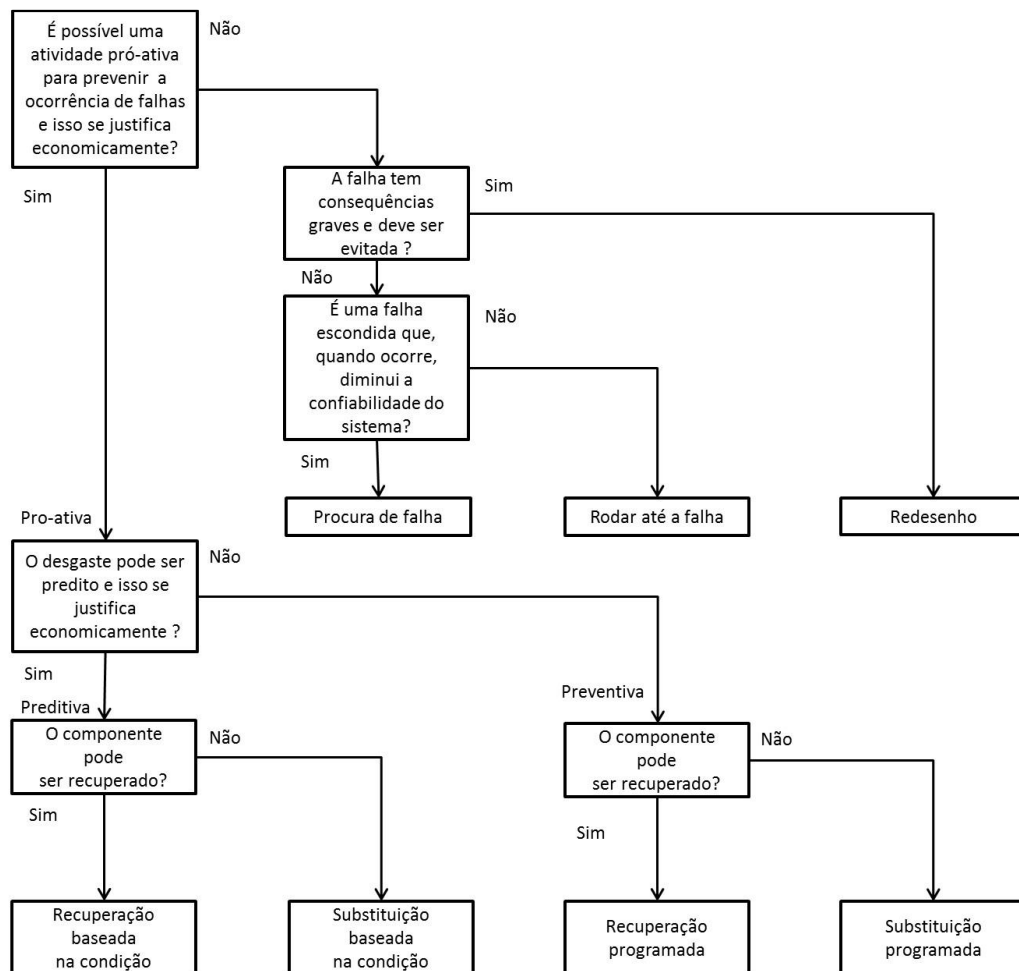
Em qualquer organização, os ativos são necessários para produzir produtos ou prestar serviços e podem ser definidos como componentes ou dispositivos de hardware eletrônico ou mecânico, produtos de software ou sistemas ou processos de fabricação. A manutenção tem como objetivo melhorar a confiabilidade dos ativos em uma organização garantindo que estejam disponíveis para executar funções específicas, quando necessárias, de uma forma economicamente viável (GULATI, 2013).

Em alguns casos, a manutenção é necessária para aumentar a eficácia operacional, receitas e satisfação dos clientes, ao mesmo tempo em que reduzem os custos de suporte, tornando-se um dos maiores desafios que as empresas de produção enfrentam nos dias atuais. Para isso, é necessário alinhar a estratégia de

manutenção com a logística e, também, manter-se atualizado com as melhores práticas atuais (KOTHAMASU; HUANG; VERDUIN, 2009).

O diagrama apresentado na Figura 5 pode ser utilizado no auxílio para definição da atividade de manutenção adequada a cada item e seu respectivo modo de falha, de modo que a primeira questão é verificar se é possível antecipar falhas e, em caso positivo, encaminhar para atividades preditivas ou preventivas. Contudo, muitas vezes, a predição não pode ser feita, devido à impossibilidade ou alto custodas medições ou avaliações associadas a esta e, neste caso, a recomendação é o uso de manutenção preventiva, quando o reparo ou a substituição são feitos a intervalos predefinidos (FOGLIATO; RIBEIRO, 2009).

Figura 5: Diagrama para tomada de decisão referente à manutenção



Fonte: FOGLIATO & RIBEIRO (2009)

A gestão da manutenção passou a receber mais atenção nos últimos anos, e com razão, pois com a alta produtividade e alto custo de capital das modernas máquinas de produção, bem como o alto custo de manutenção dessas unidades que

levam para uma abordagem com foco no aumento da eficiência da função de manutenção que inclui: a manutenção centrada na fiabilidade, a produtividade total da manutenção, manutenção baseada em condições, manutenção computadorizada baseada em sistemas de gestão, sistemas de auditoria entre outros (LEME, 2017)

### **3 METODOLOGIA PROPOSTA**

Conforme descrito na seção 1.5, este trabalho tem por objetivo, com base no estado da arte, análise e percepção da realidade da empresa em questão, elaborar um planejamento e controle da manutenção que se adeque da melhor forma às características dessa empresa, de modo que o planejamento e controle da manutenção tenha boa aplicabilidade. Dessa forma, foi definida uma metodologia de implantação condizente com as necessidades da empresa.

Como já mencionado na seção 2.2, o processo de produção cervejeira consiste basicamente em oito etapas sequenciadas, onde cada etapa só inicia após concluída a anterior. Face ao exposto, na empresa estudada não há um documento formal que padroniza a execução das atividades voltadas para a manutenção, não há registros do período das intervenções ocorridas, tampouco seus respectivos custos.

Por se tratar de uma indústria familiar de pequeno porte, possuindo 4 funcionários, cujas decisões são tomadas de forma muito centralizada, a atenção acabar sendo direcionadaa assuntos voltados para questão financeira, e até o momento não se conseguiu desenvolver um sistema de programação e controle da manutenção que objetivasse melhorias dentro da organização.

#### **3.1 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS**

O presente estudo estrutura-se metodologicamente sob as formas exploratória e descritiva, com a utilização de procedimentos importantes para a investigação que contribuiu significativamente para o êxito das metas e objetivos propostos.

Neste caso, o objetivo foi a utilização das técnicas padronizadas de coleta de dados, como: as entrevistas e a observação direta, com a finalidade de observar, identificar, registrar e analisar as características ou variáveis que se relacionam com os processos presentes na produção cervejeira, objeto e cenário da pesquisa, e de interesse dos pressupostos e objetivos previamente delineados para posterior determinação dos resultados.

O método de procedimento adotado nesta pesquisa foi o estudo de caso realizado em uma empresa de bens de consumo do setor cervejeiro, a partir de informações obtidas com o cervejeiro, assim como com o dono da cervejaria e resultados da observação direta, referentes ao processo de produção da bebida, e objetivamente visando identificar como funciona na empresa a questão da manutenção de equipamentos, e como o atual método empregado interfere nas condições da produção.

O método utilizado foi “estudo de caso”, que tem como característica fundamental ser um estudo intensivo, visando à compreensão do assunto investigado como um todo, pois todos os aspectos do caso são investigados com grande intensidade para o alcance dos objetivos da pesquisa.

O procedimento de coleta de dados foi realizado com base nas experiências do responsável pela produção, o cervejeiro, e nos relatos mencionados pelo responsável técnico da manutenção. Este levantamento possui o objetivo de colher informações importantes que revelem particularidades da atual prática de manutenção feita na empresa, e como ela impacta o cotidiano dos funcionários.

