



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
DIRETORIA GERAL DO CAMPUS JOÃO PESSOA
DEPARTAMENTO DE ENSINO SUPERIOR
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

ITALO JOSÉ DA SILVA BESERRA

**APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE EM UMA
INDÚSTRIA DO SETOR ALIMENTÍCIO**

JOÃO PESSOA

2025

ITALO JOSÉ DA SILVA BESERRA

**APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE EM UMA
INDÚSTRIA DO SETOR ALIMENTÍCIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, como requisito curricular obrigatório para obtenção do título de Engenheiro(a) Mecânico.

Orientador: Severino Cesarino da Nóbrega Neto

JOÃO PESSOA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Nilo Peçanha do IFPB, *Campus* João Pessoa

B554a Beserra, Italo José da Silva.

Aplicação da manutenção centrada em confiabilidade em
uma indústria do setor alimentício / Italo José da Silva Beserra.
– 2025.

56 f. : il.

TCC (Graduação – Bacharelado em Engenharia Mecânica) –
Instituto Federal de Educação da Paraíba / Departamento de
Ensino Superior / Coordenação do Superior de Bacharelado em
Engenharia Mecânica, 2025.

Orientação : Prof. Dr. Severino Cesarino da Nóbrega Neto.

1. Manutenção - gestão. 2. Confiabilidade. 3. FMEA. 4. In-
dústria alimentícia. 5. Manutenção centrada na confiabilidade.
I. Título.

CDU 62-7:519.873(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

FOLHA DE APROVAÇÃO

ITALO JOSÉ DA SILVA BESERRA

201921140017

“APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE EM UMA INDÚSTRIA DO SETOR ALIMENTÍCIO”

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Mecânica do Instituto Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Engenheiro Mecânico.

Trabalho aprovado pela banca examinadora em 10 de abril de 2025.

BANCA EXAMINADORA:

(assinaturas eletrônicas via SUAP)

Dr. Severino Cesarino da Nóbrega Neto

IFPB (Orientador)

Dr. Aleksandro Guedes de Lima

IFPB (Examinador Interno)

Me. Michelline Nery Azevedo Lima

IFPB (Examinador Interno)

Documento assinado eletronicamente por:

- **Severino Cesarino da Nobrega Neto**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/04/2025 11:54:41.
- **Aleksandro Guedes de Lima**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/04/2025 13:50:21.
- **Michelline Nery Azevedo Lima**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/04/2025 15:54:19.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 08/04/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código 697485
Verificador: 8594f8c0f7
Código de Autenticação:



Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, JOÃO PESSOA / PB, CEP 58015-435
<http://ifpb.edu.br> - (83) 3612-1200

Dedico a minha família, o meu porto seguro, minha base e meu alicerce da vida, sem o apoio e o amor de vocês nada disso seria possível.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer, primeiramente, a Deus, por toda a força que me deu para enfrentar os desafios propostos pela vida e pela coragem de encarar as adversidades e obstáculos que um menino do interior encontra na capital.

Quero agradecer à minha família, aos meus pais Estanislau e Rosivania pelo amor incondicional em todos os momentos da minha vida, por todo o apoio, pelas escolhas e decisões que fizeram durante o processo de planejamento da vida do seu filho, me possibilitando chegar até este momento. À minha irmã Bianca, por todo o amor e companheirismo. Aos meus avós José Edvar e Rita de Cassia, pelo amor mais puro e genuíno, sempre demonstrado e presente.

Quero agradecer à minha namorada Camilla, que, por todo amor, carinho e cuidado demonstrado durante todo esse tempo, sempre presente ao meu lado nos momentos bons, e por todo o incentivo e conselhos nos momentos difíceis deste período da minha vida.

Quero também agradecer a todos os meus companheiros da primeira turma de Engenharia Mecânica do IFPB – Campus João Pessoa, que, durante estes cinco anos de curso, se tornaram meus amigos e nunca negaram ajuda nos momentos de dificuldade deste curso.

"Não sabendo que era impossível, foi lá e fez."

– Jean Cocteau

RESUMO

Este trabalho apresenta a aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) em uma indústria do setor alimentício, com foco em linhas de produção que operam 24 horas por dia, 7 dias por semana. O estudo teve como objetivo otimizar a gestão da manutenção e aumentar a confiabilidade dos equipamentos, reduzindo falhas inesperadas e melhorando a eficiência operacional. A metodologia adotada envolveu a análise dos modos de falha por meio da FMEA (Análise de Modos de Falha e Efeitos) para priorização de ações corretivas, preventivas e preditivas. A implementação do plano de manutenção estruturado resultou em uma redução significativa das paradas não planejadas, aumento da disponibilidade dos equipamentos e melhor aproveitamento dos recursos de manutenção. Além disso, a equipe passou a atuar de forma mais estratégica, fundamentando suas decisões em dados técnicos. Os resultados obtidos confirmam a eficácia da MCC na melhoria da confiabilidade e na sustentabilidade operacional de processos industriais de alta demanda.

Palavras-chave: Confiabilidade; FMEA; Gestão da Manutenção; Indústria Alimentícia; Manutenção Centrada em Confiabilidade.

ABSTRACT

This study presents the application of Reliability-Centered Maintenance (RCM) in a food industry operating 24/7 production lines. The objective was to optimize maintenance management and increase equipment reliability by reducing unexpected failures and improving operational efficiency. The methodology involved analyzing failure modes using Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) to prioritize corrective, preventive, and predictive actions. The implementation of a structured maintenance plan resulted in a significant reduction in unplanned downtime, increased equipment availability, and better utilization of maintenance resources. Additionally, the team adopted a more strategic approach, basing decisions on technical data. The results confirm the effectiveness of RCM in improving reliability and ensuring the operational sustainability of high-demand industrial processes.

Key words: Reliability; FMEA; Maintenance Management; Food Industry; Reliability Centered Maintenance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 - Analogia Entre Saúde Humana x Máquina.	17
Figura 2 - Evolução da Manutenção.....	18
Figura 3 - Evolução da Manutenção – Resultados X Custos	23
Figura 4 - Esquematização das Etapas Metodológica	25
Figura 5 - Fluxograma da Matriz Criticidade.....	30
Figura 6 - Extrusora Bühler.....	36
Figura 7 - Funções Significantes	45
Figura 8 - Diagrama Decisinal Moubray.....	48

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Volume de Produção	26
Gráfico 2 - Gráfico Fronteira de Pareto	33

QUADROS

Quadro 1 - Resultados Matriz Criticidade.....	31
Quadro 2 - Quantidade De Osms Corretivas Por Equipamento 2024.....	32
Quadro 3 - Cabeçalho FMEA.....	37
Quadro 4 - Componentes Extrusora	38
Quadro 5 - Funções Dos Componentes.....	38
Quadro 6 - Modos de Falha X Causas.....	39
Quadro 7 - Modos de Falha X Efeitos da Falha	41
Quadro 8 - Modos de Falha X NPR	44
Quadro 9 - Funções Significantes	46
Quadro 10 - Diagrama Decisinal Moubray	48
Quadro 11 - Seleção das Tarefas Aplicáveis e Efetivas.....	49
Quadro 12 - Definição da Periodicidade das Atividades	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção

FMEA – Failure Modes and Effects Analysis (Análise de Modos de Falha e Efeitos)

MCC – Manutenção Centrada em Confiabilidade

MTBF – Mean Time Between Failures (Tempo Médio Entre Falhas)

OSM – Ordem de Serviço de Manutenção

PCM – Planejamento e Controle da Manutenção

PCP – Planejamento e Controle da Produção

RCM – Reliability-Centered Maintenance (Manutenção Centrada em Confiabilidade)

RH – Recursos Humanos

RPN – Risk Priority Number (Número de Prioridade de Risco)

TI – Tecnologia da Informação

TPM – Total Productive Maintenance (Manutenção Produtiva Total)

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1	MANUTENÇÃO	16
3.2	EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO	18
3.2.1	Primeira Geração da Manutenção	19
3.2.2	Segunda Geração da Manutenção	19
3.2.3	Terceira Geração da Manutenção	19
3.2.4	Quarta Geração da Manutenção	19
3.3	TIPOS DE MANUTENÇÕES	20
3.3.1	Manutenção Corretiva	20
3.3.1.1	Manutenção Corretiva Não Planejada	20
3.3.1.2	Manutenção Corretiva Planejada	21
3.3.2	Manutenção Preventiva	21
3.3.3	Manutenção Preditiva	21
3.3.4	Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC)	21
3.3.5	Comparação Histórica	23
3.4	MANUTENÇÃO NO BRASIL	23
3.5	IMPLANTAÇÃO DA MCC	24
4	METODOLOGIA	24
4.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA	25
4.2	SELEÇÃO DA LINHA DE PRODUÇÃO CRÍTICA	26
4.3	DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO	27
4.4	SELEÇÃO DO EQUIPAMENTO CRÍTICO	28
4.4.1	Matriz de Criticidade	29
4.4.1.1	Aplicação da Matriz de Criticidade na Linha de Snacks	29
4.5	IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE (MCC)	33
4.5.1	Preparação do Estudo	34
4.5.2	Seleção do Sistema de Coletas e Informações	35
4.5.3	Descrição do Equipamento	36
4.5.4	Análise dos Modos e Efeitos de Falhas	37

4.5.4.1	Componentes do Equipamento.....	38
4.5.4.2	Componentes e Suas Respectivas Funções	38
4.5.4.3	Componentes, Modos de Falha e Suas Respectivas Causas	39
4.5.4.4	Componentes, Modos de Falha e os Efeitos da Falha.....	41
4.5.4.5	Efeitos de Falha X Número de Prioridade de Risco (NPR)	43
4.5.4.6	Funções Significantes.....	44
4.5.4.7	Seleção de Atividade Aplicáveis.....	47
4.5.4.8	Seleção das Tarefas Aplicáveis e Efetivas	49
4.5.4.9	Definição da Periodicidade das Atividades.....	51
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
	REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

Com a era do mundo globalizado em que vivemos nos dias atuais, o ambiente econômico contemporâneo evidencia a necessidade de mudança de visão e como a manutenção é vista nas empresas e organizações, deixando de ser uma apenas uma ação necessária para a produção continua, e sim sendo um processo estratégico, visando principalmente os tempos das paradas, indicadores, custo por atividade de manutenção, tendo um papel fundamental para qualquer empresa ou organização.

Os processos atuais de políticas de gestão atuais, utilizam objetivamente os sistemas operacionais operarem na sua capacidade máxima, fazendo que a necessidade de um bom planejamento e controle da manutenção – PCM.

Tsang (2002) afirma que o desenvolvimento de técnicas e métodos de manutenção deve fazer frente à:

- Estratégias atuais de operação;
- Expectativas de preservação ambientais e de segurança por parte da sociedade;
- Mudanças tecnológicas crescentes;
- Mudanças organizacionais.

Existem várias metodologias, políticas e métodos que auxiliam na gestão das atividades e custos relacionados à manutenção dos sistemas, entre as mais utilizadas estão:

- ✓ Manutenção Produtiva Total, TPM (do inglês Total Productive Maintenance);
- ✓ Metodologia da Manutenção Centrada em Confiabilidade, MCC ou RCM, do inglês (Realibility Centered Maintanance);

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal deste trabalho é mostrar a metodologia do MCC – Metodologia de centrada em confiabilidade criando um modelo para redução e prevenção de falhas em sistemas industriais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

São objetivos específicos deste trabalho:

- Apresentar um estudo bibliográfico atualizado do tema Manutenção Centrada em Confiabilidade;

- Conceituar a manutenção, seus métodos, planejamento e ações com foco orientado para Manutenção Centrada em Confiabilidade;
- Descrever e analisar a aplicação de um modelo proposto de implantação da MCC, adaptado para redução das falhas funcionais em uma extrusora de milho utilizada para fabricação de snacks de milho;
- Avaliar os resultados da implantação da MCC como ferramenta de apoio a manutenção e produção.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 MANUTENÇÃO

A definição sobre o que é manutenção tem se reinventado ao passar dos anos, com a globalização e disseminação de conhecimento juntamente com a evolução das tecnologias presentes no mundo, o conceito se renova com o passar do tempo e cada vez mais é mais abrangente e detalhista.

