

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
SÉRGIO AUGUSTO FREITAS**

**AUMENTO NA EFICIÊNCIA DE EQUIPAMENTOS COM O USO DA
FERRAMENTA DE QUALIDADE ANÁLISE DE FALHAS**

**LAGES
2018**

SÉRGIO AUGUSTO FREITAS

**AUMENTO NA EFICIÊNCIA DE EQUIPAMENTOS COM O USO DA
FERRAMENTA DE QUALIDADE ANÁLISE DE FALHAS**

Trabalho de Pesquisa apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST, como parte dos requisitos para a avaliação da disciplina de TCC I, da turma 3909N.

Orientador: Prof. Especialista Lucas Rafael de Liz.

Coorientador: Prof. Especialista Alisson Ribeiro de Oliveira.

LAGES
2018

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica, 9ª Fase, do Centro Universitário Facvest-Unifacvest.

² Professor Especialista e Orientador do Curso de Engenharia Mecânica.

SÉRGIO AUGUSTO FREITAS

**AUMENTO NA EFICIÊNCIA DE EQUIPAMENTOS COM O USO DA
FERRAMENTA DE QUALIDADE ANÁLISE DE FALHAS**

Trabalho de Pesquisa apresentado ao
Centro Universitário UNIFACVEST,
como parte dos requisitos para a avaliação
da disciplina de TCC II, da turma 3910N.

Orientador: Prof. Especialista Lucas Rafael
de Liz

Coorientador: Prof. Especialista Alisson
Ribeiro de Oliveira.

Lages, SC ___/___/2018. Nota _____

Prof Esp. ALISSON RIBEIRO DE OLIVEIRA.

(Professor da Disciplina – Centro Universitário Facvest - UNIFACVEST)

BANCA EXAMINADORA

Prof Dr. RODRIGO BOTAN.

**(Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica- Centro Universitário Facvest -
UNIFACVEST)**

LAGES

2018

AUMENTO NA EFICIÊNCIA DE EQUIPAMENTOS COM O USO DA FERRAMENTA DE QUALIDADE ANÁLISE DE FALHAS

Sérgio Augusto Freitas¹

Alisson Ribeiro de Oliveira²

RESUMO

Nas indústrias de sucesso em um mundo globalizado como de hoje, tem-se como receita a eficiência e produtividade do seu processo fabril, e este sucesso está diretamente atribuído a uma correta e assertiva manutenção dos equipamentos, garantindo assim maior disponibilidade além de um menor custo de produção, tornando assim a indústria mais competitiva no mercado.

A esta tarefa cabe à engenharia de manutenção, ramo da engenharia mecânica que tem como função cuidar da integridade dos equipamentos e monitorar seu correto funcionamento.

Nesta perspectiva a engenharia de manutenção apropria-se de muitas ferramentas que auxiliam nesta tarefa não muito simples, onde suas ações originam-se da análise e investigação baseadas nos relatos e interpretações fornecidas pelos técnicos de manutenção e especialistas dos equipamentos, sendo a análise de falha uma destas ferramentas.

Neste trabalho será abordado o uso da “análise de falhas” como ferramenta norteadora na identificação e correta intervenção nos equipamentos com maior ineficiência, buscando assim um ganho em eficiência e produtividade.

Palavras-chave: Eficiência. Manutenção. Análise de falha.

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica, 9ª Fase, do Centro Universitário Facvest-Unifacvest.

² Professor Especialista e Orientador do Curso de Engenharia Mecânica.

AUMENTO NA EFICIÊNCIA DE EQUIPAMENTOS COM O USO DA FERRAMENTA DE QUALIDADE ANÁLISE DE FALHAS

Sérgio Augusto Freitas¹

Alisson Ribeiro de Oliveira²

ABSTRACT

In successful industries in a globalized world as today, the efficiency and productivity of its manufacturing process is a recipe, and this success is directly attributed to a correct and assertive maintenance of the equipment, thus guaranteeing greater availability besides a lower cost thus making the industry more competitive in the market.

This task is the maintenance engineering, branch of mechanical engineering whose function is to take care of the integrity of the equipment and to monitor its correct functioning.

In this perspective, maintenance engineering appropriates many tools that help in this task not very simple, where their actions originate from the analysis and investigation based on the reports and interpretations provided by the maintenance technicians and specialists of the equipment, being the analysis of failure one of these tools.

In this work the use of "fault analysis" as a guiding tool will be approached in the identification and correct intervention in the equipment with greater inefficiency, thus seeking a gain in efficiency and productivity

Keywords: Efficiency. Maintenance. Failure rate

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica, 9ª Fase, do Centro Universitário Facvest-Unifacvest.

² Professor Especialista e Orientador do Curso de Engenharia Mecânica.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos.

FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis* (Análise de Modo e Efeito de Falha).

GTQ – Gestão da Qualidade Total.

HH – Homen-hora.

JIPM – *Japan Institute Productive Management*.

MTBF (TMPF) – *Mean time between failures* (Tempo Médio para Falhar).

MTTR (TMPR) – *Mean time to repair* (Tempo Médio Para Reparo).

PCDA – *Plan-Do-Check-Action* (Planejamento-Execução-Verificação-Atuação).

RCM (MCC) – *Reliability-Centered Maintenance* (Manutenção Centrada na Confiabilidade).

SGQ – Sistema de Gestão da Qualidade.

TPM – *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total).

TQM (GQT) – *Total Quality Management* (Gestão pela Qualidade Total).

M.E.S -Manufacturing Execution System (sistema de execução de manufatura)

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Interface do sistema M.E.S.	19
FIGURA 2- Gráfico de ineficiência por equipamentos	20
FIGURA 3- Gráfico de paradas mecânicas e percentual de ineficiência	21
FIGURA 4- Encaixotadora de garrafas	22
FIGURA 5- Layout da linha de engarrafamento da cervejaria	23
FIGURA 6 -Posição da encaixotadora na linha de engarrafamento.....	23
FIGURA 7 - Relato de anomalia mês 03/2018.....	24
FIGURA 8 - Carro de translação da encaixotadora.....	25
FIGURA 9 - Lista de peças do carro de translação	26
FIGURA 10- Rolamento do carro de translação	27
FIGURA 11- bico de lubrificação do rolamento	28
FIGURA 12 - Bomba de lubrificação manual tipo macho e fêmea	29
FIGURA 13 - Bico graxeiro tipo reto.....	30
FIGURA 14 - Bomba manual.....	30
FIGURA 15 -Bico graxeiro instalado no rolamento	31
FIGURA 16- Gráfico de ineficiência por equipamento mês 04/2018	32
FIGURA 17- Gráfico de paradas mecânicas e percentual de ineficiência	33
FIGURA 18 - Relato de anomalia mês 04/2018.....	34
FIGURA 19 - Local de difícil acesso do rolamento.....	35
FIGURA 20 - Troca do sistema de lubrificação.....	36
FIGURA 21 -Pontos de lubrificação centralizado.....	37
FIGURA 22- Gráfico de ineficiência por equipamentos mês 11/2018	38
FIGURA 23- Gráfico de quantidade de falhas mês 03/2018.....	39
FIGURA 24 –Gráfico de quantidade de falhas mês 04/2018.....	39
FIGURA 25 -Gráfico de quantidade de falhas mês 11/2018.....	40

LISTA DE FÓRMULAS

FÓRMULA 1- MTBF 40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1	Manutenção.....	Erro! Indicador não definido.
2.2	Tipos De Manutenção	13
2.2.1	MANUTENÇÃO CORRETIVA	14
2.2.2	MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	14
2.2.3	MANUTENÇÃO PREDITIVA.....	16
2.2.4	ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO	16
3	GESTÃO DA MANUTENÇÃO	17
3.1	TPM (<i>Total Productive Maintenance</i>) ou Manutenção Produtiva Total	18
3.2	RCM (<i>Reliability-Centered Maintenance</i>) ou MCC (Manutenção Centrada na Confiabilidade)	18
4	ESTRATIFICAÇÃO DA FALHA	21
4.1	Priorização Do Equipamento.....	21
4.1.1	Encaixotadora De Garrafas	23
4.2	Identificação Da Falha Com O Uso Da Ferramenta De Análise De Falhas. ..	26
4.2.1	Carro De Translação Da Encaixotadora	27
4.2.2	Rolamento Do Carro De Translação.....	29
4.3	Tratamento Das Ações Propostas Na Análise de Falhas.....	30
5	GESTÃO DO RESULTADO APÓS AÇÕES DECORRENTES DA ANÁLISE DE FALHAS.....	40
6	CONCLUSÃO.....	43
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

Em um cenário globalizado e competitivo, a Manutenção tem se mostrado cada vez mais fundamental, na questão estratégica das organizações. Sua principal função é garantir a disponibilidade e eficiência dos equipamentos. Segundo Monchy (1987, p. 5) a produção é um objetivo evidente da empresa, e a Manutenção é a “ajuda para a produção”.