A pesquisa teve a duração de 10 meses, iniciando em 02/2018 com término em 11/2018. O trabalho foi executado em tarefas e com estas seguem os objetivos específicos da pesquisa, nomeadamente: compreender a estrutura organizacional em termos de organização da produção e do trabalho; revelar o ponto de vista do responsável pela produção acerca do trabalho de manutenção; compreender o *modus operandi* da cervejaria em análise.

Para compreender a empresa e o contexto a qual ela está inserida foi necessário seguir algumas etapas:

- Entrevista com o dono da empresa e cervejeiro responsável pelas operações de rotina da produção.

- Análise do processo produtivo: foram coletadas informações detalhadas do processo, e através de análise ser capaz de determinar, necessidade de inspeções e manutenções.

- Coletar dados de manutenções já realizadas. Neste caso, não foi encontrado nenhum documento estruturado, manual de manutenção, nem especificações técnicas dos equipamentos presentes na empresa.

- Registro e análise das informações adquiridas: análise de todos os dados levantados pelas etapas anteriores objetivando a elaboração de uma proposta de controle da manutenção.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 DETALHAMENTO DA PRODUÇÃO CERVEJA PILSEN**

Na empresa estudada, o principal estilo de cerveja produzida é a Pilsen, onde segundo fontes da ABRACERVA (2017), é o estilo mais consumido no Brasil e no mundo, corresponde a cerca de 90% do volume total de cervejas produzidas no Brasil. De acordo com o guia de estilos cervejeiros BJCP (2015), a cerveja Pilsen, pertence à família Lager (baixa fermentação), se caracteriza por ser uma cerveja clara, translúcida, com aparência que varia de palha a dourado claro, de espuma branca de longa retenção. No sabor há um equilíbrio entre o malte, lúpulo e levedura, que conferem ao paladar uma sensação de amargor médio baixo, leve predominância de caráter maltado, refrescância devido ao corpo baixo (densidade que varia de 1.008 SG a 1.013 SG), baixo retrogosto (persistência de sabor na boca após ingestão da bebida), alta carbonatação. No aroma apresenta caráter rico de malte e lúpulo, este último remete à aromas florais e herbais provenientes do tipo de lúpulo utilizado na produção.

Para que este produto atinja as características esperadas para o estilo em questão, a produção inicia com a moagem dos grãos de cevada maltada tipo pilsen, em seguida estes grãos moídos são levados à tina de mostura 1\* onde serão cozidos por um período de aproximadamente 75 minutos, em uma proporção de 1kg de cevada/3L de água filtrada. Esta etapa é fundamental, pois é nela que o amido da cevada sofrerá, através de uma reação físico-química, degradação, sendo convertidos em frações menores de açúcares – monossacarídeos, dissacarídeos e trissacarídeos, estes açúcares serão posteriormente convertidos em álcool e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no processo de fermentação, que será explanado em parágrafos seguintes.

Após a etapa de mostura, tem-se o mosto primário (solução de açúcares de alta densidade, sem presença de álcool), no entanto este mosto é bifásico, nele está contido os grãos de cevada. Para separar o líquido do sólido o mosto é bombeado para a tina de filtragem 2\*, esta possui um fundo falso vazado, que retém os grãos na parte superior do fundo falso, abaixo, somente o mosto líquido. Em seguida este mosto líquido concentrado é transferido de volta à tina 1, para ser posteriormente fervido.

Neste mosto primário será adicionado um determinado volume de água para fazer a sua diluição, tem-se neste momento o mosto secundário.

Após o mosto secundário ser transferido para a tina 1, inicia-se a fervura. Esta etapa tem por objetivo coagular as proteínas de alto e médio peso molecular, esteriliza o mosto para que ele não venha a apresentar agentes contaminantes que podem danificar a qualidade do produto, volatilizar compostos sulfurados indesejáveis, e é nesta etapa que ocorre a adição de lúpulos, ingredientes que agregarão o amargor característico da bebida, através da isomerização do composto alfa-ácido, que ocorre acima de 86°C (STRONG, 2011).

Ao fim da fervura, o mosto já lupulado necessita ser resfriado rapidamente a uma faixa de temperatura para serem inoculadas as leveduras (fungos da espécie *Saccharomyces cerevisiae*), em torno de 6°C a 22°C (STRONG, 2011). Este resfriamento acontece no trocador de calor tipo Chiller de placas, exposto na figura 7. O funcionamento deste equipamento é simples e ocorre da seguinte maneira: o mosto quente passa de uma entrada do trocador de calor (chiller) para a saída através de canais, formados por placas de metal. Da mesma forma a água fria passa de uma entrada do trocador de calor, mas em sentido reverso para outra saída. Estes fluidos não se misturam, pois passam por canais distintos. Porém estes canais, formados por placas, trocam calor entre si de forma muito eficiente. Contra fluxo é uma configuração mais eficiente de troca de calor, pois em teoria, o fluido frio atinge a mesma temperatura do fluido quente na saída.

Figura 6: Chiller de Placas



Fonte: Mestrebrew (2015)

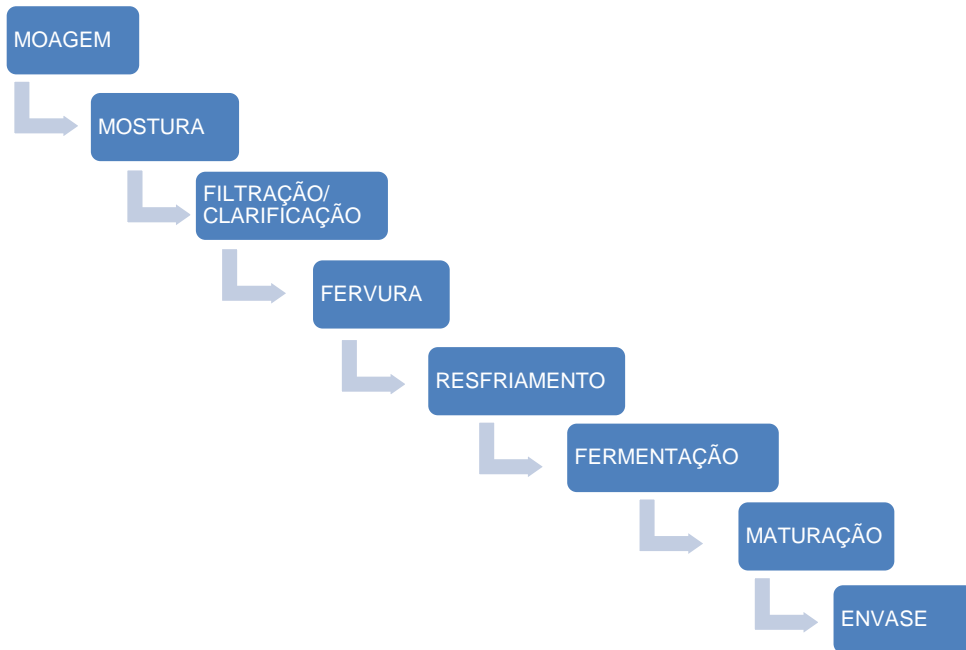
Após resfriado, o mosto é transferido através de bombas centrífugas para o tanque de fermentação. Estes tanques de fermentação possuem temperatura controlada para garantir um ambiente saudável às leveduras, para que estes microorganismos realizem o processo fermentativo sem grandes variações de temperatura (entre 9°C a 15°C). Nesse momento é formado o álcool e dióxido de carbono. Esta fase dura cerca de 7 a 11 dias.

Ao final da fermentação, a cerveja passará pelo processo de maturação. Esta é uma etapa de acabamento, onde a cerveja permanecerá em torno de 10 a 14 dias em temperatura de 0°C. A maturação é importante, pois é nela que os compostos sólidos decantam, isto proporciona à cerveja o aspecto cristalino de sua aparência, clarifica e arredonda os sabores e aromas da bebida, confere ao produto o fortalecimento de suas qualidades.