Na indústria atual a manutenção está se tornando ainda mais importante, com as empresas adotando-a como uma ferramenta de negócios para geração de lucros, capaz de mantê-las de forma eficiente, eficaz e econômica sustentando sua sobrevivência a longo prazo (SHARMA, et al., 2011).

Segundo o dicionário Aurélio, de Ferreira (2010, p. 1332), manutenção é conceituada como “as medidas necessárias para a conservação ou permanência de alguma coisa ou situação” e como “os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de motores e máquinas”.

De acordo com a NBR 5462 (1994, p. 6), manutenção pode ser definida como “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou realocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”, a mesma norma NBR 5462 (1994, p. 1) também estabelece um item como “qualquer parte, componente, dispositivo, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente”.

Segundo Moubray (1997), a manutenção é "todas as ações necessárias para manter um item em, ou restaurá-lo para, uma condição na qual ele possa desempenhar sua função requerida".

Na sua curva histórica de evolução, as mudanças que ocorreram se fizeram necessárias por conta da grande diversidade de maquinários e ferramentas, a alta complexibilidade de novos projetos, e o grande desenvolvimento de técnicas acompanhados de estudos sobre a área.

Se tornando assim uma prática fundamental em grandes empresas e indústrias que buscam sempre melhorar a eficiência operacional de suas máquinas, além de almejar a longevidade dos seus ativos dentro da sua organização.

Nakajima descreve manutenção como "um conjunto de atividades voltadas para maximizar a eficiência dos equipamentos, envolvendo todos os funcionários da empresa para garantir a operação ideal e prolongar a vida útil dos equipamentos".

Monchy (1987), ainda faz uma boa comparação entre a saúde humana e a saúde da máquina, afirmando que a manutenção é a “medicina das máquinas”, como podemos ver na Figura 1:

Figura 1 - Analogia Entre Saúde Humana x Máquina.

ANALOGIA			
SAÚDE HUMANA		SAÚDE DA MÁQUINA	
Conhecimento do homem	Nascimento	Entrada em operação	Conhecimento tecnológico
Conhecimento das doenças			Conhecimento dos modos de falha
Carnê de saúde	Longevidade	Durabilidade	Histórico
Dossiê médico			Dossiê da máquina
Diagnóstico, exame, visita médica	Boa saúde	Confiabilidade	Diagnóstico, pericia, inspeção
Conhecimento dos tratamentos			Conhecimento das ações curativas
Tratamento curativo	Morte	Sucata	Retirada do estado de pane, reparo
Operação			Renovação, modernização, troca
MEDICINA			MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Fonte: Adaptado de Monchy, 1987.

3.2 EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO

Ao longo do intervalo de tempo do início da concepção sobre o que era manutenção até os dias atuais, podemos abranger 4 divisões de gerações em relação a manutenção, cada uma delas demonstra uma característica da época e que foram se modernizando e atualizando os conceitos.

Para Kardec & Nascif (2009) a evolução da manutenção pode ser dividida em quatro gerações, pode-se observar o constante aumento das expectativas e conceitos, bem como o surgimento de novas técnicas e medidas de manutenção com o passar dos anos, como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Evolução da Manutenção



Fonte: Mortelari (2011)

Kardec e Nascif (2009), afirmam que nos últimos 30 anos, a manutenção passou por grandes mudanças, 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 do resultado e aumento da competitividade, entre outros.

Explicam ainda, que a manutenção pode ser dividida em quatro gerações.

3.2.1 Primeira Geração da Manutenção

A primeira geração engloba o período antes da Segunda Guerra Mundial, quando a indústria ainda era pouco mecanizada, os equipamentos eram simples e superdimensionados. A manutenção era fundamentalmente corretiva não planejada (KARDEC e NASCIF, 2009).

3.2.2 Segunda Geração da Manutenção

A segunda geração se deu entre os anos 1950 e 1970, nesse período pós Segunda Grande Guerra, houve grande aumento da mecanização e da complexidade das instalações industriais. Surge 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).

3.2.3 Terceira Geração da Manutenção

A terceira geração começou na década de 70, quando se acelerou o processo de mudança das indústrias. 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 na década de 90. Mas apesar dessa busca numa maior confiabilidade, a falta de interação nas áreas de engenharia, manutenção e operação impedia melhores resultados, logo as taxas de falhas prematuras eram elevadas (KARDEC e NASCIF, 2009).

3.2.4 Quarta Geração da Manutenção

Na quarta geração 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 paralisação 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).

3.3 TIPOS DE MANUTENÇÕES

Hoje existe uma variedade muito grande de classificações de atuações de manutenção. São elas diferentes tipos de abordagens de manutenção, cada uma com características, aplicações e objetivos específicos.

A manutenção corretiva, a mais tradicional, é realizada após a ocorrência de falhas, focando na reparação ou substituição de componentes defeituosos. Por outro lado, a manutenção preventiva busca antecipar problemas por meio de intervenções programadas, reduzindo a probabilidade de falhas inesperadas. Mais recentemente, a manutenção preditiva, que se baseia no monitoramento contínuo e na análise de dados, tem se destacado por permitir uma intervenção mais precisa e oportuna, otimizando a vida útil dos equipamentos.

3.3.1 **Manutenção Corretiva**

A Manutenção corretiva é a manutenção primitiva, o primeiro conceito de manutenção definido, conforme foi mostrado anteriormente na evolução da manutenção, é baseada praticamente na correção de uma falha ou em um desempenho menor do que o esperado, é conhecida também como como manutenção emergencial e pode ser dividida em dois conceitos, Manutenção Corretiva não Planejada e Manutenção Corretiva Planejada.

3.3.1.1 **Manutenção Corretiva Não Planejada**

A manutenção corretiva não planejada é a correção de uma falha de maneira aleatória sem tempo para preparação conforme (KARDEC e NARCIF, 2009) ela atua em um fato já ocorrido, não há tempo para preparação do serviço e infelizmente ainda é mais praticada do que deveria. Ela 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).

3.3.1.2 Manutenção Corretiva Planejada

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.

3.3.2 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo (KARDEC e NASCIF, 2009).

Pode ser definida também como uma política inversa da manutenção corretiva, pois a preventiva vai procurar evitar a ocorrência de falhas, ou seja, ela procura a prevenção.

3.3.3 Manutenção Preditiva

Este tipo de manutenção consegue garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática e técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva. Algumas variáveis como temperatura, vibrações, verificações de trincas e deformações, emitidas pelo equipamento, são acompanhadas a partir de monitores ou inspeções, possibilitando a coleta de dados, que servem para intervir ou corrigir a falha que causou algum tipo de mudanças nas variáveis (RIGONI, 2009).

3.3.4 Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC)

A manutenção centrada em confiabilidade surgiu com a visão da inserção de um processo racional e sistemático de análise, que com o menor custo possível, definisse os procedimentos para a manutenção de equipamentos (FLEMING; FRANÇA, 1997).

A confiabilidade pode ser definida como a probabilidade de que um componente, equipamento ou sistema cumprirá sua função sem falhas, por um período de tempo, sob condições especificadas (Lafraia, 2001). Para Fogliatto e Ribero (2009), a confiabilidade está relacionada a diversas áreas da Engenharia de Produção, tais como análises de riscos e segurança, qualidade, otimização da manutenção, proteção ambiental e projeto de produtos.

Segundo a Naval Sea Systems Command (1983), antes de 1960, não existiu nenhum registro de qualquer esforço para examinar a eficácia da manutenção. Foi apenas em 1967 que as companhias aéreas começaram a aplicar lógicas de árvore de decisão para identificar e avaliar os métodos de manutenção em suas operações e propor alternativas para o incremento da confiabilidade.

Em meados dos anos 70, ampliou-se a análise das políticas de manutenção na indústria aérea americana, desenvolvendo-se conceitos associados a MCC (NASA, 2000). A partir disso, várias indústrias começaram a utilizar a MCC com o objetivo de determinar as melhores políticas para gerenciamento dos itens físicos e consequências de suas falhas.

São vários os estudos e interpretações em torno da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC). Carretero et al. (2003) define a metodologia como uma sistemática que mantém o equilíbrio entre a manutenção preventiva e a corretiva, escolhendo atividades de manutenção preventiva certas para os componentes, no momento certo, atingindo assim soluções e custos eficientes.

Já Igba et al. (2013) ressalta que a mesma é uma abordagem de práticas e estratégias de manutenção reativa, preventiva e proativa de forma integrada para aumentar a probabilidade de vida de equipamentos. Kardec e Nascif (2009) afirmam que a MCC estuda um equipamento ou um sistema em detalhes, analisam como ele pode falhar e definem a melhor forma de executar a manutenção de modo a prevenir falhas ou minimizar as perdas decorrentes das falhas.

Arno et al. (2015) complementa que a manutenção centrada na confiabilidade garante a operacionalidade do item ou sistema e mantém a prevenção da função. Os mesmos ainda ressaltam que a principal visão da MCC é centrada no sistema como um todo e preocupa-se mais com a manutenção da função primária do sistema do que nos componentes individuais.

Torna-se possível observar que o conceito de MCC é baseado em abordagens eficientes de políticas de manutenção, essa eficiência pode ser determinada através da confiabilidade do sistema/equipamento. Sendo que a confiabilidade pode ser definida como a probabilidade de um equipamento desempenhar satisfatoriamente a sua função durante um intervalo de tempo e acerca de certas condições pré-definidas (SMITH, 1993). Percebe-se que o objetivo da metodologia está na preservação do sistema/equipamento e não na restauração do item para a condição ideal. Moubray (1997) afirma que preservar a função não é o mesmo que preservar a operação de um item.

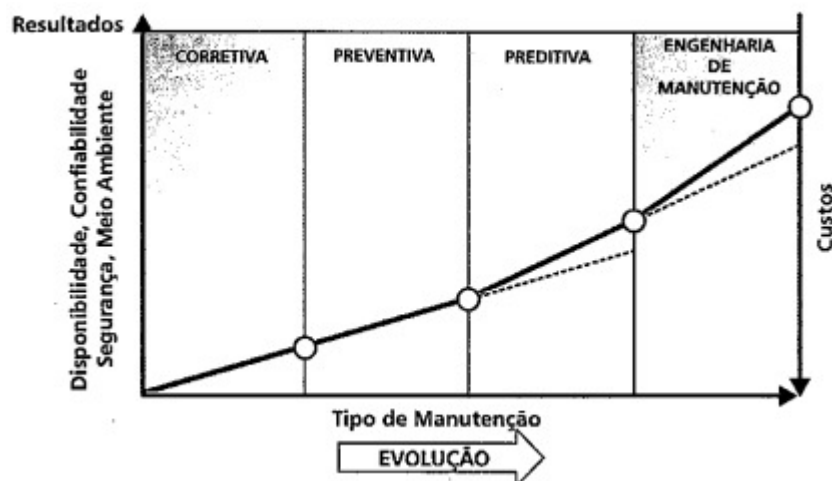
Conforme Moubray (1997), entre os resultados que são buscados a alcançar com a aplicação da MCC estão:

- Segurança Humana e Ambiental;
- Melhoria do Desempenho Operacional;
- Redução de Custos de Manutenção;
- Aumento da Vida Útil dos Itens Físicos;
- Preservação da Função do Sistema.