Paradas não programadas em equipamentos prejudicam os resultados de empresas de todos os ramos, desta forma trabalhar na redução do número e do tempo de paradas não programadas se torna uma forma de garantir uma boa eficiência dos equipamentos, e em consequência a garantia de sucesso de empresas no concorrido mundo globalizado.

Nesse contexto, a Manutenção deve ser assertiva, porque as organizações precisam ser eficientes para sobreviver. De acordo com Pereira (2010, p. 31), a manutenção deve atuar de forma integrada com as demais áreas, dessa forma, a organização mantém os seus processos em sintonia e se torna competitiva.

Apesar de muitas formas de prevenção de falhas em equipamentos, elas acabam ocorrendo, e tratá-las de forma assertiva faz toda a diferença no que se diz respeito à eficiência dos equipamentos. A forma de tratamento destas falhas mede a qualidade da manutenção que estes equipamentos estão recebendo, e cabe a Engenharia de Manutenção agir nestes casos para garantir a disponibilidade dos equipamentos.

Aplicando as ferramentas de qualidade 5W através do relato de anomalia na Linha de engarrafamento da cervejaria, pretende-se, estratificar e tratar a falha que gerou maior parada não programada, buscar um aumento de eficiência destes equipamentos e atuar de forma assertiva na resolução destas falhas.

O objetivo geral deste trabalho será identificar o equipamento com maior ineficiência, analisar as causas e tomar as ações necessárias para que as mesmas não se repitam.

O objetivo específico deste trabalho será, a aplicação das ferramentas de qualidade análise de falhas para :

- Identificar as principais falhas.
- Descobrir a causa fundamental.
- Definir ações para eliminar a falha.
- Monitorar a ocorrência da falha.

Após identificado o equipamento com maior impacto negativo na eficiência da linha de engarrafamento da cervejaria, com o uso do sistema interno M.E.S (Manufacturing Execution System) foi filtrado a maior parada, e utilizado a ferramenta de análise de falhas para traçar as ações de combate a estas paradas, sendo que em um primeiro momento acertou-se o problema, porém a correção não foi eficaz, pois após um determinado período, acompanhado através do indicador **MTBF** – *Mean time between failures* (Tempo Médio para Falhar), a falha acabou se repetindo, então com o uso novamente da ferramenta de análise de falhas, gerou uma nova ação para melhorar o sistema de lubrificação, onde após feita a intervenção no equipamento se mostrou mais eficaz e aumentou a eficiência deste equipamento alavancando os resultados da linha de engarrafamento da cervejaria.

A competitividade das empresas está diretamente ligada à sua produtividade, pois equipamentos eficientes garantem uma boa produção, logo para uma boa eficiência a manutenção correta e o tratamento assertivo de falhas, bem como seu monitoramento será a garantia de sucesso no mercado mundial.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este estudo estará fundamentado em bibliografias citadas nas referências ao final deste trabalho, onde serão mostradas as formas de tratamento de falhas bem como de que maneira intervir quando as mesmas ocorrerem, e de que maneira monitorar os resultados obtidos afins de que não se repitam ou seja, solucionados no menor tempo possível.

2.1 Manutenção

A manutenção é considerada o maior segredo para o sucesso das empresas, quanto para a qualidade dos produtos e também para a eficiência dos equipamentos. É uma busca constante, que consiste entre manter a originalidade dos equipamentos e melhorar os resultados com novas tecnologias.

Monchy (1987), traça um paralelo entre saúde humana, afirmando que a manutenção é a “medicina das máquinas”.

Xenos (1998) avalia que a grosso modo, a manutenção está limitada a garantir que o equipamento esteja em condições originais. Enquanto, para realmente obter sucesso na manutenção, as atividades também devem conter a alteração das condições originais através da implantação de melhorias para evitar as falhas, reduzir o custo e aumentar a eficiência dos equipamentos.

2.2 Tipos De Manutenção

Existem muitos tipos de manutenção, que são diferenciados pelo modo em que é feita a manutenção nos equipamentos, sistemas ou instalações. Neste trabalho, vamos relatar alguns tipos, considerados como os mais eficientes por vários autores, são elas: manutenção corretiva, manutenção preventiva, preditiva, e engenharia de manutenção.

2.2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

A manutenção corretiva é a mais antiga forma de manutenção, ela se baseia somente na correção de uma falha ou do desempenho menor que o esperado, ou seja, é uma manutenção de emergência. É dividida em duas classes: não planejada e planejada.

A manutenção corretiva não planejada corrige a falha de maneira aleatória, uma quebra inesperada, sempre após a ocorrência da falha, sem acompanhamento ou planejamento anterior. Como Kardec e Nascif (2009) bem explicam, ela atua em um fato já ocorrido, não há tempo para preparação do serviço, e infelizmente ainda é mais praticado do que deveria. Gera altos custos, pois a quebra inesperada acarreta perdas na produção, perdas de qualidade, custos indiretos de manutenção, e ainda pode ter consequências inesperadas para o equipamento, pois a extensão dos danos pode ser bem maior.

Quando a maior parte da manutenção da empresa se baseia na corretiva não planejada, o departamento de manutenção é refém dos equipamentos, é comandado por eles, e não o contrário, como deveria acontecer, e o desempenho empresarial da Organização perde muita competitividade (KARDEC e NASCIF, 2009).

A manutenção corretiva planejada se diferencia da não planejada por ser uma decisão gerencial. Ela também é uma correção de uma falha ou de um desempenho menor que o esperado, porém se baseia na modificação dos parâmetros de condição observados pela manutenção preditiva (KARDEC e NASCIF, 2009). Como seu próprio nome sugere, é planejado, e o planejado é sempre mais barato que o não planejado.

Xenos (1998) ressalva que mesmo que a manutenção corretiva tenha sido escolhida por decisão gerencial, não se pode simplesmente se conformar com a ocorrência de falhas como um evento já esperado e natural, é essencial o esforço para identificar precisamente as causas fundamentais das falhas e bloqueá-las, evitando sua reincidência.

2.2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Manutenção planejada para evitar a ocorrência de falhas ou percas de eficiência, através de manutenções com periodicidades pré-definidas, obedecendo a um plano de manutenção.

Diferentemente da manutenção corretiva, a preventiva, como o próprio nome sugere, procura prevenir, evitar a ocorrência de falhas. É imprescindível quando o fator segurança se sobrepõe aos demais.

Xenos (1998, p. 24) analisa as vantagens da manutenção preventiva em vista da 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.” **(fonte)**

Porém, como Kardec e Nascif (2009) esclarecem se de uma forma a manutenção preventiva permite um bom controle das atividades, nivelamento dos recursos, além de previsibilidade do uso de materiais e sobressalentes, por outro lado promove a retirada do equipamento ou sistema de operação para a execução das atividades programadas. Assim, devem-se pesar os fatores para que o uso dessa política seja adequado à realidade dos equipamentos, sistemas ou plantas.

Kardec e Nascif (2009) esclarecem também que nem sempre os fabricantes fornecem dados precisos para a adoção nos planos de manutenção preventiva, além disso, condições ambientais e operacionais influem significativamente na degradação dos equipamentos, logo, a definição de periodicidade e substituição deve ser estipulada para cada instalação.

Como é evidenciado por Xenos (1998), muitas vezes é negligenciado pelas empresas, o cumprimento dos itens de manutenção preventiva e o tempo que seria gasto com a preventiva acabam sendo gastos para trabalhar em falhas que surgem no dia-a-dia da produção. Isso se dá porque sem uma boa manutenção preventiva, as falhas tendem a aumentar, ocupando todo o tempo do pessoal de manutenção.

2.2.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

É a manutenção que realiza acompanhamento de variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas e equipamentos, com o objetivo de definir o melhor instante para a intervenção, com o máximo aproveitamento do ativo (OTANI e MACHADO, 2008 apud COSTA, 2013).

Kardec e Nascif (2009, p. 45) falam que os objetivos da manutenção preditiva são:

“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.”

Kardec e Nascif (2009) ainda apontam as condições básicas para se adotar a 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 sua progressão acompanhada.

2.2.4 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

A engenharia de manutenção vem nos trazer uma mudança de cultura, uma quebra de paradigma, trazida pelas ferramentas de qualidade e melhorias contínuas bem como nas mudanças no dia a dia das atividades da área de manutenção.

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. Para tanto, visa 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.