E por último, ocorre o envase. O produto ao cumprir todo o seu ciclo de sua elaboração é envasado em barris de 20L, 30L ou 50L, que serão comercializados aos mais variados pontos de vendas da cidade.

A imagem a seguir demonstra de forma clara o sequenciamento das etapas de produção cervejeira na empresa.

FIGURA 7: fluxo de produção cervejeira



FONTE: Autor (2018)

## 4.2 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DAS ETAPAS DE PRODUÇÃO DA CERVEJA

### 4.2.1 Bombas Hidráulicas

#### 4.2.1.1 Definição

No circuito hidráulico, as bombas são equipamentos rotativos utilizados para converter energia mecânica em energia hidráulica (vazão) em fluidos pressurizados, podendo aumentar sua velocidade (energia cinética) com o objetivo de efetuar ou manter o deslocamento de um líquido por escoamento.

A ação mecânica cria um vácuo parcial na entrada da bomba, permitindo que a pressão atmosférica force o fluido do tanque, através da linha de sucção, a escoar. A bomba, por sua vez, passará o fluido para a abertura de saída, forçando-o sob pressão através do sistema hidráulico.

Em um projeto de uma bomba hidráulica, deve-se sempre considerar o volume de descarga e a pressão.

As bombas fornecem a pressão necessária a um líquido para vencer a resistência ao escoamento num sistema de tubagens. Deve-se lembrar que a bomba fornece fluxo (vazão) e não pressão.

Para este estudo será analisado bombas do tipo centrífuga, pois são estas que são empregadas na cervejaria.

#### 4.2.1.2 Principais componentes da bomba centrífuga

A seguir são descritos os principais componentes de uma bomba centrífuga, ilustrada na figura 9.

- Impulsor (rotor): Rotor é o componente giratório, dotado de pás que tem a função de transformar a energia mecânica de que é dotado em energia de velocidade e energia de pressão. Em função da velocidade específica da bomba, o rotor pode ser do tipo radial, semi-axial ou axial;

- Gaxetas: material deformável, utilizado para prevenir ou controlar a passagem de fluidos entre duas superfícies que possuam movimento, uma com relação a outra. Podem ser confeccionadas em fibras vegetais, minerais ou sintéticas;

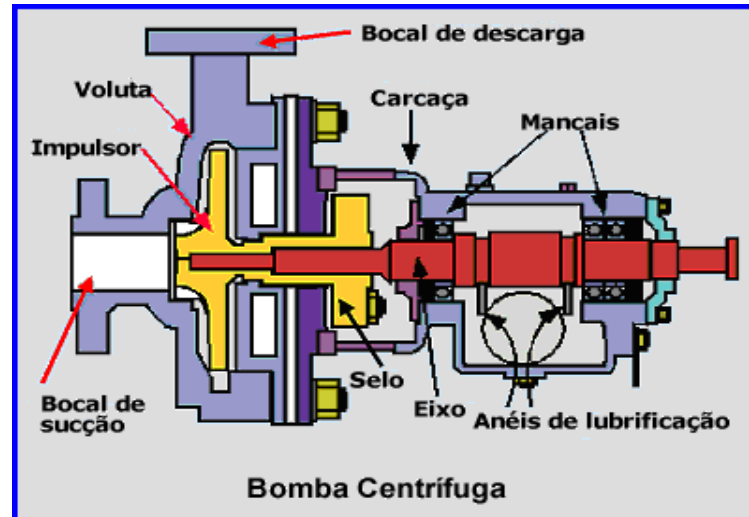
- Mancais: têm a função de suportar o peso do conjunto girante, forças radiais e axiais que ocorrem durante a operação. Os mancais que suportam as forças radiais são chamados de mancais radiais e os que suportam forças axiais são chamados de mancais axiais;

- Eixo: transmite o torque do acionador ao rotor. O eixo é projetado para que tenha uma deflexão máxima pré-estabelecida quando em operação, evitando-se desta forma que as folgas entre as peças rotativas e estacionárias se alterem em operação, evitando-se desgaste e maior consumo de energia;

- Carcaça: converter parte da energia cinética do fluido em energia de pressão e principalmente, servir de direcionador do fluido da saída do rotor;

- Anéis de desgaste: peças montadas só na carcaça (estacionário), só no rotor (girante) ou em ambos, e que mediante pequena folga operacional, fazem a separação entre regiões onde imperam as pressões de descarga e sucção, impedindo desta forma um retorno exagerado de fluido de descarga para a sucção;

FIGURA 8: PRINCIPAIS COMPONENTES DE BOMBA HIDRÁULICA



FONTE: LIMA (2009)

#### 4.2.1.3 Defeitos de funcionamento e causas prováveis

Ao analisar as falhas mais comuns em bombas hidráulicas e método mais adequado para sua correção. É importante ressaltar que muitas vezes as falhas apresentadas podem possuir a mesma causa provável.

As falhas operacionais de uma bomba hidráulica podem possuir três possibilidades para sua natureza, sendo estas: falhas elétricas, falhas hidráulicas e falhas mecânicas.

As causas originadas por falhas elétricas são em menor potencial se comparada às demais, por este motivo torna-se fácil sua identificação e solução. A tabela 2 relaciona a falha à sua causa provável.

Tabela 2: falhas em bombas hidráulicas e suas prováveis causas de natureza elétrica

FALHAS ELÉTRICAS	FALHA		CAUSA PROVÁVEL
	1	Bomba funciona, mas não extrai mosto	Motor com rotação insuficiente
	2	Bomba fornece vazão inferior	Rotação abaixo do normal
	3	Bomba sobrecarrega o motor	Rotação acima do normal
	4	Motor superaquecido	Bitolas de fios inferior ao recomendado pela norma padrão NBR

Fonte: Autor (2018)

As falhas hidráulicas possuem maior frequência dentre as falhas de naturezas elétricas e mecânicas, porém se não forem tratadas com o devido rigor podem ocasionar danos de magnitude elevada, que podem induzir à falhas elétricas e mecânicas, desta forma, a vida útil do equipamento será reduzida, resultando em custos superiores de manutenção. A tabela 3 demonstra as falhas de origem hidráulicas com suas prováveis causas.

Tabela 3: falhas e suas prováveis causa de natureza hidráulica

FALHAS HIDRÁULICAS	FALHAS		CAUSA PROVÁVEL
	1	Bomba funciona, mas não extrai mosto	Bomba ou tubulação com ar
	2	Bomba fornece vazão inferior	Entrada de ar pela sucção, desentupir válvula
	3	Bomba sem escorva	Entrada de ar na tubulação
	4	Bomba sobrecarrega motor	Alura manométrica inferior ao recomendado
	5	Bomba perde escorva	Usar bomba auto escorvante
	6	Bomba sem recalque	NPSH insuficiente
	7	Bomba com funcionamento intermitente	Cavitação

Fonte: Autor (2018)

As falhas mecânicas constituem uma das mais importantes e sistemáticas de todo o equipamento. Oriunda da existência de elementos mecânicos que estão

sujeitos a inconformidades, seja ela de defeito de fabricação, falha na montagem, desgaste natural dos componentes, uso incorreto, lubrificação precária, erros no plano de manutenção, dentre outros. A tabela 4 relaciona estas falhas de natureza mecânica às suas prováveis causas.