3.3.5 Comparação Histórica

Após passarmos por toda a evolução histórica e por conceitos e definições dos tipos de manutenções podemos ainda comparar a evolução da manutenção em um simples gráfico, que acompanha a evolução histórica da manutenção a partir de novos conceitos e métodos como manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva até a engenharia de manutenção, apresentando na Figura 3.

Figura 3 - Evolução da Manutenção – Resultados X Custos



Fonte: Kardec e Narcif (2009)

3.4 MANUTENÇÃO NO BRASIL

O Documento Nacional da Manutenção: A Situação da Manutenção no Brasil é produzido pela ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção) a cada dois anos, desde o ano de 1995. Seu objetivo é realizar um levantamento de dados para estabelecimento de índices, a nível nacional, assim como a determinação de parâmetros que possam assimilar o controle, melhoria e determinação do desempenho da manutenção no Brasil (OLIVEIRA, 2010).

3.5 IMPLANTAÇÃO DA MCC

Diversos autores reconhecidos dentro do universo da manutenção falam qual são os passos para a implementação do MCC – Manutenção Centrada em Confiabilidade, porém sua implementação de forma geral envolve uma abordagem estruturada que identifica funções essenciais dos ativos, analisa modos de falha potenciais e define ações preventivas e corretivas com foco na otimização dos recursos e na mitigação de riscos operacionais. A adoção do MCC permite às organizações reduzir custos, melhorar a segurança e garantir a continuidade operacional.

No entanto, sua implementação requer um planejamento cuidadoso, envolvendo a capacitação da equipe, o engajamento da alta administração e o uso de ferramentas apropriadas para análise e monitoramento.

A metodologia da MCC consiste em uma análise estruturada, que implica em encontrar a resposta para sete perguntas sobre os itens em revisão, descritas a seguir. Na prática acrescenta-se uma oitava questão. As questões um até a quatro correspondem às etapas de análise, da questão cinco até a sete às etapas de decisão e a oito corresponde à implementação.

- 1º Quais são as funções e padrões de desempenho a preservar?
- 2º De que forma ele falha em cumprir suas funções?
- 3º O que causa cada falha funcional?
- 4º O que acontece quando ocorre cada falha?
- 5º Qual a importância de cada falha?
- 6º O que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha?
- 7º Quais as alternativas restantes?
- 8º Quais as frequências ideais para as tarefas de manutenção?

Ao responder sistematicamente essas questões, nós obtemos uma visão abrangente sobre a criticidade dos ativos, permitindo a implementação de um plano de manutenção personalizado, alinhado às necessidades operacionais e aos objetivos estratégicos da organização.

4 METODOLOGIA

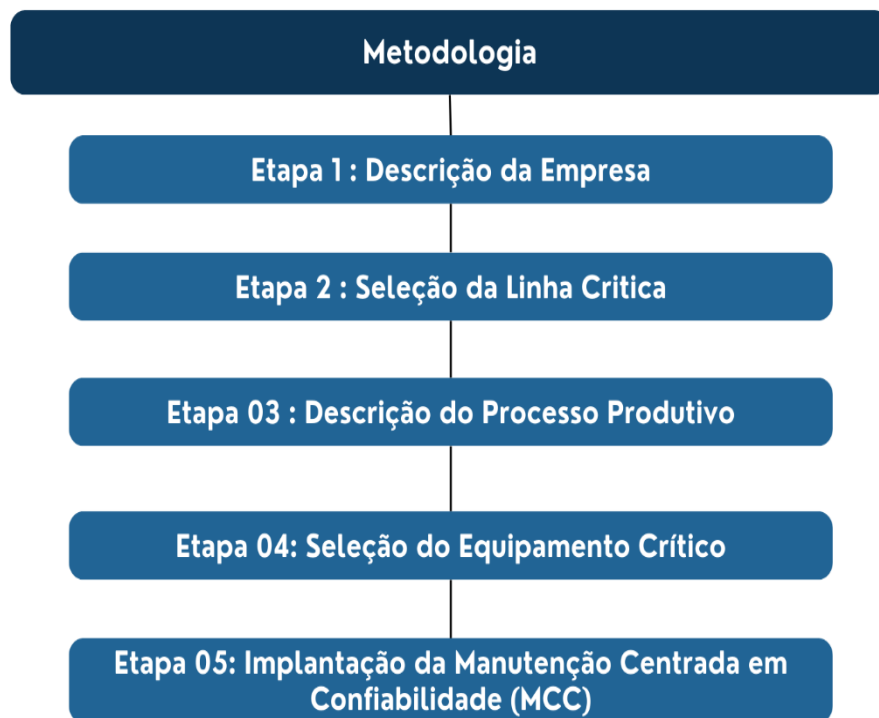
Este estudo configura-se como um estudo de caso por analisar um fenômeno específico em um contexto real, visando aprimorar a compreensão sobre o processo de tomada de decisões. Estudos de caso são caracterizados por tentar esclarecer o motivo pelo qual uma decisão ou

conjunto de decisões foram tomados, como foram implementadas e com quais resultados alcançados (YIN, 2001 apud. MIGUEL, 2007, p.219).

A coleta de dados deste estudo foi realizada por meio de relatórios periódicos, registros de dados e informações dos equipamentos fornecidos pelo setor de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) e pelo Planejamento e Controle da Produção (PCP), além dos manuais dos equipamentos e pelas experiências de analistas, gestores e mantenedores.

Para apresentar de maneira clara e objetiva as etapas realizadas neste estudo, são descritas conforme Figura 4.

Figura 4 - Esquematização das Etapas Metodológica



Fonte: Autor (2025)

4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

Nesta etapa, foi elaborada uma breve caracterização da empresa analisada, considerando o setor em que atua e suas principais características.

O estudo foi desenvolvido e aplicado em uma empresa do ramo alimentício, localizada em sua matriz na cidade de Cabedelo – PB. Hoje, a empresa encontra-se posicionada como uma das principais indústrias de alimentos da região Nordeste do Brasil e entre as seis maiores torrefações de café do país.

A marca conta com mais de 200 itens alimentícios, produzidos em um total de 12 linhas de produção. Entre seu portfólio de produtos conhecidos no mercado estão as barras de cereais, cereal extrusado, canjiquinha, cereais matinais, farinha de milho, filtros de papel, milho para pipoca, misturas para bolo, temperos, coloríficos, salgadinhos (Snacks) sinônimo da categoria na região, batatas fritas, cafés solúveis, cafés em cápsula, cappuccino, café com leite, granolas, achocolatado, amendoim, castanha, salgadinho bacon e tortilha.

Em seu espaço físico em Cabedelo, a empresa é dividida em seis partes: Setor de Recursos Humanos (RH), Setor do Café, Tecnologia da Informação (TI), Fábrica de Produtos Especiais (FPE), setor de manutenção e Centro de Distribuição (CD).

Além da sua matriz já descrita, a empresa também possui filial de produção na cidade de Itatiba – SP e encontrasse em pleno processo de expansão prestes a realizar uma nova inauguração de sua nova fábrica na cidade de Conceição de Jacuípe – BA.

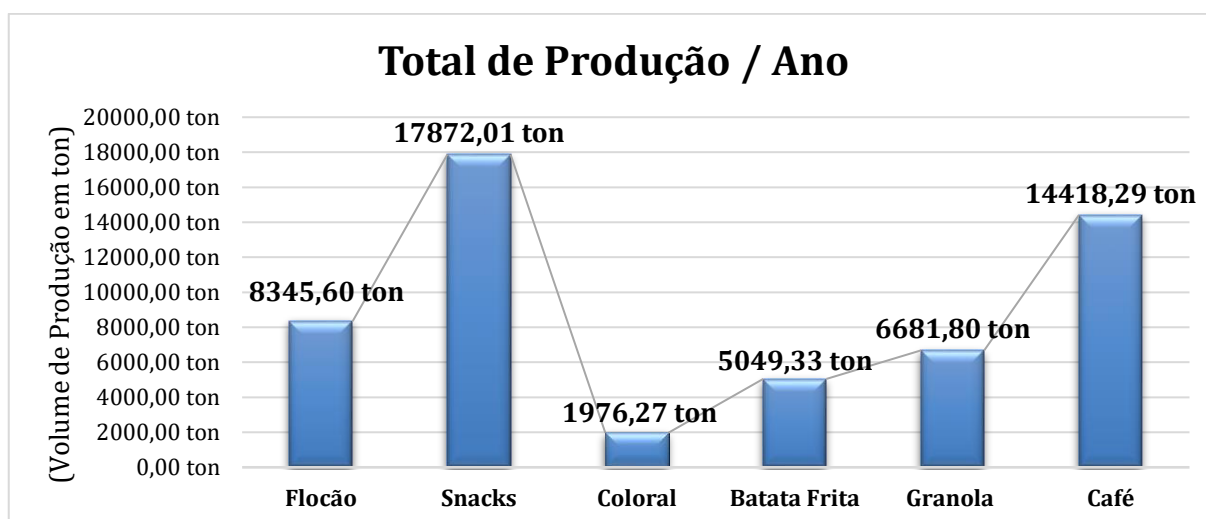
4.2 SELEÇÃO DA LINHA DE PRODUÇÃO CRÍTICA

A seleção da linha de produção crítica foi definida com base no volume de produção da linha utilizando números de produção fornecidos pelo Planejamento e Controle de Produção.

A escolha da linha de produção para análise foi fundamentada no volume de produção apresentado pelo Planejamento e Controle da Produção (PCP).

Entre as diversas linhas existentes, aquela com o maior volume produtivo destaca-se por sua relevância estratégica no processo industrial. Esse critério será decisivo, pois uma linha de produção com alta capacidade produtiva impacta diretamente nos resultados operacionais e financeiros da empresa, vide Gráfico 1.

Gráfico 1 - Volume de Produção



Fonte: Autor (2025)

Pela coleta de dados oriundos do PCP este resultado evidencia que a linha de Snacks é a mais representativa em termos de volume produtivo dentro da fábrica. Por se tratar da linha com maior capacidade de produção, qualquer falha ou interrupção impacta diretamente nos resultados operacionais, elevando custos, comprometendo prazos de entrega e reduzindo a eficiência geral.

Focar na análise e otimização da linha de Snacks permite implementar melhorias significativas que podem gerar ganhos expressivos de produtividade e qualidade. Além disso, o aprimoramento da manutenção e dos processos nessa linha contribui para a sustentabilidade das operações e para o fortalecimento da competitividade da empresa no mercado.

Portanto, com base no critério de maior volume produtivo, a linha de Snacks é a escolha mais estratégica para garantir melhorias relevantes no desempenho global da fábrica.

4.3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

Em seguida, foi detalhado o processo de fabricação de Snacks, permitindo visualizar cada etapa do processo com suas respectivas descrições.

O processo básico de fabricação de snacks de milho envolve várias etapas que transformam o grão de milho em um produto final saboroso e crocante.

As principais fases desse processo produtivo:

1º Recebimento e Armazenamento da Matéria-Prima

Os grãos de milho são recebidos e armazenados em condições adequadas para preservar sua qualidade. Nessa etapa, são realizadas análises para verificar a umidade, a pureza e a integridade dos grãos.

2º Limpeza e Classificação

Os grãos passam por processos de limpeza para remover impurezas, como pedras, poeira e resíduos. Também podem ser classificados por tamanho para garantir uniformidade na produção.