3GESTÃO DA MANUTENÇÃO

A gestão da manutenção tem se transformado e tem evoluído, à medida que os gestores das organizações industriais têm se apercebido o quanto as falhas em equipamentos afetam a segurança, a qualidade e os custos da produção (SELLITO, 2007). Segundo Moubray (1996) apud Sellito (2007), gerentes de manutenção estão atentando para uma forma de pensar, tanto no papel de técnicos como no papel de gestores, ao mesmo tempo em que as limitações dos sistemas de gestão existentes se tornam mais visíveis.

Xenos (1998) afirma que as atividades de manutenção resultam de ações tomadas no dia-a-dia para prevenir ou corrigir eventuais anomalias ou falhas detectadas nos equipamentos pelos operadores da produção ou pelas equipes de manutenção. E ainda explica que as atividades de manutenção compreendem métodos de manutenção e atividades gerenciais, que podem ser chamadas de funções de apoio ou funções gerenciais da manutenção.

Kardec e Nascif (2009, p.9) apontam como deve ser a postura da gerência moderna:

“A condução moderna dos negócios requer uma mudança profunda de mentalidade e de posturas. A gerência moderna deve estar sustentada por uma visão de futuro e regida por processos de gestão onde a satisfação plena de seus clientes seja resultante da qualidade intrínseca dos seus produtos e serviços e a qualidade total dos seus processos produtivos seja o balizador fundamental.”

Uma modificação nos atuais sistemas de gestão da manutenção industrial é a formulação de uma estratégia formal de manutenção, cujas crenças subjacentes sejam fundamentadas na teoria da confiabilidade e de manutenibilidade (SELLITO, 2007).

Kardec e Nasfic (2009) afirmam que o novo papel da manutenção é um grande desafio gerencial, a visão sistêmica do negócio e a mudança de paradigmas e de conceitos levarão a grandes inovações.

Costa (2013) conclui que “mais importante do que restringir a política de manutenção a uma abordagem ou outra, é necessário utilizar uma metodologia adequada de gestão do sistema de manutenção. Assim, a função manutenção deixará de ser um gasto adicional para a empresa e poderá ser encarada como fator estratégico para redução dos custos totais de produção”.

Dentro desse cenário, serão apresentadas duas ferramentas/filosofias de manutenção: o TPM (Total Productive Maintenance) ou Manutenção Produtiva Total, e o RCM (Reliability-Centered Maintenance) ou MCC (Manutenção Centrada na Confiabilidade).

3.1 TPM (*Total Productive Maintenance*) ou Manutenção Produtiva Total

A TPM surgiu no Japão na década de 70, é um sistema desenvolvido com foco na qualidade e na confiabilidade, eliminando perdas, reduzindo paradas e diminuindo custos. No Brasil, foi apresentado pela primeira vez em 1986.

Não é apenas uma iniciativa da manutenção ou um programa de melhorias, mas uma filosofia operacional estratégica e que envolve toda a organização, desde os operadores até o nível hierárquico mais alto (SOUZA, 2004). Souza (2004) ainda cita que a TPM dirigiu sua atenção para a redução de custos do equipamento no seu ciclo de vida, combinando manutenção preventiva com melhorias sustentáveis e projeto de manutenção preditiva.

3.2 RCM (*Reliability-Centered Maintenance*) ou MCC (Manutenção Centrada na Confiabilidade)

O conceito de confiabilidade foi introduzido na manutenção por um trabalho sobre falhas em equipamentos eletrônicos de uso militar, nos anos 1950, nos Estados Unidos. A tarefa foi conduzida por um grupo de estudos da Federal Aviation Administration, para a indústria aeronáutica, cujas conclusões reorientaram os procedimentos de manutenção até então vigentes: (i) se um item não possui um modo predominante e característico de falha, revisões programadas afetam muito pouco o nível de confiabilidade deste item; e (ii) para muitos itens, a prática de manutenção preventiva não é eficaz (MOUBRAY, 1996 apud SELLITO, 2007).

Para um item cujo reparo é impossível, tal como um satélite artificial, a confiabilidade é a duração esperada de desempenho sem falhas, sob as condições de projeto. Para itens reparáveis, como equipamentos industriais, a confiabilidade é a probabilidade de desempenho sem falhas durante um dado intervalo de tempo, sob as condições de projeto (ELSAYED, 1996 apud SELLITO, 2007).

Segundo Kardec e Nascif (2009), a RCM é uma metodologia que estuda um equipamento ou sistema em detalhes, analisa como ele pode falhar e define a melhor forma de fazer manutenção de modo a prevenir a falha ou minimizar as perdas decorrentes das falhas. Desse modo, é uma ferramenta de suporte à decisão gerencial.

Segundo Souza e Lima (2003) apud Costa (2013), diferentemente de outras metodologias, a RCM busca direcionar e replanejar a manutenção de uma área/equipamento específico ou da empresa como um todo, e é a própria empresa que vai dizer qual o nível de serviço que deseja ou que considera aceitável para seus equipamentos, de acordo com especificações de projeto, custo x benefício, custo e impacto de falhas, entre outros.

Kardec e Nascif (2009) definem os seguintes passos para a implantação da RCM:

- Seleção do sistema;
- Definição das funções e padrões de desempenho;
- Determinação das falhas funcionais e de padrões de desempenho;
- Análise dos modos e efeitos das falhas;
- Histórico de manutenção e revisão da documentação técnica;
- Determinação de ações de manutenção: política, tarefas, frequência.

Ainda Kardec e Nascif (2009) recomendam a aplicação das sete perguntas abaixo para enquadrar um equipamento, componente ou sistema no processo de RCM:

- 1) Quais são as funções e os padrões de desempenho do item no seu contexto operacional atual?
- 2) De que forma ele falha em cumprir suas funções?
- 3) O que causa cada falha operacional?
- 4) O que acontece quando ocorre cada falha?

- 5) De que forma cada falha tem importância?
- 6) O que pode ser feito para prevenir cada falha?
- 7) O que deve ser feito, se não for encontrada uma tarefa preventiva apropriada?

Para responder a cada questão, a RCM utiliza métodos e ferramentas de um conjunto aberto de soluções, seguindo uma sequência estruturada.

Kardec e Nascif (2009) apontam os principais resultados gerados pela implantação de análise pela RCM:

- Melhoria da compreensão do funcionamento do equipamento ou sistema, proporcionando uma ampliação de conhecimentos aos participantes de especialidades diversas;
- Desenvolvimento do trabalho em grupo, com reflexos altamente positivos na análise, solução de problemas e estabelecimento de programas de trabalho;
- Definição de como o item pode falhar e das causas básicas de cada falha, desenvolvendo mecanismos de evitar falhas que possam ocorrer espontaneamente ou causadas por atos das pessoas;
- Elaboração dos planos para garantir a operação do item em um nível de performance desejado. Esses planos englobam: planos de manutenção; procedimentos operacionais; lista de modificações ou melhorias, normalmente a cargo da Engenharia.

4 ESTRATIFICAÇÃO DA FALHA

Figura 1-Interface do sistema M.E.S.



Fonte: Sistema intranet

Conforme passos orientados pelo sistema RCM (*Reliability-Centered Maintenance*) foi selecionado o sistema M.E.S (Manufacturing Execution System) para se fazer a estratificação da falha a ser tratada com a ferramenta de análise de falhas.

- Determinação das falhas funcionais e de padrão de desempenho.

Dentro do sistema M.E.S (Manufacturing Execution System) foi filtrado à linha 503, onde nos mostrara qual equipamento com maior impacto de ineficiência, para então estratificar as paradas mecânicas e a parada com maior tempo, para ser aplicado à ferramenta de análise de falha.