Tabela 4: falhas e suas prováveis causas de natureza mecânica

FALHAS MECÂNICAS	FALHAS		CAUSA PROVÁVEL
	1	Válvulas obstruídas	Vibrações elevadas
	2	Superaquecimento da bomba	Mancal ou rolamento com defeito
	3	Nível de ruído elevado	Rolamento apresentando falha, desbalanceamento
	4	Bomba sem recalque	Selo apresentando falha, rotor desgastado
	5	Cavitação	Rotor desgastado
	6	Eixo desalinhado/ empenado	Mancal sem lubrificação, vibração elevada
	7	Motor não dá partida	Eixo travado ou rolamentos avariados

Fonte: Autor (2018)

#### 4.2.1.4 Tarefas operacionais de manutenção

As bombas hidráulicas são equipamentos de suma importância na fábrica de cerveja, pois têm a função de transportar o mosto cervejeiro entre as tinas de brassagem, e das tinas para os tanques fermentadores. Os funcionários devem atentar para quaisquer anormalidades que estas bombas venham a apresentar, para evitar que estes sinais se concretizem em resultados negativos para a empresa, causando prejuízos com manutenção corretiva, perda de eficiência na produção, atrasos, ou até mesmo comprometer a qualidade do produto.

Para evitar manutenções corretivas não planejadas destas bombas é necessário realizar intervenções periódicas para avaliar o estado desses equipamentos e tomar as devidas providências. Estas manutenções devem possuir padrões tanto na sua forma de atuar, quanto na sua periodicidade.

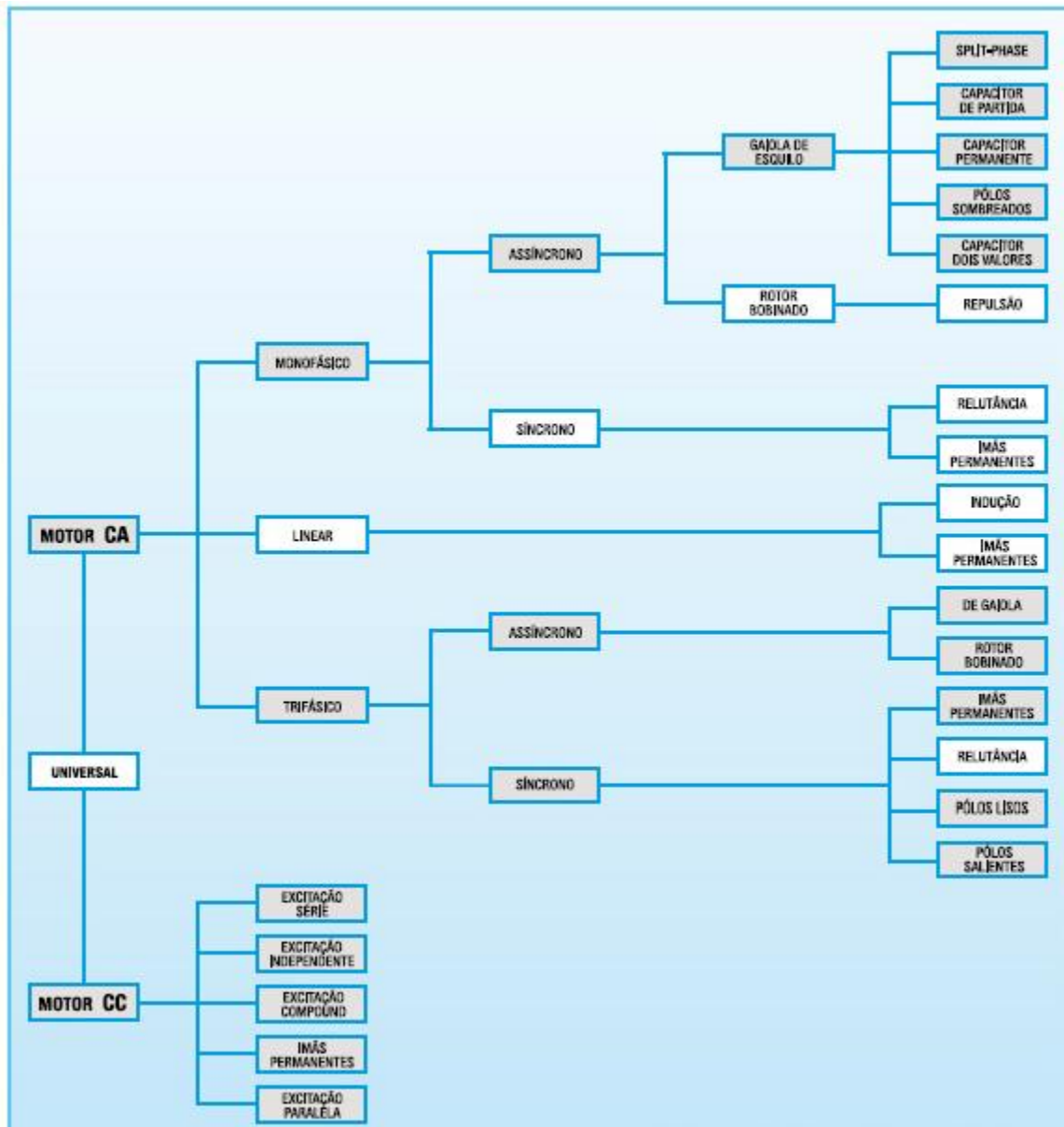
#### 4.2.2 Motores elétricos

##### 4.2.2.1 Definição

O motor elétrico é um dispositivo cuja finalidade é converter energia elétrica a ele aplicada em energia mecânica através de interações eletromagnéticas entre as

partes que o constituem. A figura 10, extraída do manual de motores elétricos WEG, demonstra o diversificado universo dos motores elétricos.

Figura 9: Universo de Motores Elétricos



Fonte: Oliveira (2009)

Independente do modo de fabricação, o princípio básico de funcionamento dos motores é o mesmo: alimenta-se a parte fixa do motor com energia elétrica, criando-se nesta área um ímã eletromagnético cujo campo magnético oscila. Este campo criará uma força magnética na parte móvel do motor que irá mover-se para tentar acompanhar a variação do campo magnético, convertendo em energia cinética.

Como pode-se observar na figura 10, os motores se dividem entre motores CC (Corrente Contínua) e motores CA (Corrente Alternada). Na empresa estudada todos os motores empregados são CA do tipo Motor trifásico assíncrono, ou motor de indução. Por este motivo, apenas serão abordados os conceitos referentes a: motores de CA, do tipo motor trifásico assíncrono, ou motor de indução.

#### 4.2.2.2 Motor elétrico de corrente alternada

Os motores de corrente alternada baseiam seu funcionamento no princípio do *campo girante*. Este motor possui a sua alimentação em corrente alternada (abreviação CA). Motores elétricos são usados para converter energia elétrica em energia mecânica a fim de produzir trabalho em um sistema. Especificamente, a energia rotacional é produzida a partir da força de campos magnéticos induzidos pela corrente alternada que flui através de bobinas elétricas.

O motor de corrente alternada é usado para fornecer energia para uma grande variedade de sistemas, variando desde pequenos servomecanismos até grandes máquinas industriais. A maioria dos motores de corrente alternada consistem em dois componentes principais: um estatore um rotor.

Figura 10: Motor Elétrico de Corrente Alternada



Fonte: <https://www.citisystems.com.br/motor-eletrico/>

##### 4.2.2.2.1 Motor trifásico assíncrono, ou motor de indução

O motor elétrico de indução trifásico, como os motores em geral, é composto fundamentalmente de duas partes: uma fixa, o estator, e uma móvel, o rotor. Diferentemente dos demais tipos de motores, entretanto, a única parte do motor de indução que recebe alimentação de energia elétrica é o estator, enquanto o rotor não

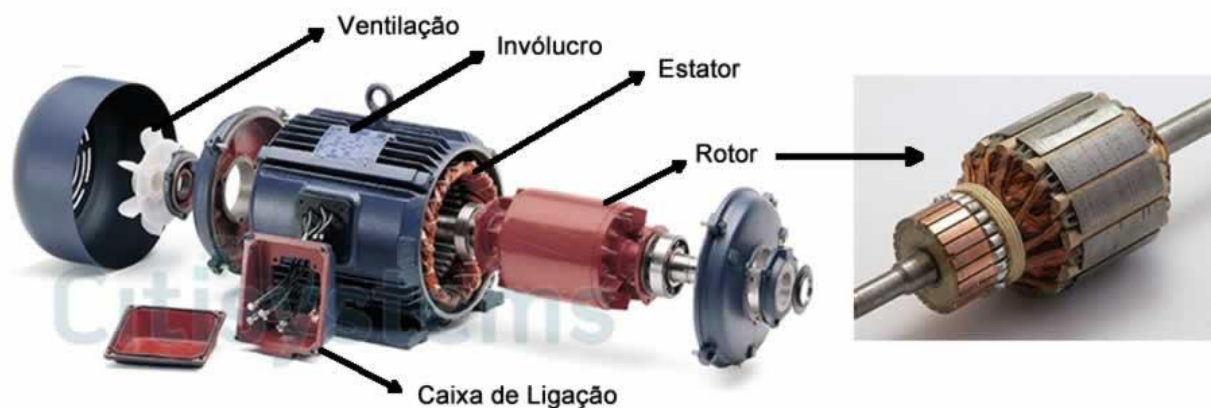
tem alimentação elétrica alguma. Outra diferença no rotor do motor de indução, é que ele normalmente não tem espiras. Embora alguns motores de indução, para aplicações mais específicas, tenham os rotores bobinados, a maioria dos motores de indução tem um tipo de rotor conhecido como *rotor em gaiola de esquilo*.