3º Moagem

O milho é moído para obter uma farinha com granulometria adequada para a produção dos snacks. A textura da farinha influencia diretamente a qualidade e a crocância do produto final.

4º Mistura e Condicionamento da Massa

A farinha de milho é misturada com água e outros ingredientes, como sal, açúcar, aromatizantes e aditivos, formando uma massa homogênea. Esse processo pode envolver a adição de corantes e temperos para atender às especificações do produto.

5º Extrusão

A massa é conduzida para o extrusor, onde é submetida a altas temperaturas e pressões. Nesse equipamento, a mistura é cozida e moldada, adquirindo a forma desejada (palitos, anéis, flocos, etc.). O processo de extrusão também contribui para a textura crocante dos snacks.

6º Secagem

Após a extrusão, os snacks ainda possuem umidade e passam por um sistema de secagem controlada. Essa etapa é essencial para reduzir a umidade e garantir a crocância do produto.

7º Torrefação

O snack passa por um processo de torrefação em altas temperaturas em fornos industriais. Para conseguir dar a crocância desejada.

8º Tempero e Saborização

Após a torrefação, os snacks passam por tamboreadores onde são aplicados temperos, aromas e coberturas. Essa etapa personaliza o sabor do produto, como queijo, bacon, churrasco ou outros sabores específicos.

9º Resfriamento

Os snacks são resfriados para estabilizar a textura e facilitar o empacotamento. Esse processo evita a condensação de umidade, preservando a crocância.

10º Embalagem

Os produtos são pesados, porcionados e embalados em pacotes com vedação para garantir frescor e prolongar a validade. As embalagens são identificadas com informações de lote, validade e rastreabilidade.

11º Armazenamento e Distribuição

Os pacotes prontos são armazenados em áreas apropriadas e posteriormente distribuídos para pontos de venda ou centros de distribuição.

4.4 SELEÇÃO DO EQUIPAMENTO CRÍTICO

A identificação do equipamento crítico é uma etapa fundamental para garantir a eficiência e a confiabilidade da linha de produção. A escolha do equipamento mais crítico permite direcionar estratégias de manutenção e otimização de processos, minimizando riscos de falhas que possam comprometer a produtividade. Para essa seleção, foi utilizada a Matriz de Criticidade, uma ferramenta de gestão amplamente aplicada na avaliação de riscos e priorização de equipamentos.

4.4.1 Matriz de Criticidade

A Matriz de Criticidade é um método sistemático utilizado para classificar e priorizar equipamentos com base em fatores que impactam diretamente o desempenho da produção e a segurança operacional. Essa matriz considera variáveis como:

- Probabilidade de Falha: Frequência com que o equipamento apresenta falhas.
- Impacto na Produção: Consequências que uma falha pode causar na produtividade.
- Custo de Manutenção: Custos associados às intervenções corretivas e preventivas.
- Segurança: Riscos que o equipamento oferece à segurança dos colaboradores e ao meio ambiente.

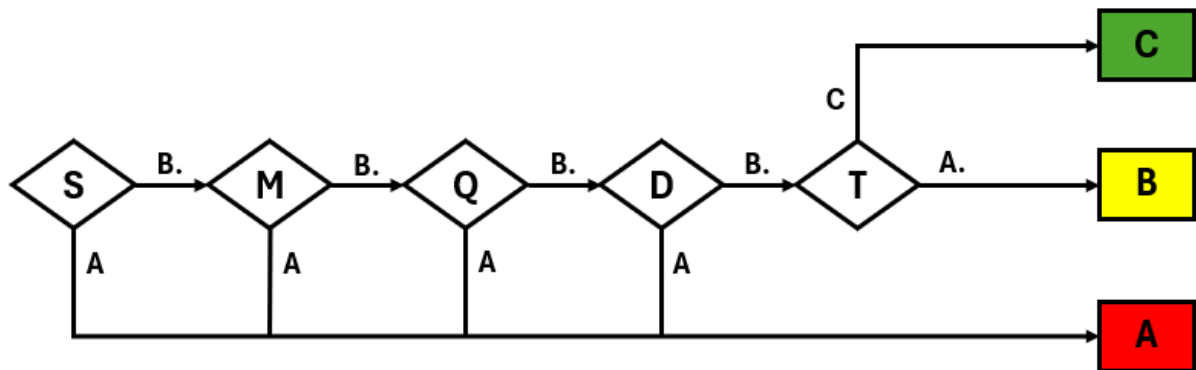
Os equipamentos são avaliados e classificados em diferentes níveis de criticidade (Alto (A), Médio (B) ou Baixo (C)) com base nesses critérios. Essa classificação permite identificar quais ativos demandam maior atenção e recursos para garantir a continuidade e segurança das operações.

4.4.1.1 Aplicação da Matriz de Criticidade na Linha de Snacks

Para a seleção do equipamento crítico na linha de produção de Snacks de milho, foram coletados dados operacionais e de manutenção de cada equipamento. Esses dados foram analisados com base nos seguintes critérios:

- Segurança;
- Meio Ambiente;
- Qualidade;
- Disponibilidade;
- Tempo de Trabalho.

A determinação do fluxograma da Matriz Criticidade pode ser descrita conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Fluxograma da Matriz Criticidade**Fonte:** Autor (2025)

Seguindo o fluxograma definido pela matriz acima, devemos responder a uma série de perguntas. Com base nas respostas, a matriz orienta seu fluxo até alcançar o resultado final, determinando a classificação de criticidade do ativo como Alta (A), Média (B) ou Baixa (C).

- a) Para a segurança, como o ativo deve ser classificado?
 - i. Risco potencial e histórico de ocorrências de segurança envolvendo mortes ou deficiência permanente.
 - ii. Risco potencial de segurança envolvendo deficiência temporária ou doença de trabalho.
 - iii. Risco potencial de segurança sem possibilidade de acidentes ou deficiência.

- b) Para a segurança, como o ativo deve ser classificado?
 - i. Risco potencial e histórico de ocasionar parâmetros fora da legislação legal, com impacto externo.
 - ii. Risco potencial de ocasionar parâmetros fora da legislação legal, com impacto interno.
 - iii. Não há risco potencial de ocasionar impacto Ambiental.

- c) Para a qualidade, como o ativo deve ser classificado?
 - i. Risco potencial e histórico de ocasionar não conformidade percebida pelo cliente OU de gerar desvio em PCC.
 - ii. Risco potencial de ocasionar não conformidade que podem gerar retrabalho ou com impacto indireto na Segurança de Alimentos.
 - iii. Risco potencial de possibilitar retrabalho ou não impacta no processo.

- d) Para a disponibilidade, como o ativo deve ser classificado?
- Equipamento pode gerar parada total da linha de produção.
 - Perda de eficiência significativa na linha de produção.
 - Não há risco de impacto de produção.
- e) Para o tempo de trabalho, como o ativo deve ser classificado?
- 24 Horas / Dia.
 - Entre 8 e 24 Horas/ Dia.
 - Menor que 8 Horas / Dia.

Respondida as perguntas, o nosso resultado apresenta-se no Quadro 1.

Quadro 1 - Resultados Matriz Criticidade

EQUIPAMENTO	SEGURANÇA	MEIO AMBIENTE	QUALIDADE	DISPONIBILIDADE	TEMPO DE TRABALHO	RESULTADO
Silo (Pulmão)	iii	iii	iii	iii	iii	C
Balança	iii	iii	iii	iii	iii	B
Transporte Pneumático	iii	iii	iii	ii	ii	B
Misturador	iii	iii	ii	i	i	B
Dosador	iii	iii	iii	ii	i	B
Extrusora	iii	iii	i	i	i	A
Transporte Pneumático (Silo / Forno)	iii	iii	iii	ii	ii	B
Forno	i	ii	i	i	i	A
Esteira Inclinada	iii	iii	iii	i	i	B
Balança de empacotamento	iii	iii	iii	iii	i	B
Empacotadora	iii	iii	iii	i	i	B

Fonte: Autor (2025)

Após a aplicação da Matriz de Criticidade, que classificou os ativos conforme seu impacto na operação, foram identificados dois equipamentos de **criticidade A** (alta), a Extrusora e o Forno respectivamente. No entanto, para a tomada de decisão mais eficiente, é necessário definir qual desses equipamentos será priorizado para estudos mais aprofundados e ações corretivas.

Portanto, a metodologia adotada para selecionar qual equipamento será analisado no estudo de MCC será a Fronteira de Pareto. Para isso, os dados utilizados serão extraídos das Ordens de Serviço de Manutenção (OSMs) do tipo **corretiva emergencial**, abrangendo todo o período do ano de 2024. Essa abordagem permitirá identificar qual dos dois equipamentos críticos apresentou maior ocorrência de falhas e impactos operacionais, garantindo que o estudo seja direcionado para o ativo com maior necessidade de intervenção.

As Ordens de Serviço de Manutenção (OSMs) do tipo corretiva emergencial são fundamentais para um estudo voltado à **confiabilidade**, pois fornecem dados essenciais para a análise do desempenho dos ativos. A partir dessas informações, é possível calcular indicadores como MTBF (Tempo Médio Entre Falhas) e MTTR (Tempo Médio para Reparo), além de avaliar custos de manutenção e identificar quais componentes apresentam maior recorrência de falhas. Esses dados são cruciais para direcionar ações de melhoria e aumentar a disponibilidade dos equipamentos.

Portanto quando solicitamos os dados ao Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) tem-se a quantidade de OSMs do tipo corretivas emergenciais abertas durante o ano de 2024, vide Quadro 2.

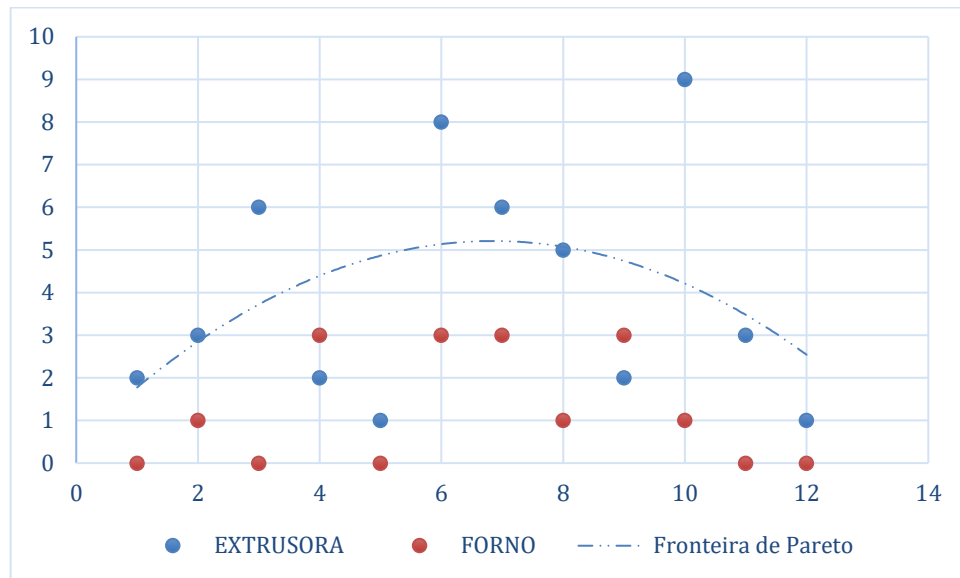
Quadro 2 - Quantidade De Osms Corretivas Por Equipamento 2024

OSM'S CORRETIVAS EMERGENCIAIS – 2024		
MESES	EXTRUSORA	FORNO
JANEIRO	2	0
FEVEREIRO	3	1
MARÇO	6	0
ABRIL	2	3
MAIO	1	0
JUNHO	8	3
JULHO	6	3
AGOSTO	5	1
SETEMBRO	2	3
OUTUBRO	9	1
NOVEMBRO	3	0
DEZEMBRO	1	0
TOTAL	48	15

Fonte: Autor (2025)

O gráfico ficará da seguinte forma:

Gráfico 2 - Gráfico Fronteira de Pareto



Fonte: Autor (2025)

Este gráfico permite uma análise clara, evidenciando que, embora o forno tenha um nível de prioridade e criticidade superior ao da extrusora com base na matriz criticidade respondida, a frequência das OSMs corretivas na extrusora é significativamente maior. Isso indica um impacto mais expressivo na produtividade da linha, afetando diretamente o desempenho e os resultados finais da operação. Portanto com base nos dados evidenciados será escolhida a extrusora para o estudo de confiabilidade.