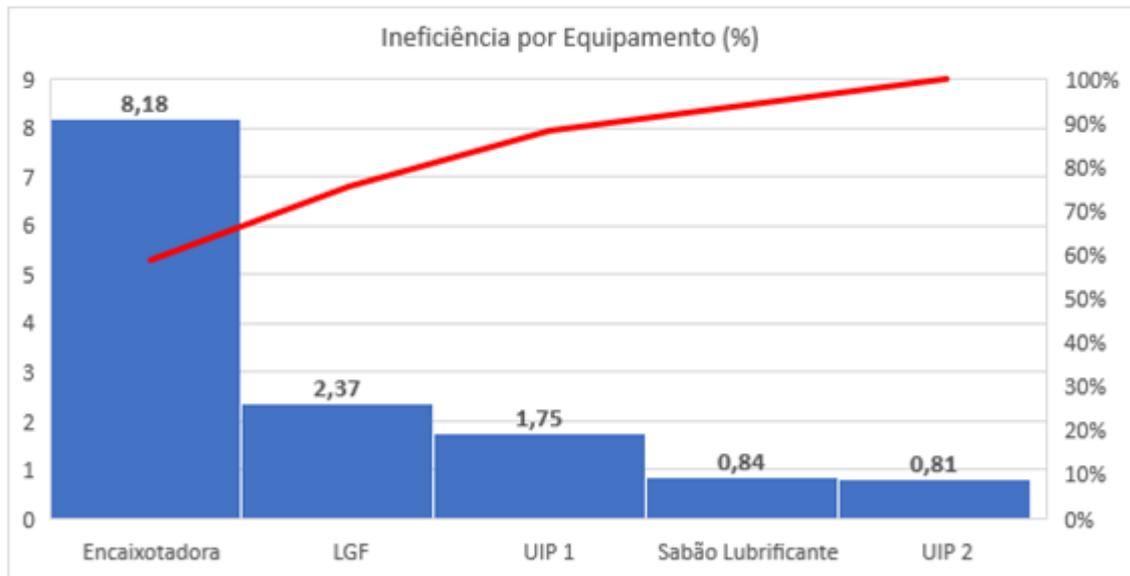
4.1 Priorização do Equipamento

Na identificação do equipamento com maior impacto em eficiência na linha de engarrafamento da cervejaria, foi utilizado o sistema M.E.S (Manufacturing Execution System)

momento em que os dados foram exportados para o gráfico, nesta estratificação podemos observar a quantidade de horas que o equipamento ficou inoperante em função de falhas mecânicas, além do percentual de ineficiência correspondente a estas paradas.

Figura 2-Gráfico de ineficiência por equipamentos

	LGF	Encaixotadora	UIP 1	Sabão Lubrificante	UIP 2
Total	2,37	8,18	1,75	0,84	0,81



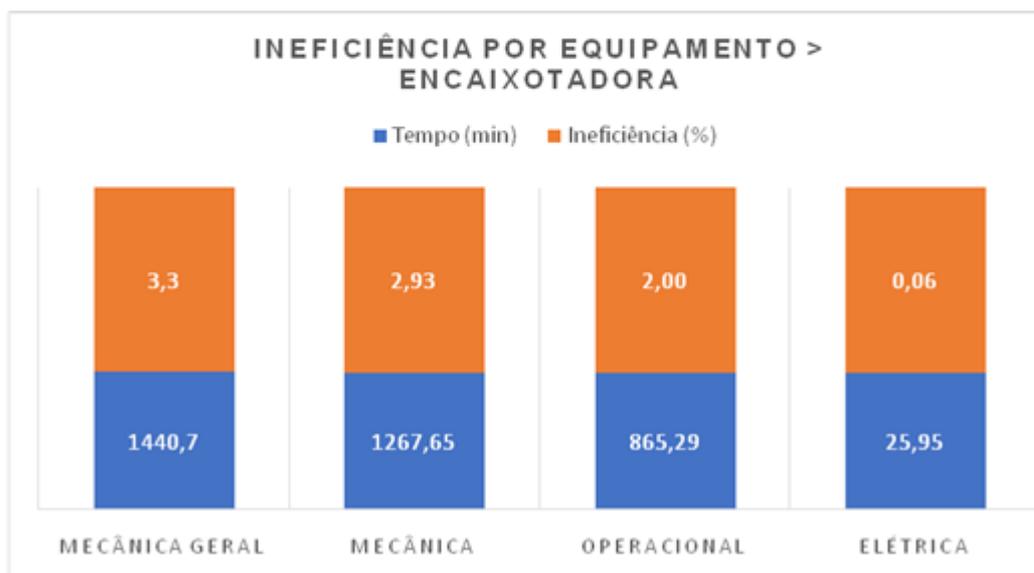
Fonte: sistema intranet

Neste gráfico observamos que o equipamento com maior impacto na eficiência da linha de engarrafamento da cervejaria, é a encaixotadora, pois representou 8,18% de ineficiência e está em primeiro lugar nos equipamentos com mais paradas na linha de engarrafamento.

No próximo gráfico teremos o tempo de parada mecânica e o percentual de ineficiência que esta parada representou na linha de engarrafamento.

Figura 3- Gráfico de paradas mecânicas e percentual de ineficiência

	Tempo (min)	Ineficiência (%)
Mecânica Geral	1440,7	3,3
Mecânica	1267,65	2,93
Operacional	865,29	2,00
Elétrica	25,95	0,06



Fonte: sistema Intranet

O gráfico acima foi extraído do sistema M.E.S (Manufacturing Execution System), neste gráfico podemos observar o tempo real de parada mecânica e seu impacto de ineficiência nos índices da linha de engarrafamento, com base nestes dados será feita a aplicação da ferramenta de análise de falhas para tentar identificar a causa destas paradas.

4.1.1 Encaixotadora De Garrafas

A encaixotadora de garrafas é um equipamento responsável por encaixotar as garrafas devidamente cheias e rotuladas, é parte primordial do processo de uma linha de engarrafamento na cervejaria. Tem uma classificação como equipamento crítico na linha de produção, pois tem apenas um Equipamento na linha e se tiver qualquer parada por falhas, para a linha toda de produção.

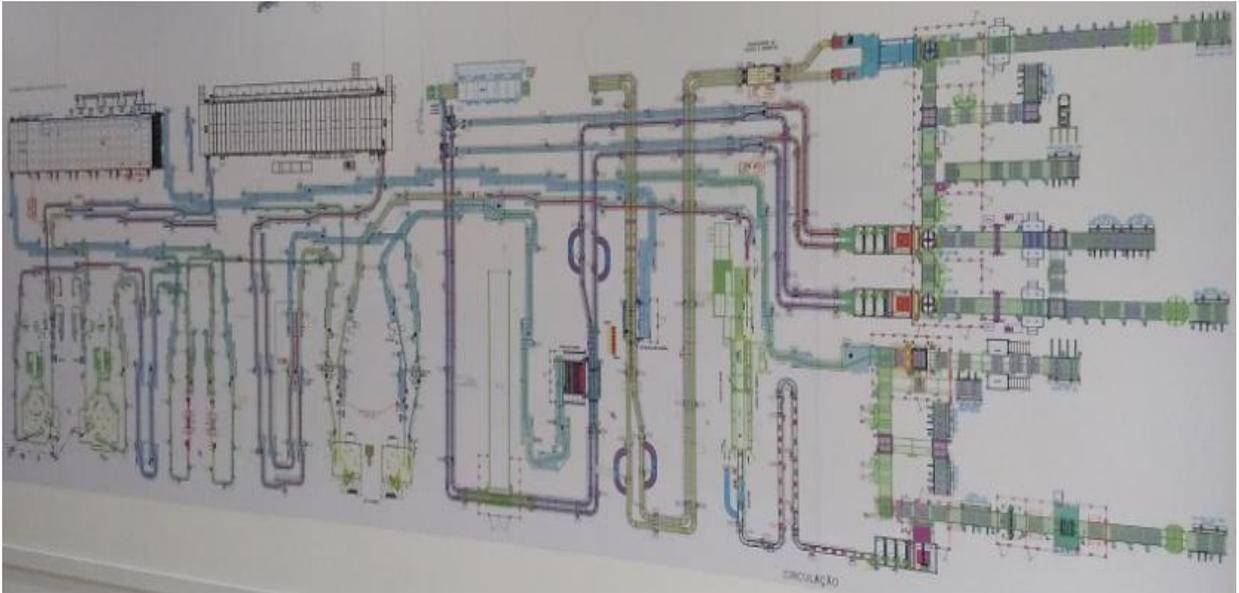
Figura 4-Encaixotadora de garrafas



Fonte:linha de produção cervejaria

Encaixotadora SANMARTIN utilizada na linha de engarrafamento da cervejaria, trabalha em uma velocidade nominal de 111.000 garrafas por hora, e tem como meta de eficiência 98,60%, teve seu startno ano de 2013,contem 14 cabeçotes que pegam 23 garrafas cada um.