#### 4.2.2.2 Principais componentes de um motor elétrico trifásico assíncrono

- Rotor: O rotor é uma haste, com uma pilha de barras condutoras uniformemente espaçadas no seu núcleo. Durante a operação, o núcleo do rotor interage com o campo magnético gerado pelos enrolamentos do estator, fazendo com que o rotor gire e produza torque.

- Estator: é basicamente um anel de metal com fendas que prendem as bobinas de fio isolado em um núcleo de aço. A corrente alternada passa então por esses fios para produzir um campo magnético rotativo.

Figura 11: componentes de motor elétrico trifásico assíncrono



Fonte: <https://www.citissystems.com.br/motor-eletrico/>

#### 4.2.2.3 Tarefas operacionais de manutenção

##### 4.2.2.3.1 Ventilação adequada

O fluxo de ar carrega consigo poeira e materiais leves que obstruem aos poucos as aberturas e canais e impedem a passagem do ar e a dispersão normal de calor, o que eleva fortemente o aquecimento do motor.

No entanto, não é difícil encontrar nas indústrias, motores instalados em espaços exíguos que limitam a circulação do ar, provocando aquecimentos excessivos.

Portanto, para assegurar o bom funcionamento das instalações, devem ser tomadas precauções quanto à limpeza de orifícios e aletas da ventilação e o ambiente na qual está instalada:

- limpar cuidadosamente os orifícios de ventilação;
- limpar as aletas retirando a poeira e materiais fibrosos;
- garantir que o local de instalação do motor permita livre circulação de ar, sem causar incômodos aos que transitarem por ali;
- verificar o funcionamento do sistema de ventilação auxiliar e a livre circulação do ar nos dutos de ventilação

#### *4.2.2.3.2 Controle da temperatura ambiente*

De forma geral, a temperatura limite suportada pelos isolantes do motor é calculada para o funcionamento num ambiente com temperatura de 40°C. Portanto, é importante verificar e controlar a temperatura ambiente para não ultrapassar os valores para os quais o motor foi projetado.

#### *4.2.2.3.3 Degradação dos isolantes elétricos*

A vida útil de um isolante pode ser drasticamente reduzida se houver um sobreaquecimento representativo do motor. As principais causas da degradação dos isolantes são: sobretensão de linha, sobreintensidade de corrente nas partidas, depósito de poeira formando pontes condutoras, ataque por vapores ácidos ou gases arrastados pela ventilação.

Para prevenir a degradação desses isolantes, recomendamos abaixo algumas medidas a serem tomadas:

- Equipar os quadros de alimentação com aparelhos de proteção e comandos apropriados e verificar periodicamente seu funcionamento;
- Aproveitar os períodos de parada dos motores para limpar as bobinas dos enrolamentos.

- Caso necessário, instalar filtros nos sistemas de ventilação dos motores, proporcionando-lhes manutenção adequada.
- Colocar os motores em lugares salubres.
- Equipar os motores com dispositivos de alarme e proteção contra curtos-circuitos.

#### *4.2.2.3.4 Fixação correta dos motores e eliminação de vibrações*

Um motor nunca deve ser fixado numa inclinação qualquer de seu eixo sem que se tenha certeza de suas características próprias.

Vibrações anormais causam uma redução no rendimento do motor: elas podem ser 42requênci42a de uma falha no alinhamento, de uma fixação insuficiente ou defeituosa do motor em sua base, de folgas excessivas dos mancais, ou ainda de um balanceamento inadequado nas partes giratórias.

Para controlar este problema, deve-se agir preventivamente nos mancais, posição de repouso dos rotores dos motores elétricos, assim como das partes móveis das máquinas.

#### *4.2.2.3.5 Lubrificação correta dos mancais*

É importante saber que a uma temperatura de 40°C, a vida útil de um rolamento de esferas em funcionamento contínuo pode ser de 3 a 4 anos ou mais. No entanto, para cada 10°C de elevação da temperatura de trabalho a vida útil diminui, em média, 50%.

A correta lubrificação dos rolamentos, além de permitir um melhoria de rendimento, evita a elevação da temperatura que prejudica a vida útil desses equipamentos.

A lubrificação dos rolamentos é feita geralmente com graxa mineral. Quando as temperaturas de operação forem elevadas (de 120°C a 150°C) ou as velocidades de rotação forem acima de 1.500 rpm, usa-se óleo mineral para a lubrificação. Esses óleos devem ter características lubrificantes adequadas às condições de trabalho.

Nos motores de pequena potência, a lubrificação inicial na montagem é prevista de modo a assegurar um número elevado de horas de funcionamento. Às vezes, a reserva de graxa é suficiente para toda a vida útil do equipamento. Nos

motores maiores há necessidade de lubrificação externa. A frequência de lubrificação depende do projeto dos mancais e das características dos lubrificantes utilizados.

#### 4.2.2.4 Falhas mais frequentes

DEFEITO	CAUSAS
Queima na bobina auxiliar ou de partida	Causada normalmente pela não abertura do conjunto centrífugo-platinado, deixando esta bobina ligada por mais tempo que o especificado. Objetos estranhos que penetram no interior do motor poderão provocar este defeito
Curto-circuito na conexão	Defeito de isolamento, causado, caracteristicamente, por contaminações, abrasão, ou oscilação de tensão
Curto-circuito contra a massa, na saída da ranhura	Defeito de isolamento, causado, caracteristicamente, por contaminações, abrasão, ou oscilação de tensão
Curto-circuito entre espiras	Defeito de isolamento, causado, caracteristicamente, por contaminações, abrasão, ou oscilação de tensão
Queima por sobrecarga	A queima total do isolamento em todas as fases do enrolamento trifásico, origina-se na sobrecarga do motor. Subtensões e sobretensões provocarão o mesmo tipo de falha
Curto-circuito entre fases	Defeito de isolamento, causado, caracteristicamente, por contaminações, abrasão, ou oscilação de tensão

Fonte: Araújo & Santos (2009)

## 4.2.3 Tanques de fermentação alcoólica

### 4.2.3.1 Definição

Os tanques onde a cerveja fermenta e matura são de extrema importância para a qualidade da bebida. Todo o processo dura em torno de 17 a 24 dias e precisa ter a temperatura constantemente controlada. Para isso, os tanques são equipados com mantas térmicas que, por meio do glicol (mistura de água e álcool), mantém a temperatura de acordo com o necessário para cada tipo de cerveja.

Ao final da fermentação da cerveja, é preciso retirar o fermento do líquido. Para facilitar esse processo, os tanques de fermentação/maturação são projetados com o formato cilindro-cônico, o que faz com que o fermento desça até o fundo do recipiente e fique acumulado, até o momento da retirada. Esse formato contribui, também, no esvaziamento e limpeza dos tanques.