4.5 IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE (MCC)

A Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), ou Reliability Centered Maintenance (RCM) em inglês, é uma metodologia que examina detalhadamente um equipamento ou sistema, identificando possíveis modos de falha e determinando a estratégia de manutenção mais eficiente para prevenir essas falhas ou reduzir os impactos decorrentes delas.

Levando em conta as limitações e particularidades da empresa, este estudo demonstra a aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), alinhando-se à metodologia desenvolvida e apresentada por Moubray (1997) Onde fala que para se enquadrar qualquer item no processo da Manutenção Centrada em Confiabilidade deve-se aplicar e responder as sete perguntas listadas abaixo:

- 1º O que o sistema faz e quais são seus padrões de desempenho?
- 2º De que formas ele pode falhar em cumprir suas funções?
- 3º O que causa cada falha funcional?
- 4º O que acontece quando ocorre cada falha?
- 5º O que causa maior impacto?
- 6º O que pode ser feito para evitar ou reduzir as consequências das falhas?
- 7º O que fazer caso nenhuma ação proativa seja viável?

Para isso, foi adotada uma estrutura de implantação híbrida, onde a primeira etapa de preparação do estudo foi baseada na metodologia de Rausand et al. (2003), enquanto as etapas seguintes seguiram o estudo de Siqueira (2005):

- Etapa 1: Preparação do estudo;
- Etapa 2: Seleção do Sistema e Coleta de Informações;
- Etapa 3: Análise dos Modos e Efeitos de Falhas;
- Etapa 4: Seleção de Funções Significantes;
- Etapa 5: Seleção de Atividades Aplicáveis;
- Etapa 6: Seleção das Atividades Aplicáveis e Efetivas;
- Etapa 7: Definição da Periodicidade das Atividades.

4.5.1 Preparação do Estudo

A primeira etapa consiste em compreender o ambiente de aplicação, identificando suas disponibilidades e limitações para elaborar um planejamento de implantação adequado às particularidades da empresa. De acordo com Rausand et al. (2003), é essencial analisar as necessidades, políticas e critérios aceitáveis, especialmente no que se refere à segurança e à proteção da empresa, pois essas diretrizes atuam como condições limitantes. Com base nisso, serão desenvolvidas estratégias compatíveis com as restrições existentes.

Inicialmente, é fundamental definir os profissionais responsáveis pela implementação do procedimento. A equipe terá a incumbência de realizar análises, execuções e a gestão da filosofia, exigindo comprometimento, disciplina e envolvimento de todos para garantir a disseminação eficaz da MCC.

A seleção da comissão de Manutenção Centrada na Confiabilidade foi realizada a partir do organograma dos setores de manutenção e produção, sendo composta por:

- **Facilitador**
 - Autor do Estudo;
- **Manutenção**
 - Estagiário do Setor de Engenharia e Manutenção;
 - Supervisor de Manutenção;
 - Coordenador de Engenharia e Manutenção.
- **Produção**
 - Operador da Máquina;
 - Supervisor de Produção;
 - Coordenador de Produção;

Segundo Rigoni (2009), um dos fatores essenciais para o sucesso na implantação da MCC é o levantamento detalhado de dados e informações sobre os equipamentos. A empresa forneceu suporte adequado e acesso às informações necessárias para a implementação da metodologia.

O embasamento técnico foi obtido por meio do manual do equipamento, registros de atendimento de manutenção (OSM's), tempo de parada das linhas e dos equipamentos, percentuais de reprocesso e conhecimento empírico dos mantenedores. Portanto essa estrutura organizacional previamente definida representam peças fundamentais para o êxito da aplicação do MCC.

4.5.2 Seleção do Sistema de Coletas e Informações

A justificativa da criticidade da linha e do equipamento selecionados pode ser ainda mais fortalecida ao considerar que a indisponibilidade dos produtos fabricados nesse setor, especialmente nessa linha, exerce uma grande influência na percepção da organização no mercado. Além disso, a indisponibilidade está diretamente ligada a diversos fatores de custo, como a perda de clientes devido a atrasos na entrega, o custo da ociosidade, a redução da produção, entre outros, todos impactando significativamente e de forma negativa a rentabilidade da empresa.

Os snacks de milho são considerados os produtos de maior contribuição financeira da empresa, uma vez que apresentam uma alta taxa de demanda em relação aos demais itens do portfólio. Essa relevância faz com que a disponibilidade da linha de produção seja um fator estratégico para o sucesso operacional e comercial da organização.

A seleção do sistema foi realizada com base em uma abordagem estruturada, utilizando uma matriz de criticidade ABC em conjunto com a aplicação da Lei de Pareto. Essa metodologia permitiu uma análise mais precisa, priorizando os equipamentos que apresentam maior impacto na operação.

Os dados utilizados para essa avaliação foram extraídos das OSMs emergenciais, obtidas diretamente pelo setor de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM). Dessa forma, foi possível identificar os ativos mais críticos, considerando tanto a frequência de falhas quanto os impactos financeiros e operacionais causados pela indisponibilidade dos equipamentos.

Portanto a partir dessas análises foi definido que a extrusora será o equipamento escolhido para a aplicação do MCC.

4.5.3 Descrição do Equipamento

Uma extrusora é um equipamento utilizado na indústria de alimentos para processar e moldar ingredientes por meio de alta temperatura, pressão e cisalhamento. No caso da produção de snacks de milho, a extrusora recebe uma mistura de farinha de milho e outros ingredientes (como água e aromatizantes) e a submete a um processo de cozimento contínuo.

Para produção de snacks de milho, o processo é totalmente automático e inicia com a alimentação de uma mistura de farinha de milho e outros ingredientes em um sistema de roscas que transporta, aquece e pressuriza o material, promovendo a gelatinização do amido. Em seguida, a alta temperatura e a pressão interna criam uma massa homogênea que, ao ser forçada através de uma matriz de extrusão, sofre expansão ao entrar em contato com a atmosfera. E lâminas rotativas cortam os snacks no formato desejado.

Figura 6 - Extrusora Bühler



Fonte: BÜHLER (2025)

4.5.4 Análise dos Modos e Efeitos de Falhas

A Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA – Failure Modes and Effects Analysis) é uma metodologia estruturada utilizada para identificar, avaliar e mitigar potenciais falhas em processos, sistemas ou equipamentos. Seu objetivo é antecipar possíveis modos de falha, analisar suas causas e consequências e propor ações corretivas ou preventivas para reduzir riscos operacionais.

No contexto da manutenção industrial, a aplicação do FMEA permite uma visão detalhada do comportamento dos equipamentos, possibilitando a priorização de ações conforme o impacto das falhas na segurança, qualidade e disponibilidade operacional. O estudo considera fatores como a severidade da falha, a frequência de ocorrência e a capacidade de detecção, auxiliando na tomada de decisões estratégicas para otimizar a confiabilidade e a eficiência do sistema produtivo.

Esta seção tem como objetivo, por meio da aplicação da técnica FMEA, identificar e documentar todas as funções do sistema, os modos de falha, os efeitos adversos em relação às funções originais, suas possíveis causas e a avaliação da criticidade associada. Para essa análise, foram consideradas informações coletadas em um período de 1 ano, abrangendo históricos de falhas, dados do manual do fabricante do equipamento e o conhecimento prático dos mantenedores.

Quadro 3 - Cabeçalho FMEA

FMEA		Processo:				Nº:	Coordenação:					Data:		
		Linha:					Italo José da Silva Beserra							
		Equipamento:				Rev:						Folha:		
		Conjunto:												
Item	Função	Modo de Falha	Efeito de Falha	Severidade	Causa da Falha	Ocorrência	Controles Atuais	Detecção	Risco (NPR)	Ações Recomendadas	Resultado			
											Severidade	Ocorrência	Detecção	Risco (NPR)

Fonte: Autor (2025)

4.5.4.1 Componentes do Equipamento

Nesta seção, serão apresentados e descritos os principais componentes da extrusora.

Quadro 4 - Componentes Extrusora

Extrusora	
Número	Componente
1	Motor Elétrico
2	Redução
3	Roscas
4	Trefila
5	Lâmina de Corte

Fonte: Autor (2025)

4.5.4.2 Componentes e Suas Respectivas Funções

Nesta seção, serão apresentados e descritos os principais componentes da extrusora, destacando suas funções.

Quadro 5 - Funções Dos Componentes

Componentes	Funções
Motor Elétrico	Fornece a energia necessária para movimentar as roscas dentro do cilindro da extrusora, garantindo o transporte e processamento da matéria-prima.
Redução	Sistema de engrenagens que reduz a velocidade do motor elétrico e aumenta o torque, permitindo um controle preciso da rotação das roscas.
Roscas	Elementos helicoidais que transportam, misturam, comprimem e aquecem a matéria-prima por meio de atrito e pressão, promovendo a gelatinização do amido.
Trefila	Molde localizado na saída da extrusora que define o formato final do produto ao forçar a massa expandida a passar por orifícios específicos.
Lâmina de Corte	Sistema rotativo que corta o produto extrudado na saída da trefila, ajustando o tamanho final dos snacks conforme a velocidade e distância da lâmina.

Fonte: Autor (2025)

4.5.4.3 Componentes, Modos de Falha e Suas Respectivas Causas

Após a identificação de todos os componentes do sistema, a equipe responsável pela implementação do MCC se reuniu, o que possibilitou a identificação das falhas e suas respectivas causas associadas a cada componente.