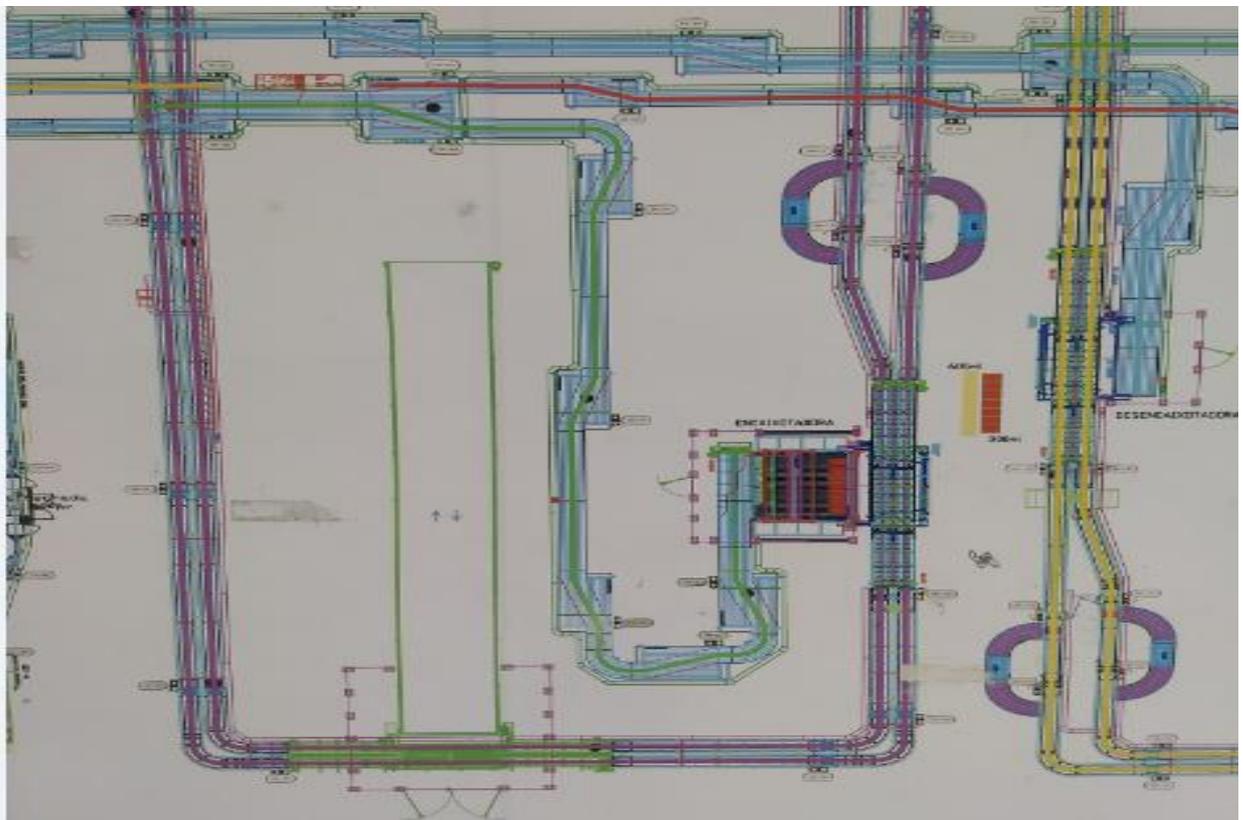
Figura 5-Layout da linha de engarrafamento da cervejaria



Fonte:cervejaria

Layout de uma linha de engarrafamento da cervejaria.

Figura 6-Posição da encaixotadora na linha de engarrafamento da cervejaria



Fonte:cervejaria

4.2 Identificação da Falha com o Uso da Ferramenta de Análise de Falhas.

Para identificar a falha que acarretou paradas mecânicas foi aplicado a ferramenta de análise de falhas, com intuito de chegar a causa fundamental destas paradas mecânicas. A ferramenta de análise de falhas dentro da cervejaria vem no formato de relato de anomalia, onde são feitos questionamentos para se chegar a causa raiz.

Figura 7-Relato de anomalia mês 03/2018

relato de anomalia		Data:	Turno:
		30/03/2018	todos
Dept:packagin	Linha/Area: 503	Equipamento: Encaixotadora	
Descrição Anomalia			
Indicador: eficiência	equipamento apresentava falha de posição quando fazia a translação do quadro de cabeçotes de garrafas causando parada no equipamento após reset e posicionamento manual do quadro de translação voltava a funcionar		
Medida corretiva			
rest da falha			
Análise dos Porques			
1	Por que?	falha na posição do quadro de translação	
2	Por que?	quadro não chega na posição de leitura dos sensores	
3	Por que?	rolamento trancado	
4	Por que?	falta de lubrificação	
5	Por que?	local e posição dos bicos graxeiros de difícil acesso	
Comentários/ Ações :			
verificar chek list de lubrificação			
trocar rolamentos do quadro de translação			
melhorar sistema de lubrificação			

Fonte: sistema Intranet

- Análise dos modos e efeitos das falhas:

Através do relato de anomalia se chegou a três ações a serem tratadas na próxima parada de manutenção, na tentativa de reduzir o tempo de parada neste equipamento em função da falha de posicionamento do quadro de translação ocasionada pelo rolamento trancado, identificado como causa fundamental no relato de anomalia.

4.2.1 Carro de Translação da Encaixotadora

O carro de translação é responsável pelo movimento do quadro de cabeçotes porta garrafas e tem a função de deslocar o quadro de cabeçotes de garrafas horizontalmente, a fim de trazer da posição da mesa de garrafas até a posição em cima das caixas a serem devidamente encaixotadas.

Figura 8-carro de translação da encaixotadora



Fonte:Manual Sanmartin

Na foto acima vemos o conjunto mecânico carro de translação com seus componentes e o rolamento de leva nas extremidades.

Figura 9-lista de peças do carro de translação

SANMARTIN		ENCAIXOTADORA	
Nº (ITEM)	CODIGO	DENOMINAÇÃO	Figura
1	800668	Rolamento NUKR Ø62 mm Rodamiento NUKR Ø62 mm Bearing NUKR Ø62 mm	
2	154535	Porca Sextavada ZB M24x1.5 Tuerca Hexagonal ZB M24x1.5 Hexagonal Nut ZB M24x1.5	
3	814029	Aruela Lisa ZB A24.5 Arandela Lisa ZB A24,5 Flat Washer	
4	300099/1	Encosto do Rolo de Leva con rasgo Apoyo del Rodillo de la Leva con rasgo	
5	312072	Bucha de Ajuste Concêntrico Buje de Ajuste Concêntrico	
6	300105	Bucha de Ajuste Excêntrico Ø50.8x23mm Buje de Ajuste Excêntrico Ø50.8x23mm	
7	316951	Montagem do Esticador Conjunto del Tensor	

CARRO DE TRANSLAÇÃO
 VERSÃO D
 302236/3
 CARRO PORTA CABEÇOTE

Fonte:Manual Sanmartin

Na lista de peças acima temos o rolamento de leva do carro de translação identificado como causa da parada mecânica no relato de anomalia feito anteriormente.

4.2.2 Rolamento do Carro de Translação

Os rolamentos do carro de translação estão posicionados nas extremidades e suportam a carga do quadro de cabeçotes de garrafas, no movimento horizontal necessário para o encaixotamento das garrafas.

Figura 10-rolamento do carro de translação



Fonte:cervejaria

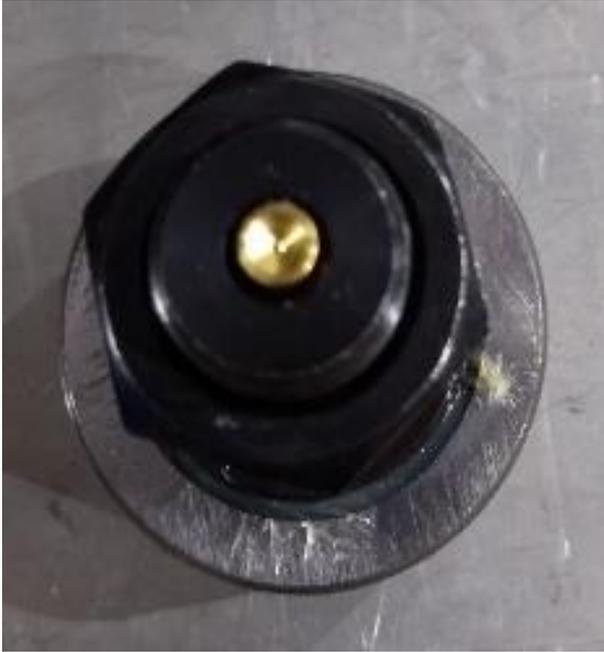
Rolamento usado no carro de translação da encaixotadora, no qual foi identificado a falta de lubrificação através do relato de anomalia reportado pelos operadores e técnicos mecânicos da cervejaria.

4.3 Tratamentodas Ações Propostas na Análise de Falhas

Na análise da falha feita através do relato de anomalia, chegou-se a falta de lubrificação do rolamento do carro de translação da encaixotadora, checando na área com os operadores foi relatado pelos mesmos, que apesar do cumprimento do plano de lubrificação o rolamento tinha falta de lubrificante, então com auxílio da operação fizemos o passo a passo do procedimento de lubrificação, onde foi verificado a dificuldade de lubrificar o rolamento do carro de translação, pois o tipo do bico de lubrificação e da bomba manual utilizada não garantia que o lubrificante chegasse ao rolamento de forma efetiva.