Os tanques podem ser instalados em ambiente refrigerado (neste caso não possuem isolamento térmico), ou ao ar livre, com sistemas individuais de refrigeração à base de glicol ou amônia.

Os tanques fermentadores utilizados pela indústria cervejeira são feitos de aço inoxidável (normalmente AISI 304) ou, como em alguns casos, aço carbono revestido internamente com resina sintética atóxica. Na empresa estudada os tanques utilizados para fermentação são esfero-cônicos, também constituídos de aço inox (espessura de chapa: 8mm); sua parte superior é esférica e a inferior dotada de um cone com ângulo de 60°. O corpo esférico e o cone são dotados de camisa de refrigeração. O isolamento constitui-se em uma camada de 220mm de espessura de lã de vidro.

### 4.2.3.2 Tarefas operacionais de manutenção

#### 4.2.3.2.1 Inspeção diária

Primeiro de tudo, durante o uso diário de fermentadores, o pessoal deve fazer um bom trabalho nas inspeções relacionadas. Por exemplo, se as conexões de entrada e saída de ar estiverem vazando, quando as conexões forem apertadas para resolver o problema, a embalagem deverá ser adicionada ou substituída. Além disso, devemos prestar atenção à inspeção regular do manômetro e da válvula de segurança, se houver falha em trocar ou reparar imediatamente. Lembre-se de que o instrumento de suporte deve ser calibrado uma vez por ano para garantir o uso normal.

#### 4.2.3.2.2 Limpeza dos fermentadores

A limpeza dos fermentadores é uma tarefa muito importante, e deve ser realizada de forma muito eficiente. Como a cerveja passa maior parte do tempo nos fermentadores refrigerada, é nesta fase que ocorre maior incidência de contaminação microbiológica.

A técnica de limpeza e esterilização de fermentadores empregada na indústria alimentícia, em especial cervejeira, é o CIP. Esta técnica consiste em um sequenciamento de atividades pré estabelecidas para higienização e sanitização do equipamento. A tabela abaixo demonstra as etapas do CIP:

TABELA 6: Etapas do CIP

<b>FASE</b>	<b>OBJETIVO</b>
PRÉ-LAVAGEM COM ÁGUA	REMOVER SUJIDADES GROSSEIRAS
LIMPEZA COM SOLUÇÃO ALCALINA	REMOVER RESTO DE RESÍDUO (PRINCIPALMENTE PROTEÍNA E GORDURA)
LAVAGEM OU ENXAGUE INTERMEDIÁRIA COM ÁGUA	REMOVER PRODUTOS QUÍMICOS DE LIMPEZA E SÓLIDOS DISSOLVIDOS NESTE
LIMPEZA COM SOLUÇÃO ÁCIDA	REMOVER RESÍDUOS MINERAIS
LAVAGEM OU ENXAGUE	REMOVER PRODUTOS QUÍMICOS DE LIMPEZA
DESINFECÇÃO/SANITIZAÇÃO	REDUZIR A CARGA MICROBIANA A NÍVEIS SEGUROS
ENXÁGUE FINAL	REMOVER DESINFETANTES

Fonte: Autor (2018)

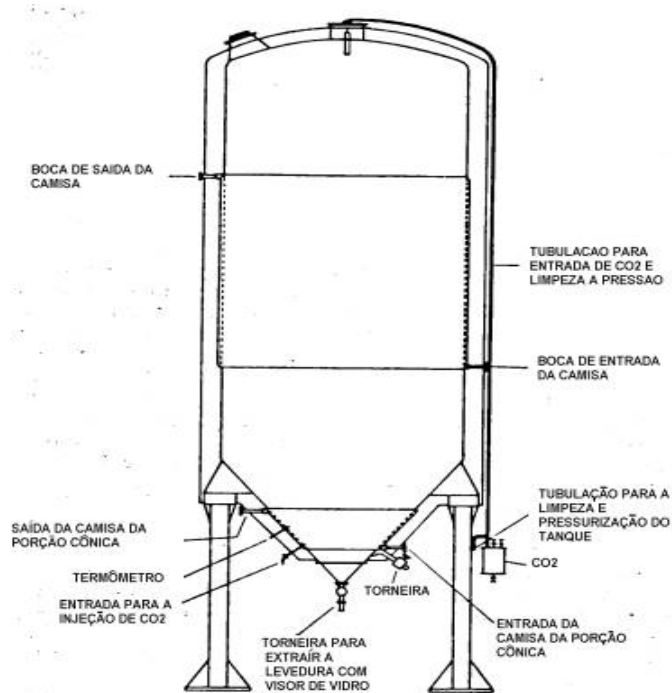
#### 4.2.3.2.3 Isolamento térmico

Durante o projeto sobre instalação de fermentadores, deve-se levar em conta o meio em que o fermentador será colocado. Com a intenção de proteger o equipamento de altas e baixas temperaturas do meio, e que conseqüentemente possam afetar a funcionalidade do fermentador.

#### 4.2.3.2.4 Altas pressões no fermentador

O fermentador jamais pode ser utilizado na sua capacidade máxima, pois durante o processo fermentativo ocorre a liberação de volumes muito grandes de CO<sub>2</sub>, fazendo aumentar a pressão interna a níveis críticos para o equipamento, isto não somente pode danificar o fermentador, como também causar muitos riscos para os que trabalham no local. Na figura 12, tem-se um fermentador dotado de seus componentes.

Figura 12: fermentador e seus componentes



Fonte: <http://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/prcerea/cerveja/ferme.htm>

#### 4.2.3.2.5 Falhas frequentes e suas respectivas causas

DEFEITO	CAUSA
Sensor termo-elétrico danificado	Oxidação pela humidificação do sensor durante lavagem do fermentador
Curto circuito no controlador	Defeito de isolamento, causado, caracteristicamente, por contaminações, abrasão, ou oscilação de tensão
Manômetro desregulado ou danificado	Choques mecânicos, colisões com o aparelho durante o dia a dia de produção

## **4.2.4 OUTROS EQUIPAMENTOS COM MENOR FREQUÊNCIA DE DEFEITOS**

### **4.2.4.1 Placas trocador de calor (chiller)**

Os trocadores de calor são equipamentos utilizados para transferir calor de um meio a outro, independentemente destes meios estarem separados por um bloqueio sólido ou possuírem contato direto. Costumam ser utilizados em diversas aplicações, como é o caso de aquecedores, processamento de gás natural e condicionamento do ar, por exemplo. No entanto, para que este equipamento funcione da maneira adequada, é necessário manter a manutenção em trocadores de calor em dia.

A manutenção em trocadores de calor deve ser feita por empresas especializadas no segmento da refrigeração, pois elas contam com o trabalho de profissionais extremamente treinados e capacitados para qualquer situação. Além disso, possuem toda a estrutura necessária para possibilitar o trabalho desses profissionais e garantir os melhores resultados, fazendo com que identifiquem e solucionem o problema da maneira mais rápida possível. No entanto, realizar procedimento de limpeza nas placas após brassagem já reduz de forma significativa as chances de defeitos neste equipamento.

### **4.2.4.2 Filtros**

Em linhas gerais, os filtros devem ser utilizados em cascata, ou seja, do filtro mais grosseiro para o mais fino. Isso evita a saturação dos filtros mais finos em pouco tempo de uso. Filtros tem vida útil limitada. A vida útil depende do tipo de filtragem, da água a ser filtrada, do filtro em si e do tempo de uso do equipamento. Em média, na cervejaria estudada, os filtros precisavam ser substituídos a cada 5 produções, algo em torno de 5.000L de água filtrada. Os filtros se posicionavam sequenciados, o primeiro de porosidade maior de 25 micra, o segundo 5 micra, e o último 1 micra (constituído de carvão ativado).

## **4.5 CONCEPÇÃO DE UM PLANEJAMENTO PARA MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA MICRO CERVEJARIA**

Essa etapa pode ser considerada fundamental para a mudança de conceito de manutenção da empresa, pois esta aborda a manutenção preventiva no cenário atual da organização, que só realiza corretiva não-planejada.