Quadro 6 - Modos de Falha X Causas

Componentes	Modos de Falha	Causas
Motor Elétrico	Superaquecimento	1. Ventilação inadequada; 2. Sobrecarga do motor; 3. Falha no sistema de refrigeração; 4. Falha no termostato; 5. Uso contínuo em condições de alta temperatura;
	Desgaste dos rolamentos	1. Falta de lubrificação; 2. Rolamentos de baixa qualidade; 3. Exposição a ambientes com alta umidade ou poeira; 4. Falta de manutenção preventiva;
	Mau contato elétrico	1. Conexões frouxas ou mal feitas; 2. Fiação danificada; 3. Corrosão ou oxidação dos terminais; 4. Vibração excessiva que pode danificar as conexões;
Redução	Desgaste das engrenagens	1. Falta de lubrificação adequada;
	Lubrificação insuficiente	1. Nível baixo de óleo ou fluido; 2. Óleo de baixa qualidade ou inadequado; 3. Falta de manutenção periódica;
	Folgas excessivas	1. Desgaste natural dos componentes ao longo do tempo;
Roscas	Desgaste excessivo por atrito	1. Velocidade de operação excessiva 2. Condições de operação adversas (alta temperatura, alta umidade)
	Corrosão	1. Exposição à umidade
	Acúmulo de resíduos	1. Uso em ambientes sujos ou com alta exposição a partículas 2. Falta de limpeza regular 3. Contaminação no processo de fabricação 4. Resíduos acumulados durante a operação

Componentes	Modos de Falha	Causas
Roscas	Deformações	- Excesso de carga aplicada à rosca - Operação fora das especificações do fabricante
	Quebras	- Sobrecarga ou pico de tensão - Choques ou impactos durante a operação
Trefila	Entupimento por acúmulo de material	- Falta de manutenção ou limpeza periódica - Defeito no sistema de alimentação do material - Material com características inadequadas (umidade excessiva, impurezas)
	Desgaste nos orifícios	- Uso prolongado sem manutenção - Alta pressão de operação
	Falhas no encaixe	- Defeito de fabricação ou desgaste do encaixe - Falha nos dispositivos de controle (sensores, atuadores)
Lâmina de Corte	Desgaste da aresta de corte	- Uso prolongado sem afiação ou substituição - Material a ser cortado muito duro ou abrasivo - Condições de corte inadequadas (velocidade, pressão)
	Desalinhamento	- Instalação incorreta da lâmina - Desgaste ou defeito nos suportes da lâmina - Problemas mecânicos na máquina de corte - Falta de ajuste adequado na operação
	Vibração excessiva	- Má fixação da lâmina - Falha na estrutura da máquina - Problema de balanceamento da lâmina
	Quebra	- Choques mecânicos ou impactos durante a operação - Travamento - Empenamento

Fonte: Autor (2025)

4.5.4.4 Componentes, Modos de Falha e os Efeitos da Falha

Considerando que um componente pode apresentar múltiplos modos de falha e que diferentes causas podem estar associadas a esses modos, é fundamental identificar os efeitos de cada uma dessas falhas.

Quadro 7 - Modos de Falha X Efeitos da Falha

Componentes	Modos de Falha	Efeitos da Falha
Motor Elétrico	Superaquecimento	1. Redução da vida útil do motor; 2. Danos aos componentes internos, como enrolamentos e isolamentos; 3. Risco de incêndio ou curto-circuito; 4. Diminuição da eficiência do motor; 5. Interrupção da operação, parada do sistema;
	Desgaste dos rolamentos	1. Aumento de vibração e ruído; 2. Perda de precisão e desempenho; 3. Aumento da fricção e aquecimento do motor; 4. Potencial falha total do motor devido à falha nos rolamentos;
	Mau contato elétrico	1. Interrupção intermitente no fornecimento de energia; 2. Possibilidade de sobreaquecimento nas conexões; 3. Falha total no funcionamento do motor
Redução	Desgaste das engrenagens	1. Redução da eficiência do sistema de transmissão; 2. Aumento do ruído e vibração; 3. Possível falha total de transmissão de movimento; 4. Interrupção do processo devido à quebra das engrenagens;
	Lubrificação insuficiente	1. Aumento do atrito e desgaste prematuro; 2. Aquecimento excessivo e possível falha dos componentes; 3. Redução da eficiência no sistema de transmissão; 4. Falha total do sistema de redução devido a danos irreversíveis;

Componentes	Modos de Falha	Efeitos da Falha
Redução	Folgas excessivas	1. Perda de precisão no movimento e no controle; 2. Aumento da vibração e ruído; 3. Desgaste acelerado das engrenagens e outros componentes; 4. Potencial falha no sistema de transmissão;
Roscas	Desgaste excessivo por atrito	1. Diminuição da precisão no movimento; 2. Aumento da carga e resistência; 3. Redução da eficiência no processo; 4. Falha na funcionalidade da rosca, com risco de parada do sistema;
	Corrosão	1. Falha mecânica devido à fragilidade dos componentes; 2. Possível falha completa da rosca devido ao comprometimento estrutural;
	Acúmulo de resíduos	1. Bloqueio do movimento da rosca; 2. Aumento do desgaste por atrito; 3. Danos ao material processado ou falha no processo;
	Deformações	1. Possível falha catastrófica no sistema de rosca;
	Quebras	1. Interrupção imediata do processo; 2. Danos a outros componentes conectados à rosca; 3. Necessidade de substituição da rosca e possivelmente de outros componentes; 4. Parada da produção ou operação;
Trefila	Entupimento por acúmulo de material	1. Interrupção do processo de trefilação; 2. Perda de produtividade e eficiência; 3. Necessidade de parada para limpeza e manutenção;
	Desgaste nos orifícios	1. Aumento de defeitos no material produzido; 2. Redução da qualidade do produto final;
	Falhas no encaixe	1. Interrupção do processo ou falha no produto final; 2. Vazamento de material;

Componentes	Modos de Falha	Efeitos da Falha
Lâmina de Corte	Desgaste da aresta de corte	1. Perda de capacidade de corte preciso; 2. Necessidade de afiação ou troca frequente de lâminas; 3. Diminuição da eficiência do processo de corte;
	Desalinhamento	1. Corte impreciso; 2. Produção de produto defeituoso; 3. Redução da eficiência e aumento do tempo de operação
	Vibração excessiva	1. Redução da qualidade do corte devido à instabilidade; 2. Desgaste irregular da lâmina; 3. Interrupção do processo devido à instabilidade operacional;
	Quebra	1. Interrupção imediata do processo de corte;

Fonte: Autor (2025)

4.5.4.5 Efeitos de Falha X Número de Prioridade de Risco (NPR)

Nesta seção vamos encontrar o NPR (Número de Prioridade de Risco), que desempenha um papel fundamental, pois ele classifica as falhas de acordo com sua severidade, probabilidade de ocorrência e a capacidade de detectá-las. O cálculo do NPR é essencial para a priorização das falhas que têm maior impacto nos sistemas, possibilitando a implementação de medidas preventivas e corretivas de forma mais eficiente. O FMEA, quando aplicado com o NPR, oferece uma visão clara dos riscos, permitindo que a manutenção seja realizada de maneira mais estratégica e eficaz, inclusive para as falhas que provocam pequenas consequências que não requerem medidas proativas.

O NPR é obtido pela multiplicação das pontuações atribuídas à severidade, ocorrência e detectabilidade de cada modo de falha em uma escala de 1 a 10, sendo uma métrica essencial no FMEA.

- **Severidade (S):** A gravidade das consequências caso a falha ocorra.
- **Probabilidade de Ocorrência (O):** A probabilidade de a falha acontecer.
- **Detectabilidade (D):** A capacidade de detectar a falha antes que ela cause impacto.

Com base na avaliação conduzida pelo grupo designado, foi determinado o número de prioridade de risco (NPR) para cada modo de falha.

Quadro 8 - Modos de Falha X NPR

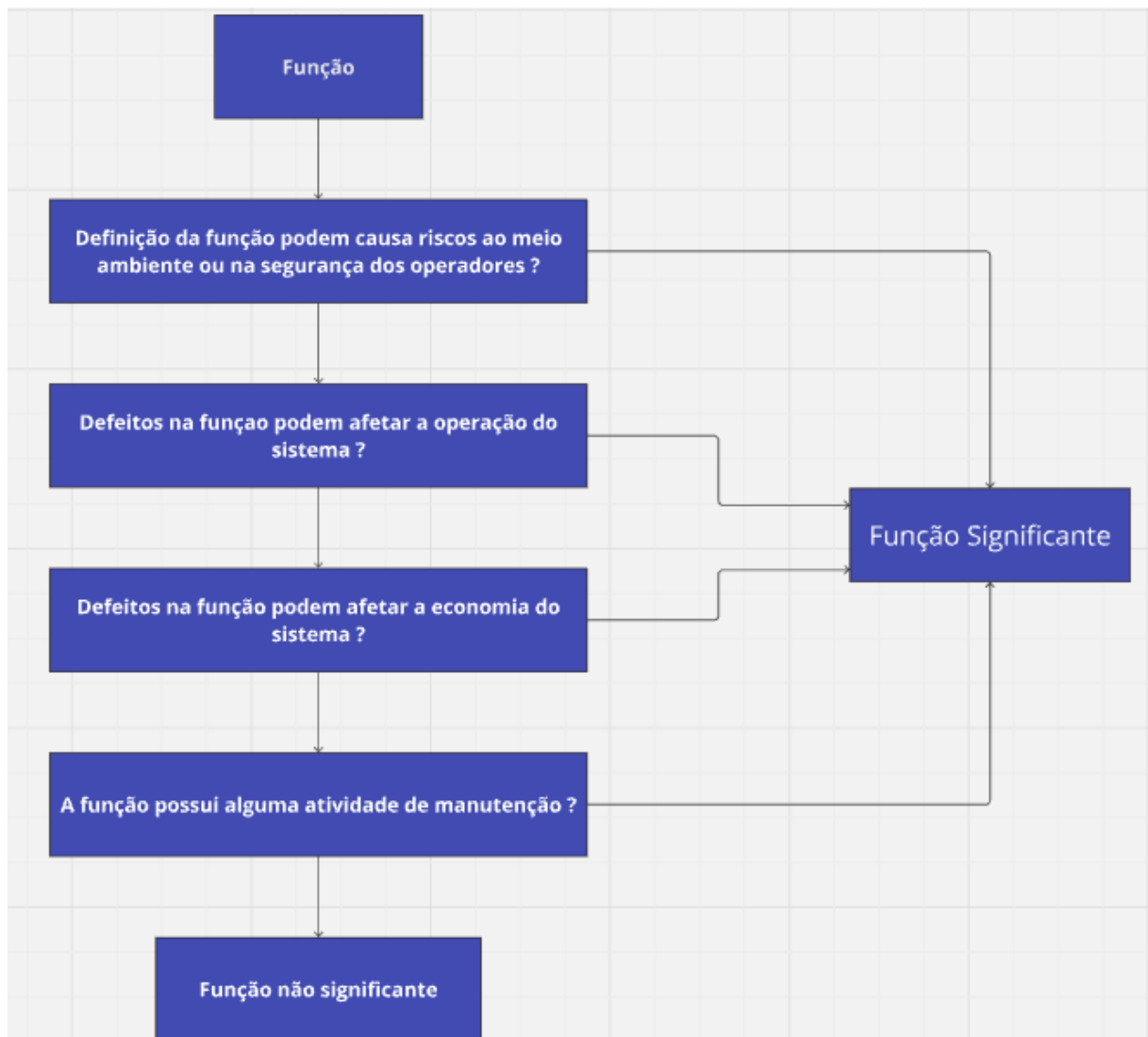
Componentes	Modos de Falha	S	O	D	NPR
Motor Elétrico	Superaquecimento	7	3	4	84
	Desgaste dos rolamentos	5	6	2	60
	Mal contato elétrico	8	2	2	32
Redução	Desgaste das engrenagens	8	1	1	8
	Lubrificação insuficiente	6	3	3	54
	Folgas excessivas	8	2	4	64
Roscas	Desgaste excessivo por atrito	7	4	8	224
	Corrosão	5	3	7	105
	Acúmulo de resíduos	3	4	7	84
	Deformações	6	2	9	108
	Quebras	8	2	10	160
Trefila	Entupimento por acúmulo de material	3	6	8	144
	Desgaste nos orifícios	3	3	7	63
	Falhas no encaixe	5	3	6	90
Lâmina de Corte	Desgaste da aresta de corte	5	8	6	240
	Desalinhamento	8	6	7	336
	Vibração excessiva	9	4	8	288
	Quebra	9	5	10	450

Fonte: Autor (2025)

Na empresa em questão, a equipe responsável pela MCC definiu o valor de 80 como o limite mínimo de risco, com base na observação de que NPR iguais ou superiores a esse valor representam um risco elevado e, portanto, crítico. Dessa forma, os valores de NPR apresentados e destacados no quadro acima são considerados como críticos dentro da análise realizada.