Figura 11-bico de lubrificação do rolamento





Fonte:cervejaria

Neste tipo bico graxeiro é usado uma bomba manual onde a ponteira é cônica e o operador tem que fazer uma força para que não escape do bico e ao mesmo tempo bombar o lubrificante para que seja feita a lubrificação do rolamento.

Figura 12-Bomba de lubrificação manual tipo macho e fêmea



Fonte: catálogo ferramentas gerais

Bomba de acionamento manual com Capacidade de 300g Graxa, Bicotipo Macho e Fêmea Peso aprox: 600g Medidas (A x Diâm.): 250 mm x 50 mm utilizada para lubrificação do rolamento do carro de translação na encaixotadora da cervejaria.

Com o relato dos operadores decidiu-se como ação do relato de anomalia de melhorar o sistema de lubrificação, mudando o tipo de bico de lubrificação a fim de que o operador tenha uma melhor forma de lubrificar o rolamento, foi então instalado no rolamento um bico graxeiro tipo reto para uso de outra bomba manual com melhor desempenho.

Figura 13-Bico graxeiro tipo reto



Fonte: catálogo ferramentas gerais

Bico graxeiro usado para melhorar o modo de lubrificação com o uso de outro tipo de bomba manual, que o bico fica encaixado na ponteira da bomba.

Figura 14-Bomba manual



Fonte: catálogo ferramentas gerais

Figura 15-Bico instalado na encaixotadora



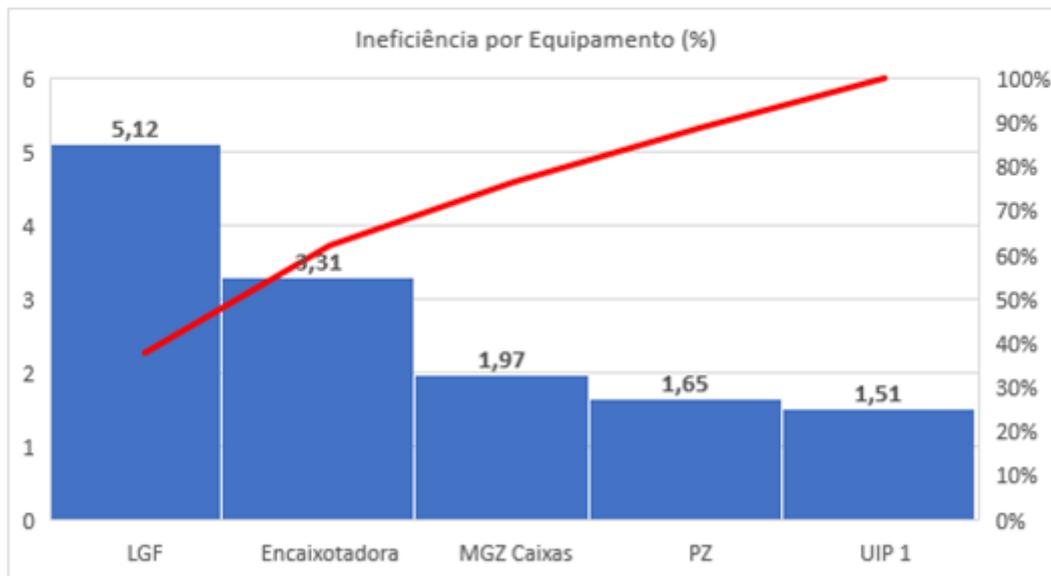
Fonte: cervejaria

Com o uso deste modelo de bico graxeiro os operadores tiveram um melhor desempenho na lubrificação e em consequência diminuiu as paradas por falha de posicionamento do carro de translação da encaixotadora.

No mês seguinte já teve um bom resultado a ação de melhorar o sistema de lubrificação, com o relato dos operadores favorável a mudança, que disseram que a ponteira da bomba se encaixava melhor no bico graxeiro e facilitava a lubrificação, pois não era necessário fazer força para segurar a ponteira da bomba. A melhora se refletiu nos apontamentos do sistema M.E.S (Manufacturing Execution System) conforme dados do gráfico abaixo.

Figura 16-Gráfico de ineficiência por equipamentos mês 04/2018

	LGF	Encaixotadora	MGZ Caixas	PZ	UIP 1
Total	5,12	3,31	1,97	1,65	1,51



Fonte: sistema intranet

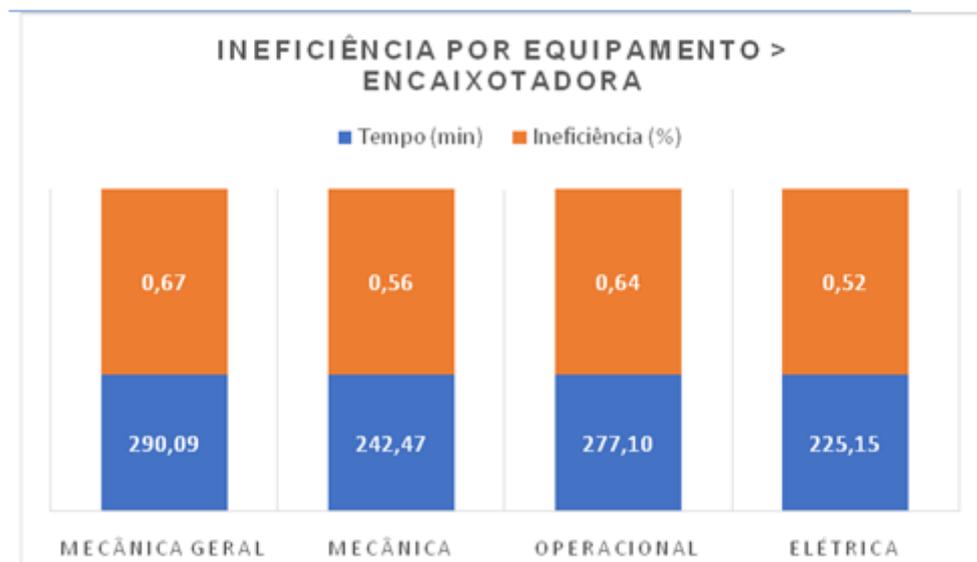
Conforme podemos observar no gráfico acima, o equipamento encaixotadora teve ganho em ineficiência próximo a 5%, devido a intervenção feita com base na ferramenta de análise de falhas, que levou ao tratamento na lubrificação do rolamento do carro de translação da encaixotadora. Neste mês a encaixotadora ficou em segundo lugar nos equipamentos que mais impactaram na ineficiência da linha de engarrafamento da cervejaria, sendo assertiva a ação do

relato de anomalia feito anteriormente, mais sendo necessário outro relato, pois o equipamento ainda está com uma ineficiência alta.

No próximo gráfico foi analisado as paradas referentes a mecânica, para ver se o rolamento do carro de translação está entre as paradas apontadas no M.E.S (Manufacturing Execution System).

Figura 17-Gráfico de paradas mecânicas e percentual de ineficiência

	Tempo (min)	Ineficiência (%)
Mecânica Geral	290,09	0,67
Mecânica	242,47	0,56
Operacional	277,10	0,64
Elétrica	225,15	0,52



Fonte: sistema intranet

Para verificar o que se tratava as paradas referente a mecânica, foi usado a ferramenta de análise de falhas, para levantar a causa fundamental das falhas lançadas no M.E.S (Manufacturing Execution System), onde será gerado novas ações para tratamento no PCM da linha da próxima semana, visando eliminar a ocorrência das falhas repetitivas, afim de que se tenha um ganho em eficiência do equipamento e também reflita na eficiência da linha como um todo.

Figura 18-Relato de anomalia mês 04/2018

relato de anomalia		Data:	Turno:
		30/04/2018	todos
Dept:packagin	Linha/Area: 503	Equipamento: Encaixotadora	
Descrição Anomalia			
Indicador: eficiência	falha na posição do carro de translação gerando paradas em produção		
Medida corretiva			
rest da falha			
Análise dos Porques			
1	Por que?	falha na posição do quadro de translação	
2	Por que?	quadro não chega na posição de leitura dos sensores	
3	Por que?	rolamento trancando	
4	Por que?	falta de lubrificação	
5	Por que?	local e posição dos bicos graxeiros de difícil acesso	
Comentários/ Ações :		verificar chek list de lubrificação	
		trocar rolamentos do quadro de translação	
		melhorar posição dos bicos graxeiros	

Fonte:sistema Intranet

Com base neste novo relato,a ação foi melhorar a posição dos bicos graxeiros,onde através de consultas a catálogos de lubrificaçãochegou-se ao uso de uma outra forma de bico graxeiro, que foi implantado nos rolamentos do carro de translação da encaixotadora e com o aceite dos operadores se chegou a melhor forma de lubrificar os rolamentos,pois era confiável e de fácil aplicação sendo que poderia ser usado a bomba pneumática que não necessita força por parte do operador e garante uma lubrificação eficaz .