É importante salientar que nenhum roteiro deve ser seguido de forma rigorosa, sem adaptações para as necessidades vigentes. Cada cervejaria deve apresentar suas particularidades, e isto deve ser levado em consideração no planejamento de manutenção.

O ritmo de produção, as especificidades de cada operação devem ser levadas em consideração para que se atinja, de forma gradual, a plena execução do roteiro de manutenção. Neste trabalho sugere-se detalhes práticos de manutenção preventiva que deverão ser adotados para alguns equipamentos, que possuem alta frequência de falhas, e que podem comprometer não somente os gastos da empresa, como as operações do dia a dia e a qualidade de seu produto.

#### **4.5.1 Mão-de-obra**

Como mencionado anteriormente, por se tratar de uma empresa de pequeno com somente quatro funcionários, que operam um dia de trabalho de 8 horas, 1 hora para pausa de almoço, de segunda a sexta, aos sábados o turno é reduzido para somente 4 horas, o que inviabiliza, devido aos custos e demanda da empresa, criar um setor voltado unicamente para a manutenção da cervejaria.

Atualmente a manutenção dos equipamentos elétricos é feita por um técnico de refrigeração autônomo. Este prestador de serviço não fica todo o tempo na empresa para dar suporte aos funcionários quando algum equipamento falha. Quando ocorre o imprevisto de um determinado equipamento falhar, o cervejeiro responsável liga para o telefone do técnico que, se disponível no momento, se dirige à cervejaria para solucionar a falha do equipamento.

As falhas ocorrem de forma muito frequente na empresa para os equipamentos listados nos tópicos anteriores deste capítulo, e causa muitos transtornos para todos que estão envolvidos na produção da cervejaria. A falta de um documento que auxilie a forma e a periodicidade das manutenções é um dos maiores obstáculos que a empresa detém atualmente, baixa confiabilidade dos seus ativos industriais.

Este documento de manutenção irá manter a responsabilidade da manutenção com o técnico, porém servirá de guia para o cervejeiro e demais funcionários serem capazes de atuarem em problemas de menor proporção, tornando-os capazes de monitorar o funcionamento dos equipamentos quanto à sua funcionalidade, se apresenta ou não anomalias que devam ser averiguadas. O Cervejeiro, responsável pelas operações diárias da fábrica, deverá registrar todas as intervenções que vierem a ser realizadas em cada equipamento.

#### 4.5.2 Treinamento

É fundamental propiciar aos funcionários que atuam na produção, sempre que possível, oportunidades de aperfeiçoamento técnico através de, por exemplo, mini-cursos de mecânica. O cervejeiro responsável necessita de ter competências para conseguir identificar defeitos ocultos nos equipamentos. Esta capacitação técnica de pessoal deve ser gradual e com foco no médio prazo, pois este saber dos colaboradores permitirá que a empresa avance no quesito manutenção para práticas mais modernas como um TPM.

#### 4.5.3 Determinação de atividades de manutenção preventiva e respectivas periodicidade

A seguir estão listadas as atividades de manutenção necessárias para cada um dos equipamentos apresentados como gargalos da produção na cervejaria.

O quadro abaixo apresenta as manutenções e periodicidade para bombas hidráulicas da empresa.

Tabela 6: manutenção e periodicidade para falhas para bombas hidráulicas

		MANUTENÇÃO	PERIODICIDADE
FALHAS ELÉTRICAS	1	Ajustar tensão do motor, por vários motivos podem estar ocorrendo oscilações na tensão do motor, fiação inadequada, motor acionado por inversor com parâmetros incorretos, desbalanceamento de tensão - desequilíbrio de tensão e/ou de corrente de fases	6 MESES
	2	Corrigir tensão, capacitância falha ou capacitores com aplicação inadequada, podem gerar ingerência da corrente.	6 MESES
	3	Ajustar tensão do motor, por vários motivos podem estar ocorrendo oscilações na tensão do motor, fiação inadequada, motor acionado por inversor com parâmetros incorretos, desbalanceamento de tensão - desequilíbrio de tensão e/ou de corrente de fases	6 MESES
	4	Seguir as instruções da NBR 5410, aplicar instalação conforme indicado pelo fabricante da bomba	6 MESES
FALHAS HIDRÁULICAS	1	Realizar vedação correta nas conexões, corrigir falhas ou defeitos na válvula pé de crivo, e corrigir falhas no selo ou gaxeta	2 MESES

	2	Corrigir falha ou defeitos na válvula pé crivo, realizar vedação correta nas conexões, verificar o'rings	2 MESES
	3	Corrigir falha ou defeitos na válvula pé crivo, realizar vedação correta nas conexões, verificar o'rings	2 MESES
	4	Justar a altura manométrica, aplicar bomba autoescorvante, bomba centrífuga injetora, regular abertura de válvula de passagem	2 MESES
	5	Corrigir falha ou defeitos na válvula pé crivo, realizar vedação correta nas conexões, verificar o'rings (quando aplicado), corrigir falhas e defeitos na gaxeta ou selo mecânico	2 MESES
	6	Diminuir a altura geométrica negativa ou aumentar em caso positivo (altura geométrica da linha de sucção, adequando ao nível dinâmico do reservatório) diminuir a velocidade do fluido aumentando o diâmetro da tubulação de sucção; reduzir acessórios na linha de sucção, assim diminui a perda de carga e entrada de ar na tubulação de sucção	6 MESES
	7	Diminuir a altura geométrica negativa ou aumentar em caso positivo (altura geométrica da linha de sucção, adequando ao nível dinâmico do reservatório); diminuir a velocidade do fluido aumentando o diâmetro da tubulação de sucção; reduzir acessórios na linha de sucção, assim reduz a perda de carga; alterar o diâmetro do rotor (aplicar em último caso, reduz o rendimento da bomba)	6 MESES
	FALHAS MECÂNICAS	1	Desobstruir válvulas passagem, o trabalho em circuito fechado provoca a recirculação aumentando a pressão do sistema, elevando a vibração da bomba, podendo provocar desbalanceamento ou desalinhar o eixo
2		Lubrificar o mancal de acordo com a recomendação do fabricante, montagem de acordo com as folgas recomendadas	2 MESES
3		Substituir rolamento, aplicar lubrificação recomendada, desbalanceamento.	2 MESES
4		Aplicar o selo ou gaxeta apropriada para o fluido bombeado evitando desgaste pré-maturo, rotor desgastado por partículas suspensas maiores que o recomendado ou por processo de cavitação, partículas suspensas aplicar filtro de linha	4 MESES
5		Substituição de rotor	12 MESES

	6	Lubrificar conforme o recomendado pelo fabricante o mancal, pois o atrito excessivo provoca desalinhamento no mancal em relação ao eixo, provocando o aumento da vibração do equipamento e super aquecimento do mesmo	1 MÊS
	7	Fazer revisão e substituir as peças desgastadas, desobstruir e lubrificar o eixo.	4 MESES
FALHAS MECÂNICAS	1	Desobstruir válvulas passagem, o trabalho em circuito fechado provoca a recirculação aumentando a pressão do sistema, elevando a vibração da bomba, podendo provocar desbalanceamento ou desalinhar o eixo	2 MESES
	2	Lubrificar o mancal de acordo com a recomendação do fabricante, montagem de acordo com as folgas recomendadas	2 MESES
	3	Substituir rolamento, aplicar lubrificação recomendada, desbalanceamento.	2 MESES
	4	Aplicar o selo ou gaxeta apropriada para o fluido bombeado evitando desgaste pré-maturo, rotor desgastado por partículas suspensas maiores que o recomendado ou por processo de cavitação, partículas suspensas aplicar filtro de linha	4 MESES
	5	Substituição de rotor	12 MESES
	6	Lubrificar conforme o recomendado pelo fabricante o mancal, pois o atrito excessivo provoca desalinhamento no mancal em relação ao eixo, provocando o aumento da vibração do equipamento e super aquecimento do mesmo	1 MÊS
	7	Fazer revisão e substituir as peças desgastadas, desobstruir e lubrificar o eixo.	4 MESES
<b>MOTOR ELÉTRICO</b>			
<b>MANUTENÇÃO</b>			<b>PERIODICIDADE</b>
limpar cuidadosamente os orifícios de ventilação			mensal
limpar as aletas retirando a poeira e materiais fibrosos			mensal
cuidar para que o local de instalação do motor permita livre circulação de ar			2 em 2 meses
verificar o funcionamento do sistema de ventilação auxiliar e a livre circulação do ar nos dutos de ventilação			bimestral
verificar temperatura dos isolantes do motor			bimestral