4.5.4.6 Funções Significantes

Nesta seção, aplica-se um processo estruturado, fundamentado em Siqueira (2005), para avaliar cada função identificada na etapa anterior e determinar a relevância de uma falha, considerando seu impacto nos pilares da MCC. Esses pilares englobam aspectos essenciais, como segurança, meio ambiente, operação e viabilidade econômica do processo.

Figura 7 - Funções Significantes

Fonte: Adaptado de Siqueira (2005)

Portanto o fluxograma acima realiza uma sequência de questionamentos a fim de determinar se a função é caracterizada como significativa ou não. O autor também sugere a seguinte forma de classificação das falhas:

- **ESA:** Segurança/Ambiental Evidente;
- **OSA:** Segurança/Ambiental Oculta;
- **EEO:** Operacional/Econômico Evidente;
- **OEO:** Operacional/Econômico Oculta.

De acordo com Souza (2008), uma falha pode ser dita evidente quando a mesma é detectada pela equipe de operação durante um trabalho normal, já uma falha é dita oculta quando não há essa possibilidade. Além disso, uma falha funcional pode ter consequências

relacionadas à segurança humana e ambiental e/ou relacionados ao econômico e operacional. Portanto seguindo essa linha de raciocínio foi elaborado o seguinte quadro.

Quadro 9 - Funções Significantes

Componentes	Modos de Falha	Visível / Evidente	Segurança / Ambiental	Econômico / Operacional	Categoria
Motor Elétrico	Superaquecimento		x		ESA
	Desgaste dos rolamentos			x	OEO
	Mau contato elétrico		x		OSA
Redução	Desgaste das engrenagens			x	OEO
	Lubrificação insuficiente			x	OEO
	Folgas excessivas			x	OEO
Roscas	Desgaste excessivo por atrito	x		x	EEO
	Corrosão	x		x	EEO
	Acúmulo de resíduos	x		x	EEO
	Deformações	x		x	EEO
	Quebras	x	x	x	ESA / EEO
Trefila	Entupimento por acúmulo de material	x		x	EEO
	Desgaste nos orifícios	x		x	EEO
	Falhas no encaixe	x		x	EEO
Lâmina de Corte	Desgaste da aresta de corte	x		x	EEO
	Desalinhamento			x	OEO
	Vibração excessiva	x	x	x	ESA / EEO
	Quebra	x	x	x	ESA / EEO

Fonte: Autor (2025)

4.5.4.7 Seleção de Atividade Aplicáveis

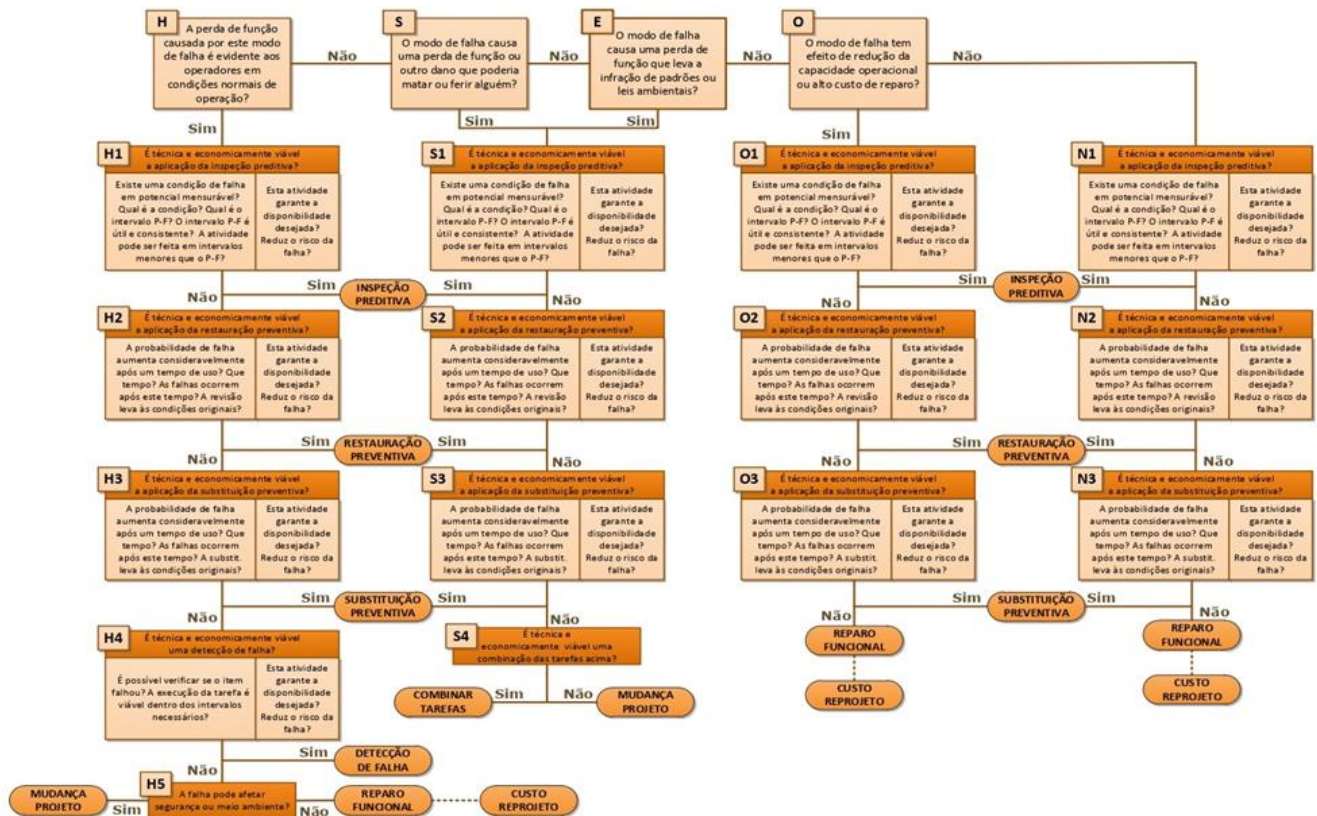
Para definir as atividades de manutenção aplicáveis, foi utilizado um diagrama lógico proposto por Moubray (1997), conforme apresentado no Apêndice 1. Esse diagrama é uma ferramenta essencial para a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), pois orienta a tomada de decisão com base em critérios objetivos e estruturados. A metodologia aplicada segue uma sequência lógica de questionamentos, respondidos de forma colaborativa pela equipe da MCC, garantindo que todos os fatores críticos sejam analisados antes da definição das estratégias de manutenção.

O diagrama possibilita avaliar a criticidade de cada falha com base em critérios como impacto na segurança, meio ambiente, operação e custos. A partir dessa avaliação, é possível determinar a melhor abordagem para mitigar ou eliminar as falhas, selecionando entre diferentes estratégias de manutenção. Entre as principais questões analisadas estão: o impacto da falha na segurança dos operadores e na integridade do equipamento, a influência da falha no desempenho operacional e a viabilidade técnica e econômica da manutenção preventiva ou preditiva.

Com base nessa análise, foram definidas as atividades de manutenção mais adequadas para cada modo de falha identificado. A seleção das estratégias considerou a frequência das falhas, seus efeitos no processo produtivo e a relação custo-benefício das intervenções. Dessa forma, foram adotadas abordagens como restauração preventiva, substituição preventiva e inspeção preditiva. A aplicação dessas estratégias possibilita a redução das falhas inesperadas, melhora a confiabilidade do sistema e minimiza as perdas associadas à indisponibilidade dos equipamentos.

Além disso, a utilização do diagrama lógico de Moubray (1997) permite padronizar as decisões e otimizar os recursos de manutenção, garantindo um planejamento mais eficiente. Dessa forma, a empresa consegue reduzir custos operacionais, aumentar a vida útil dos equipamentos e melhorar a eficiência produtiva. No Quadro 4.7, estão detalhados os modos de falha analisados e suas respectivas estratégias de manutenção, servindo como base para futuras melhorias no plano de manutenção.

Figura 8 - Diagrama Decisinal Moubray



Fonte: Adaptado pelo autor de Moubray (1997)

Quadro 10 - Diagrama Decisinal Moubray

Componentes	Modos de Falha	Atividade de Manutenção
Motor Elétrico	Superaquecimento	Inspeção Preditiva
	Desgaste dos rolamentos	Inspeção Preditiva
	Mal contato elétrico	Inspeção Preditiva
Redução	Desgaste das engrenagens	Substituição Preventiva
	Lubrificação insuficiente	Restauração Preventiva
	Folgas excessivas	Restauração Preventiva
Roscas	Desgaste excessivo por atrito	Substituição Preventiva
	Corrosão	Substituição Preventiva
	Acúmulo de resíduos	Reparo Funcional

Componentes	Modos de Falha	Atividade de Manutenção
Roscas	Deformações	Substituição Preventiva
	Quebras	Detecção de Falha
Trefila	Entupimento por acúmulo de material	Reparo Funcional
	Desgaste nos orifícios	Substituição Preventiva
	Falhas no encaixe	Reparo Funcional
Lâmina de Corte	Desgaste da aresta de corte	Restauração Preventiva
	Desalinhamento	Restauração Preventiva
	Vibração excessiva	Inspeção Preditiva
	Quebra	Detecção de Falha

Fonte: Autor (2025)

4.5.4.8 Seleção das Tarefas Aplicáveis e Efetivas

Nesta etapa, é fundamental dedicar atenção às atividades que impactam diretamente os pilares da MCC, garantindo melhorias na produtividade, eficiência operacional e redução de custos. Além disso, as ações devem considerar aspectos relacionados à segurança e ao meio ambiente, assegurando a sustentabilidade e a conformidade com os requisitos normativos. Na tabela a seguir, são apresentadas as medidas estabelecidas para cada modo de falha classificado como crítico, visando a otimização da manutenção e o aumento da confiabilidade dos equipamentos.

Quadro 11 - Seleção das Tarefas Aplicáveis e Efetivas

Componentes	Modos de Falha	Atividade destinada a Operação	Atividade destinada a Manutenção
Motor Elétrico	Superaquecimento		Realizar a Inspeção preditiva instrumentada periódica no motor com câmera termográfica.
	Desgaste dos rolamentos		Realizar Inspeção preditiva instrumentada periódica através da análise de vibração

Componentes	Modos de Falha	Atividade destinada a Operação	Atividade destinada a Manutenção
Motor Elétrico	Mal contato elétrico		Realizar a Inspeção preditiva instrumentada periódica no motor e quadro elétrico com câmera termográfica.
Redução	Desgaste das engrenagens		Verificar o desgaste das engrenagens do sistema de redução de forma periódica.
	Lubrificação insuficiente		Verificar e realizar a lubrificação (completar o nível de óleo) da caixa de redução do sistema.
	Folgas excessivas		Verificar a existência de folgas do conjunto da redução de forma periódica.
Roscas	Desgaste excessivo por atrito	Verificar o desgaste das roscas de forma periódica (durante o setup da linha).	Verificar o desgaste das roscas de forma periódica.
	Corrosão	Verificar se o sistema apresenta pontos de corrosão de forma periódica (durante o setup da linha).	Verificar se o sistema apresenta pontos de corrosão de forma periódica.
	Acúmulo de resíduos	Realizar limpeza periódica nas roscas.	
	Deformações		Verificar se o sistema pontos de deformações de forma periódica.
	Quebras	Realizar a inspeção preventiva no conjunto de forma periódica (durante o setup da linha).	Verificar se o sistema apresenta pontos de quebra de forma periódica.
Trefila	Entupimento por acúmulo de material	Realizar limpeza periódica trefila	
	Desgaste nos orifícios	Verificar se a trefila apresenta ponto de desgaste inerente do processo (desempenhando o seu papel de forma correta) de forma periódica	Verificar se a trefila apresenta ponto de desgaste inerente do processo de forma periódica.