Figura 19-Local de difícil acesso do rolamento



Fonte:cervejaria

Aqui nesta foto mostra a posição do bico graxeiro do carro de translação da encaixotadora, com um local de difícil acesso como relatado pelos operadores no relato de anomalia. Com este contexto foi implantado outro sistema de lubrificação, visando atender as condições dos operadores e tornar eficiente a lubrificação, não gerando mais paradas por falta de lubrificação do componente rolamento de leva.

Figura 20-Troca do sistema de lubrificação



Fonte:cervejaria

Aqui foi montado no rolamento do carro de translação da encaixotadora uma conexão que substitui o bico graxeiro e possibilita que o operador faça a lubrificação de outro ponto do equipamento, sendo mais fácil o acesso aos bicos de lubrificação e tornando o processo mais confiável tanto para o equipamento quanto para o operador, que tem a certeza que fez a lubrificação correta do rolamento, podendo executar seu plano com confiabilidade.

Figura 21-Pontos de lubrificação centralizado



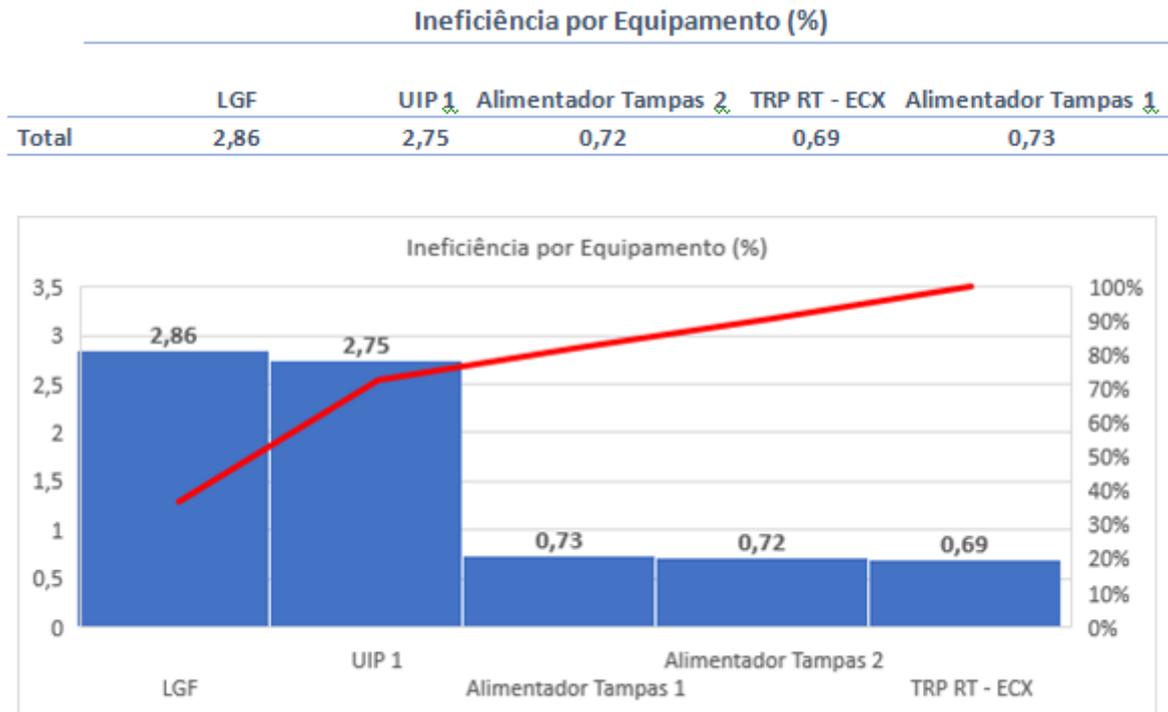
Fonte:cervejaria

Com a instalação do sistema de lubrificação por mangueiras foi possível colocar todos os pontos de lubrificação no mesmo lugar, assim ficou mais prático e também o acesso aos pontos ficou facilitado atendendo a necessidade dos operadores. Esta instalação garantiu uma boa lubrificação e logo mostrou que foi eficaz no tratamento das paradas não programadas e falhas de posicionamento, que se repetia com frequência na encaixotadora como demonstrado nos gráficos anteriores.

Depois desta intervenção foi acompanhado o desempenho do equipamento no que se diz respeito a falhas de posicionamento por motivo do rolamento do carro de translação estar com falta de lubrificação, onde se deu uma ótima melhora nos resultados de eficiência do equipamento. Esta melhora se vê através do indicador de manutenção **MTBF (TMPF)** – *Mean time between failures* (Tempo Médio para Falhar).

5. GESTÃO DO RESULTADO APÓS AÇÕES DECORRENTES DA ANÁLISE DE FALHAS.

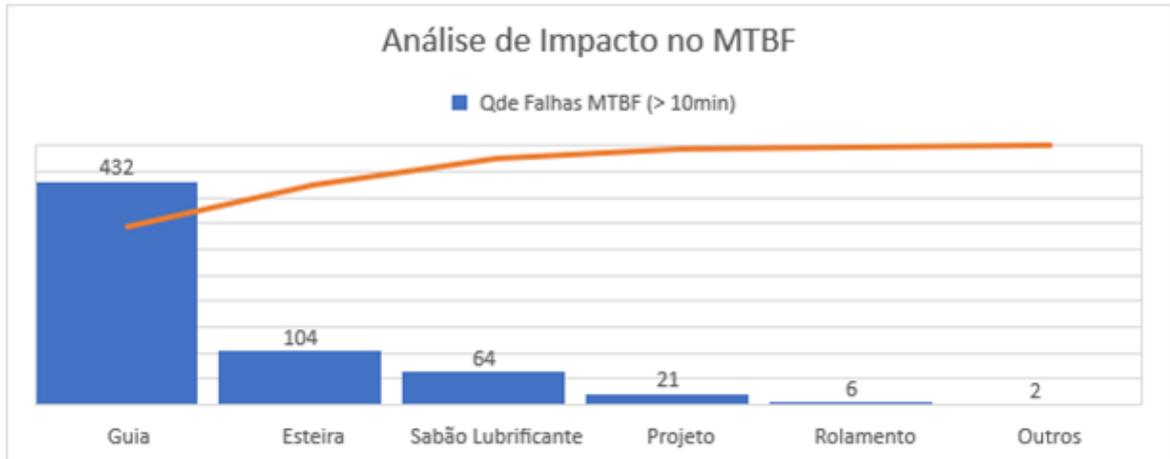
Figura 22-Gráfico de ineficiência por equipamentos mês 11/2018



Fonte: sistema intranet

No gráfico acima podemos observar que o equipamento encaixotadora nem aparece mais entre os equipamentos que impactam em ineficiência na linha de engarrafamento da cervejaria, tendo um ganho visível em eficiência por equipamento e alavancando os resultados da linha toda. Esta melhoria foi determinante para a retomada de eficiência do equipamento, onde o mesmo sistema foi adaptado em outros rolamentos da mesma encaixotadora, tendo um ganho significativo quanto ao cumprimento de plano de lubrificação, trazendo confiabilidade na execução e resultados consideráveis para a linha de engarrafamento da cervejaria.

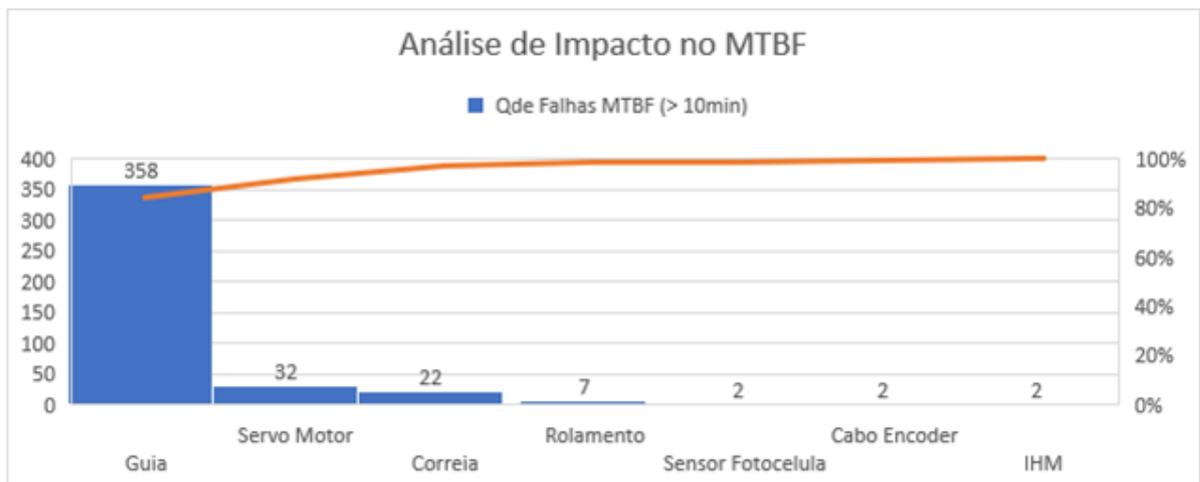
Figura 23-Gráfico de quantidade de falhas mês 03/2018