Verificar qualquer desprendimento de fumaça	semanal
Verificar as condições de isolamento	semestral
observar ruídos e vibrações intempestivas	semanal
observar sinais de superaquecimento e anotar as temperaturas durante a operação.	mensal
observar o estado dos mancais	trimestral
observar a vida útil média dos mancais	anual
trocar a posição de repouso dos rotores dos motores elétricos, assim como das partes móveis das máquinas	anual
respeitar os intervalos de lubrificação	trimestral
para os mancais lubrificados a óleo, verificar os anéis de retenção e utilizar o óleo recomendado	semestral
observar a temperatura dos mancais em operação	mensal
<b>FERMENTADORES</b>	
<b>MANUTENÇÃO</b>	<b>PERIODICIDADE</b>
Realizar CIP	Imediatamente após esvaziar o fermentador
Trocar sensores termo-elétricos	trimestral
Identificar ruídos e super aquecimentos no controlador	trimestral
aferir com multímetro a amperagem do controlador	trimestral
troca de manômetro danificados	anual
<b>FILTROS, CHILLER DE PLACAS</b>	
<b>MANUTENÇÃO</b>	<b>PERIODICIDADE</b>

TROCAR REFIS DOS FILTROS	A CADA 6 LOTES DE PRODUÇÃO
Limpeza com solução de Soda Cáustica a 80°C	A cada lote produzido

Fonte: Autor (2018)

## 5 COMENTÁRIOS FINAIS

### 5.1 CONCLUSÕES

O objetivo deste capítulo é buscar uma reflexão considerando a pesquisa realizada, e como avança sobre o conhecimento da situação da manutenção industrial, estabelecendo um diálogo entre os resultados desta pesquisa e os constructos teóricos relacionados á produção de cerveja.

De acordo com o que foi apresentado, pode-se concluir que o trabalho foi elaborado com o objetivo de estruturar um planejamento e controle e manutenção preventiva que melhor satisfizesse as demandas da empresa estudada, bem como iniciar dentro do meio acadêmico um estudo que aborda a questão da manutenção industrial no mercado emergente das cervejas artesanais, e oferecer um documento que possa auxiliar estas organizações de pequeno e médio porte a lidarem de forma mais madura com seus ativos industriais.

A importância da manutenção para a produção cervejeira é ressaltada a partir da descrição de todas as atividades de intervenção preventiva nos equipamentos listados.

A aplicação deste plano de controle de manutenção traz benefícios gerais para a população, não somente à empresa onde o tema foi abordado, pois ele reflete a realidade da grande maioria de fábricas de pequeno e médio porte que sofrem com falhas constantes de seus equipamentos de produção, causando graves prejuízos econômicos à empresa, assim como acarreta uma série de outros problemas no âmbito operacional e de segurança dos funcionários que trabalham operando esses maquinários.

Além de iniciar no meio acadêmico a discussão sobre técnicas e procedimentos a serem implementados em micro cervejarias, que possuem um numero bem imitado de colaboradores, e têm a manutenção corretiva uma de suas maiores dificuldades e entrave no incremento de competitividade destas empresas.

Espera-se que com a implantação do planejamento para manutenção preventiva elaborado consiga: evitar retrabalhos; complementar o cronograma de manutenção estendendo-o aos demais equipamentos da fábrica; estimular e motivar o senso de responsabilidade dos colaboradores; conseguir maior envolvimento dos operadores nas atividades de manutenção; garantir a disponibilidade e confiabilidade do maquinário; e controlar o desempenho do setor de manutenção. A partir deste material, a empresa deve buscar a melhoria contínua dessas práticas de manutenção e trazer melhorias á este modelo, e isto permita de resultados cada vez melhores.

## **5.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS**

O modelo abordado não agrega questões de custos referentes ao assunto manutenção, certamente um fator de extrema importância em uma análise prática. Mas isto se deve em grande parte devido ao fato de empresa não possuir nenhum dado registrado sobre manutenções realizadas, o que impossibilitou estender o estudo para este nível de aprofundamento,

Portanto, é uma grande oportunidade para aperfeiçoar este estudo contemplando assuntos como custos, segurança do trabalho, e agregar a estes aspectos a elaboração conjunta com um manual de procedimentos operacionais padronizados (POP), pois é sabido que um dos grandes responsáveis pela falha de alguns equipamentos se deve a um incorreto manuseio destes.

## REFERÊNCIAS

- ABRAMAN. Página eletrônica: <<http://www.abraman.org.br>>. Acesso em 17mai. 2018.
- ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2000. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acesso em 1mai. 2018.
- COSTA, Mariana. **Gestão estratégica da manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional**. 2013. 15f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.
- FOGLIATO, F.; RIBEIRO, J. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. 1ª ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- GULATI, R. **MaintenanceandReliability**. Best Practices, 2ª ed., New York: Industrial Press, 2013.
- KARDEC, ALAN e LAFRAIA, JOÃO. **Gestão Estratégica e Confiabilidade**. Rio de Janeiro, 2002. Qualitymark: ABRAMAN.
- KOTHAMASU, R.; HUANG, S.H.; VERDUIN, W.H. System Health MonitoringandPrognostics – A Review ofCurrentParadigmsandPractices. In: MOHAMED BEN-DAYA, M.; DUFFUAA, S. O.; RAOUF, A., KNEZEVIC, J.; AIT-KADI, D. **HandbookofMaintenance Management andEngineering**. 1ª ed. London: Springer, 2009.Cap. 14, p. 337-362.
- LEME, Murilo. **Metodologia de manutenção preditiva para motores elétricos baseada em monitoramento de variáveis físicas e análise multicritério**. 2017. 187f. Tese de Doutorado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.
- MESSERSCHMIDT, P. **Sistematização de conhecimentos para projeto de fermentadaores de cerveja**. 2015. 78f. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, 2015.
- MONCHY, François. **A Função Manutenção**. São Paulo: Durban, 1987.
- MOTORES Elétricos. WEG Equipamentos Elétricos S/A, Jaraguá do Sul, 2008
- NETTO, W. **A importância e a aplicabilidade da manutenção produtiva total (tpm) nas indústrias**. 2008. Trabalho de graduação (graduação Engenharia de produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF, Juiz de Fora, 2008.
- OLIVEIRA, J. *Materiais usados na construção de motores*. 2009. 70f. Seminário Técnico – Pontifícia Universidade Católica, Porto Alegre, 2009.
- OTANI, M.; MACHADO, W. V. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial**. Revista Gestão Industrial. Vol.4, n.2, 2008.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio de A. Nascif. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark:Abraman, 2002

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002.

TAVARES, L. A. **Manutenção centrada no negócio**. 1ª edição. Rio de Janeiro: NAT, 2005.

VERGARA, S. C. **Métodos de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2005.

VIANA, H. PCM, **Planejamento e Controle de Manutenção**. Rio de Janeiro. QualityMark, 2002.

ZEN, Milton Augusto Galvão. **Indicadores de manutenção**. Disponível em: <http://www.mantenimentomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/indicadoresbr.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2018.



Centro de Ciências Naturais e Tecnologia Curso  
de Graduação em Engenharia de Produção  
Tv. Enéas Pinheiro, nº 2626-Marco  
CEP: 66095-100 Belém-PA  
[www.uepa.br](http://www.uepa.br)