Componentes	Modos de Falha	Atividade destinada a Operação	Atividade destinada a Manutenção
Trefila	Falhas no encaixe	Verifica o correto encaixe da trefila no start da linha	
Lâminas de Corte	Desgaste da aresta de corte	Verificar se a lâmina de corte apresenta ponto de desgaste inerente do processo (desempenhando o seu papel de forma correta) no start da linha.	Verificar se a lâmina de corte apresenta ponto de desgaste inerente do processo de forma periódica.
	Desalinhamento	Verificar se a lâmina de corte apresenta desalinhamento com relação ao conjunto inerente do processo (desempenhando o seu papel de forma correta) no start da linha.	Verificar se o conjunto das lâminas de corte apresenta ponto de desalinhamento inerente do processo de forma periódica.
	Vibração excessiva	Realizar a inspeção sensível no start da linha para identificar a existência de vibração excessiva das lâminas.	Verificar se o conjunto das lâminas de corte apresentam vibrações inerente do processo de forma periódica.
	Quebra	Realizar a inspeção sensível no start e durante a produção da linha para identificar a existência de quebra das lâminas.	Verificar se o conjunto das lâminas de corte apresentam pontos de quebra inerentes do processo de forma periódica.

Fonte: Autor (2025)

As ações destinadas aos operadores foram definidas considerando a percepção da importância da manutenção preventiva em determinados modos de falha, além da simplicidade de algumas tarefas que podem ser executadas diretamente por eles, contribuindo para a prevenção de falhas. Por outro lado, as atividades direcionadas aos mantenedores foram estabelecidas com base no diagrama lógico de Moubray (1997), contemplando estratégias como restauração preventiva, substituição preventiva e inspeção preditiva, garantindo uma abordagem estruturada e eficaz para a manutenção dos equipamentos.

4.5.4.9 Definição da Periodicidade das Atividades

Ao definir as ações destinadas à equipe de manutenção, é essencial estabelecer a frequência de cada atividade, garantindo que o plano de manutenção seja executado de forma

eficiente e eficaz. Na tabela a seguir, são apresentadas as periodicidades determinadas para cada ação atribuída aos mantenedores, de acordo com os modos de falha identificados.

Quadro 12 - Definição da Periodicidade das Atividades

Componentes	Modos de Falha	Ação Destinada a Manutenção	Frequência
Motor Elétrico	Superaquecimento	Realizar a Inspeção preditiva instrumentada periódica no motor com câmera termográfica.	Quinzenal
	Desgaste dos rolamentos	Realizar Inspeção preditiva instrumentada periódica através da análise de vibração	Quinzenal
	Mal contato elétrico	Realizar a Inspeção preditiva instrumentada periódica no motor e quadro elétrico com câmera termográfica.	Quinzenal
Redução	Desgaste das engrenagens	Verificar o desgaste das engrenagens do sistema de redução de forma periódica.	Bimestral
	Lubrificação insuficiente	Verificar e realizar a lubrificação (completar o nível de óleo) da caixa de redução do sistema.	Mensal
	Folgas excessivas	Verificar a existência de Folgas do conjunto da redução de forma periódica.	Bimestral
Roscas	Desgaste excessivo por atrito	Verificar o desgaste das roscas de forma periódica.	Mensal
	Corrosão	Verificar se o sistema apresenta pontos de corrosão de forma periódica.	Mensal
	Acúmulo de resíduos	-	-
	Deformações	Verificar se o sistema pontos de deformações de forma periódica	Mensal

Componentes	Modos de Falha	Ação Destinada a Manutenção	Frequência
Roscas	Quebras	Verificar se o sistema apresenta pontos de quebra de forma periódica.	Mensal
Trefila	Entupimento por acúmulo de material	-	-
	Desgaste nos orifícios	Verificar se a trefila apresenta ponto de desgaste inerente do processo de forma periódica	Mensal
	Falhas no encaixe	-	-
Lâmina de Corte	Desgaste da aresta de corte	Verificar se a lâmina de corte apresenta ponto de desgaste inerente do processo de forma periódica.	Mensal
	Desalinhamento	Verificar se o conjunto das lâminas de corte apresenta ponto de desalinhamento inerente do processo de forma periódica.	Mensal
	Vibração excessiva	Verificar se o conjunto das lâminas de corte apresentam vibrações inerente do processo de forma periódica.	Mensal
	Quebra	Verificar se o conjunto das lâminas de corte apresentam pontos de quebra inerentes do processo de forma periódica.	Mensal

Fonte: Autor (2025)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O projeto teve como objetivo a implementação da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) em uma empresa do setor alimentício, visando otimizar a gestão da manutenção e aumentar a confiabilidade dos equipamentos. A aplicação da metodologia permitiu uma análise detalhada dos modos de falha e a definição de estratégias adequadas para a prevenção e mitigação de falhas.

Após a implementação do plano de manutenção estruturado, foram obtidos resultados significativos, incluindo a redução de paradas não planejadas, a melhora na disponibilidade do equipamento e a otimização dos recursos destinados à manutenção. Além disso, a equipe envolvida passou a atuar de forma mais estratégica, com um maior embasamento técnico para a tomada de decisões, contribuindo para um aumento na eficiência operacional e na segurança do processo produtivo da linha.

Com base na comparação entre a quantidade de OSMs corretivas emergenciais dos meses analisados e os mesmos meses do ano anterior, observou-se uma redução aproximada de 72% no total de ocorrências. Esse resultado evidencia que a aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) foi realizada de forma eficaz, promovendo melhorias significativas no desempenho do equipamento e contribuindo para a redução das falhas inesperadas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) em uma linha de produção da indústria alimentícia demonstrou ser uma estratégia eficaz para otimizar a gestão da manutenção e aumentar a confiabilidade dos equipamentos. A análise dos modos de falha por meio da metodologia FMEA permitiu a elaboração de um plano de manutenção mais assertivo, focado na prevenção e mitigação de falhas críticas.

Os resultados obtidos, como a redução de aproximadamente 72% nas OSMs corretivas emergenciais, refletem a efetividade da abordagem adotada. Além disso, observou-se uma melhoria significativa na disponibilidade do equipamento, no uso dos recursos de manutenção e no embasamento técnico das decisões da equipe.

Conclui-se que a MCC, quando bem aplicada, contribui diretamente para a elevação da eficiência operacional, redução de falhas inesperadas e maior segurança no processo produtivo, sendo uma ferramenta valiosa para indústrias que operam de forma contínua e buscam maior competitividade e estabilidade em seus processos.

REFERÊNCIAS

ARNO, R.; DOWLING, N.; FAIRFAX, S.; SCHUERGER, R. J. WEBER, J. What is RCM and how could it be applied to the critical loads? **IEEE Transactions on Industry Applications**, [s. l.], v. 51, n. 3, p. 2045–2053, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5462**: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BÜHLER GROUP. **Extrusora de alimentos de rosca dupla paralela Bühler Group**. 2015. Disponível em: <https://www.directindustry.com/pt/prod/buehler-group/product-68538-599594.html>. Acesso em: 1 abr. 2025.

CARRETERO, J.; PÉREZ, J. M.; GARCÍA-CARBALLEIRA, F.; CALDERÓN, A.; FERNÁNDEZ, J.; GARCÍA, J. D.; LOZANO, A.; CARDONA, L.; COTAINA, N.; PRETE, P. Applying RCM in large scale systems: a case study with railway networks. **Reliability Engineering and System Safety**, [s. l.], v. 82, n. 3, p. 257-273, 2003.

EMBRAPA. **Comunicado técnico 78**: elaboração de extrusados expandidos (snacks) de milho e casca de soja. Rio de Janeiro, RJ: Ministério da Agricultura, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2005.

FERREIRA, A. B. H. **Dicionário Aurélio**. 5. ed. Curitiba, PR: Editora Positivo, 2010. 2272 p.

FLEMING, P. V.; FRANÇA, S. R. R. Considerações sobre a implementação conjunta de TPM e MCC na indústria de processos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 12., 1997, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Associação Brasileira de Manutenção e Gestão, 1997.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO J. L.D. **Confiabilidade e manutenção industrial**. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: GEN LTC, 2009. 288 p.

IGBA, J.; ALEMZADEHA, K.; ANYANWU-EBOB, I., GIBBONSA, P., FRIISB, J. C. A systems approach towards reliability-centred maintenance (rcm) of wind turbines. **Procedia Computer Science**, [s. l.], v. 16, p. 814-823, 2013.

KARDEC, A.; NASCIF, J. A. **Manutenção**: função estratégica. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark, 2009.

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark, 2001. 388 p.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Production**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. .216-229, 2007.

MONCHY, F. **A Função manutenção**: formação para a gerência da manutenção industrial. 1. ed. São Paulo, SP: Durban, 1989. 424 p.

MOUBRAY, J. **Reliability-centered maintenance**. 2th ed. New York: Industrial Press, 1997. 448 p.

MORTELARI, D.; SIQUEIRA, K.; PIZZATI, N. **O RCM na quarta geração da manutenção de ativos**. 1. ed. São Paulo, SP: RG Editores, 2011. 294 p.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM: total productive maintenance**. 11th ed. Cambridge: Productivity Press, 1988. 129 p.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Reliability centered maintenance guide for facilities and collateral equipment**. 2000. Disponível em: <http://www.hq.nasa.gov/office/codej/codejx>. Acesso em 05 fev. 2025.

NAVAL SEA SYSTEMS COMMAND. **Reliability centered maintenance handbook: report ad-a199 053**. 1983. Disponível em: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a199053.pdf>. Acesso em 05 fev. 2025.

OLIVEIRA, U. R.; PAIVA, E. J.; ALMEIDA D. A. Metodologia integrada para mapeamento de falhas: uma proposta de utilização conjunta do mapeamento de processos com as técnicas FTA, FMEA e a análise crítica de especialistas. **Revista Produção**, São Paulo, v. 20, n. 1 p. 77-91, 2010.

RAUSAND, M.; HOYLAND, A. **System reliability theory: models, statistical methods, and applications**. 2th ed. New Jersey: John Wiley and Sons, 2004. 672 p.

RIGONI, E. **Metodologia para implantação da manutenção centrada na confiabilidade: uma abordagem fundamentada em sistemas baseados em conhecimento e lógica Fuzzy**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SHARMA, A.; YADAVA, G. S.; DESHMUKH, S. G. A literature review and future perspectives on maintenance optimization. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Leeds, v. 7, n. 1, p. 5-25, 2011.

SIQUEIRA, I. P. **Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação**. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark, 2005. 408 p.

SMITH, A. M. **Reliability-centered maintenance**. 1th ed. New York: McGraw-Hill Education, 1993. 216 p.

SOUZA, J. B. **Alinhamento das estratégias do planejamento e controle da manutenção (pcm) com as finalidades e função do planejamento e controle da produção (pcp): uma abordagem analítica**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2008.

TSANG, A. H. C. Strategic dimensions of maintenance management. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Leeds, v. 8, n. 1, p. 7-39, 2002.

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus João Pessoa - Código INEP: 25096850
	Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, João Pessoa (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

Assunto:	Trabalho de Conclusão de Curso - TCC
Assinado por:	Italo Beserra
Tipo do Documento:	Anexo
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Italo Jose da Silva Beserra, ALUNO (201921140017) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA - CAMPUS JOÃO PESSOA, em 29/04/2025 22:54:47.

Este documento foi armazenado no SUAP em 05/05/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1480273
Código de Autenticação: 36409c4064