Fonte:sistema intranet

Quantidade de falha relativas ao rolamento do carro de translação da encaixotadora

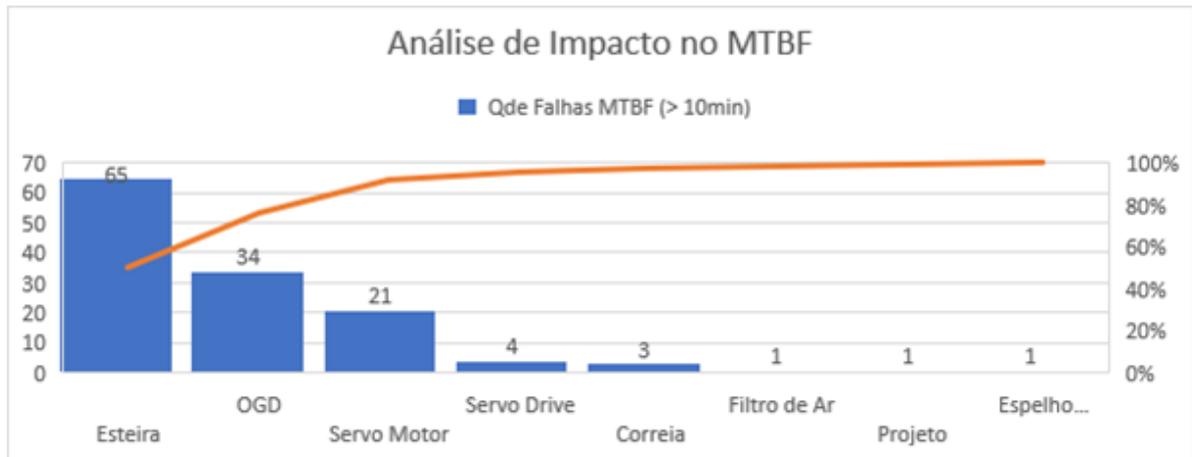
Figura 24-Gráfico de quantidade de falhas mês 04/2018



Fonte:sistema intranet

Neste gráfico se nota o aumento do indicador **MTBF (TMPIF)** – *Mean time between failures* (Tempo Médio para Falhar). que quanto maior melhor, no segundo mês já teve aumento decorrente das ações da análise de falhas.

Figura 25-Gráfico de quantidade de falhas mês 11/2018



Fonte:sistema intranet

Ao final do mês de novembro o item rolamento não aparece mais nos apontamentos do sistema M.E.S (Manufacturing Execution System) pois não houve mais paradas apontadas por esta falha até o presente momento que foi acompanhado o equipamento,estimando que o indicador para rolamento está em aproximadamente:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{TEMPO TOTAL MÁQUINA FUNCIONANDO}}{\text{NÚMERO DE FALHAS OCORRIDAS}} \quad \text{MTBF} = \frac{5.040 \text{ HORAS}}{0 \text{ ocorrência}} = \mathbf{5.040}$$

6. CONCLUSÃO

Com base na fundamentação teórica que foi apresentada ao longo deste trabalho, o emprego das técnicas de gestão e monitoramento dos equipamentos na engenharia de manutenção é realmente o diferencial de uma empresa de sucesso no mundo globalizado de hoje. E inserido neste sucesso uma Engenharia de manutenção de qualidade tem um papel fundamental neste contexto, pois com um trabalho focado e uma compreensão correta de seu papel se consegue resultados expressivos e sustentáveis.

O objetivo geral foi alcançado com a identificação do equipamento de maior ineficiência da linha para se fazer a aplicação da ferramenta de análise de falhas como foi mostrado no trabalho a identificação da encaixotadora de garrafas da linha de engarrafamento da cervejaria.

O objetivo específico foi alcançado Com a implantação do novo sistema de lubrificação, oriundo das ações do relato de anomalia feito através da análise de falhas, o equipamento teve um ganho de inicial de **2,93%** de eficiência em paradas mecânicas decorrente ao rolamento do carro de translação da encaixotadora por falta de lubrificação.

Não parece muito, mais quando se mensura o que representa estes **2,93%** comparando com a eficiência do equipamento a **100%** de sua velocidade nominal, que é de 111.000 garrafas/hora se chega a quantidades impressionantes.

Temos as seguintes contas a serem feitas:

-Quantidade de garrafas representa os 2,93%

$$\begin{array}{r} 111.000 \text{ garrafas/hora} - 100\% \\ X \qquad \qquad \qquad - 2,93\% \end{array} \quad \text{Total: } 2,93\% = \mathbf{3.252 \text{ garrafas/hora}}$$

- Quantidade de caixa cheias com estas garrafas:

1 caixa contém 23 garrafas, logo:

$$\frac{3.252 \text{ garrafas/hora}}{23 \text{ garrafas}} = \mathbf{141 \text{ caixas cheias de garrafas/hora}}$$

23 garrafas

-Quantidade de paletes/hora

1 palete contém 9 camadas com 10 caixas por camada, ou seja, 90caixas por paletes.

Então temos: $\frac{141\text{caixas/hora}}{90} = 1,5 \text{ paletes/hora}$

90

- Quantidade de paletes/dia de produção

1 dia de produção são 24horas, então temos:

24horas x 1,5 paletes/hora = **37 paletes/dia**

-Quantidade de carretas carregadas

1 carreta vão 24 paletes então temos:

$\frac{37\text{palletes/dia}}{24\text{palletes}} = 1,5 \text{ carretas/dia}$

24palletes

-Quantidade de carretas carregadas por mês.

1,5 carretas/dia x 30dias no mês = **45 carretas/mês**

Então podemos concluir que a ferramenta de análise de falhas, contribui em muito com a eficiência dos equipamentos, além de um ganho significativo como mostrou estes cálculos na linha de engarrafamento da cervejaria, chegando a um aumento de eficiência somado os dois primeiros meses deste estudo na ordem de 3,5% de eficiência no equipamento encaixotadora, o que nos dá aproximadamente 46 carretas carregadas por mês.

Esta ação de mudança do sistema de lubrificação proveniente do uso da ferramenta de análise de falhas foi implantada em todos os conjuntos mecânicos com o mesmo funcionamento do rolamento de leva, mostrando a importância da ferramenta em tratamento de falhas nos equipamentos.

REFERÊNCIAS

ABRAMAN. Página eletrônica: <<http://www.abraman.org.br/>>. Acesso em 12 de maio.2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. **Documento Nacional de Manutenção: A Situação da manutenção no Brasil**. Curitiba, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. **Documento Nacional de Manutenção: A Situação da manutenção no Brasil**. Salvador, 2013.

COSTA, Mariana de Almeida. **Gestão estratégica da Manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional**. 2013. 103f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

KARDEC, Alan; NASCIF Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2009. 384 pg

MARQUES, Ramiro Queirolo; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Criação de um Plano de Manutenção para o Equipamento Torno Descascadeira Utilizando Conceitos de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) e Manutenção Produtiva Total (MPT)**. 2012. Disponível em:
<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/65664/000858032.pdf?sequence=1>>
Acesso em 6 mai. 2018.

MONCHY, François. **A Função Manutenção: Formação para a gerência da Manutenção Industrial**. 1. Ed. São Paulo: Ed. Durban, 1987. 424 p.

OLIVEIRA, José Carlos Souza. **Análise de indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras**. *Revista GEPROS (Gestão da Produção, Operações e Sistemas)*. Ano 8, n.3, 2013. Disponível em: <

<http://www.revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/download/1021/501> > Acesso em 4 jun. 2018.

PEREIRA, Mário Jorge. **Técnicas Avançadas de Manutenção**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Ed. Ciência Moderna, 2010. 80 p. 94

SANTOS, Mário José Marques Ferreira dos. **Gestão de Manutenção do Equipamento**. 2009. 72f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: O Caminho para Eliminar Falhas nos Equipamentos e Aumentar a Produtividade**. 1.ed. Rio de Janeiro: EDG, 1998. 302 p.

RODRIGUES, Renato; GOLÇALVES, José Correia. **Procedimentos de Metodologia Científica**. 8. Ed. Lages: Ed. Papervest, 2017. 195p.

SANMARTIN, Manual de máquinas e equipamentos(encaixotadora)