

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

JULIANA LESSA SILVESTRE
LÍVIA SILVA DE OLIVEIRA
TAÍS OLIVEIRA RESENDE

ANÁLISE DE FIABILIDADE DE MÁQUINA EM UMA FÁBRICA DE
LATICÍNIOS

VOLTA REDONDA
2023

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ANÁLISE DE FIABILIDADE DE MÁQUINA EM UMA FÁBRICA DE
LATICÍNIOS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA), como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção.

Alunas:

Juliana Lessa Silvestre

Lívia Silva de Oliveira

Taís Oliveira Resende

Orientadora:

Prof.^a Dra. Janaina da Costa Pereira

Torres de Oliveira

Coorientador: Me. Sérgio Ricardo Bastos
de Mello

VOLTA REDONDA

2023

FOLHA DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: **ANÁLISE DE FIABILIDADE DE MÁQUINA EM UMA FÁBRICA DE LATICÍNIOS**

Elaborado por **Juliana Lessa Silvestre** -Matrícula 201910545; **Livia Silva de Oliveira** -Matrícula 202111194; **Taís Oliveira Resende** -Matrícula 201910550, foi apresentado publicamente perante a Banca Avaliadora no *Campus* Três Poços, no auditório do curso de Medicina, como parte dos requisitos para conclusão do Curso de Engenharia de Produção.

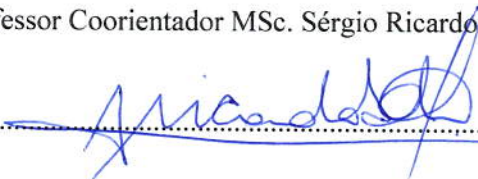
Aprovada em 16 de novembro de 2023

Banca Avaliadora:

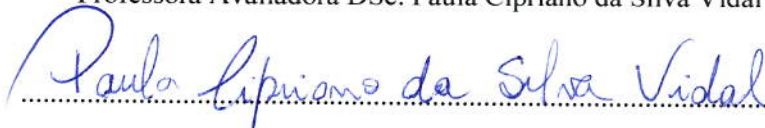
Professora Orientadora DSc. Janaina da Costa Pereira Torres de Oliveira – UniFOA

.....


Professor Coorientador MSc. Sérgio Ricardo Bastos de Mello - UniFOA

.....


Professora Avaliadora DSc. Paula Cipriano da Silva Vidal - UniFOA

.....


Professor Avaliador MSc. João Adelino de Faria Junior - UniFOA

.....


DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho aos nossos pais que são nossos maiores apoiadores e a razão de nunca desistirmos de nossos sonhos. Aos nossos familiares e amigos que caminham conosco e nos apoiam e a nossa orientadora por toda experiência e conhecimento compartilhado.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo e todos, agradecemos em primeiro lugar a Deus, sem Ele e sua graça, ânimo e sopro de vida jamais seria possível que chegássemos até aqui. Por muitas vezes, em diversas situações, enxergamos em Deus amor, força, misericórdia e alívio de todos os nossos medos e incertezas, na certeza de que para Deus não somos nossas falhas e nem nossos defeitos e sim filhas amadas de um Deus Pai. Aos nossos pais, Alessandra Silva Dias de Oliveira e Charles Maurício Dias de Oliveira, Luceni de Lourdes Lessa Silvestre e Walter da Costa Silvestre, Hilda Maria de Resende e Edson Oliveira Rezende agradecemos com todo nosso coração não apenas por este momento, mas por toda a nossa trajetória de vida, por todo apoio e amor imensuráveis que fizeram com que estivéssemos hoje concluindo nossa graduação. Agradecemos, em especial, à Evando Roberto da Silva e Hilda Maria de Resende, que não tiveram a grande oportunidade de estar, em pessoa, neste momento tão importante de nossas vidas, mas que estão conosco em nossa alma e coração. Aos nossos familiares e amigos próximos por todo apoio e incentivo. Por fim, nossa eterna gratidão a professora Janaina da Costa Pereira Torres de Oliveira e ao professor Sérgio Ricardo Bastos de Mello que não pouparam esforços em nenhum momento para nos ajudar, incentivar e ensinar, sem eles nada disso seria possível e afirmamos que na certeza de encontrar professores bons, encontramos, acima de tudo, pessoas boas com corações enormes que sentem prazer em lecionar.

RESUMO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de leite e durante o seu processo de fabricação podem ocorrer as falhas de máquinas, que têm um impacto direto no seu desempenho e fiabilidade. O objetivo desse trabalho foi identificar as principais paradas de máquina e analisá-las a fim de reduzi-las, em uma fábrica situada no município de Barra Mansa, no estado do Rio de Janeiro. Foram aplicadas ferramentas de gestão da qualidade como o gráfico de pareto, no qual foi possível entender de onde vem as principais paradas e observá-las, além do diagrama de Ishikawa, 5 porquês e 5W2H, que possibilitaram chegar à causa raiz e propor um plano de ação para a fábrica. Com o intuito de verificar quais são os números atuais dos indicadores e para dar base para o futuro acompanhamento da fábrica, foi calculado o índice de disponibilidade, o tempo médio entre falhas (MTBF) e o tempo médio para reparo (MTTR). Os resultados mostraram que é da área do envase na linha 2 da fábrica que ocorrem as maiores paradas. Os indicadores apontaram somente 53,20 % de disponibilidade da máquina, 9,63 horas de MTBF e 8,48 horas de MTTR e ambos podem ser reduzidos com a implantação de um plano de manutenção preventiva. Conclui-se que a fábrica precisa rever seu processo de manutenção, a fim de mitigar as principais paradas identificadas e atingir os objetivos propostos para atender as expectativas de aumento da fiabilidade no processo de envase de leite UHT.

Palavras-chave: Confiabilidade; Leite UHT; Manutenção.

ABSTRACT

Brazil is the third largest milk producer in the world and during its manufacturing process, machine failures may occur, having a direct impact on its performance and reliability. The goal of this work was to identify the main machine malfunction and analyze in order to reduce them, at a factory located in the city of Barra Mansa, in the state of Rio de Janeiro. Quality management tools were applied, such as the Pareto chart, in which it was possible to understand where the main malfunctions happen and observe them, in addition to the Ishikawa diagram, 5 Ws and 5W2H that made it possible to reach the source of the cause and propose an action plan for the company. In order to check the current indicator numbers and to provide a basis for future monitoring of the factory, the availability index, MTBF and MTTR were calculated. The results showed that it is in the filling area on line 2 of the factory that the biggest stoppages occurred. The indicators indicate only 53.20% of machine availability, 9.63 hours of MTBF and 8.48 hours of MTTR and both can be limited by implementing a preventive maintenance plan. It is concluded that the company needs to review its maintenance process in order to mitigate the main problems which were identified and achieve the proposed goals to meet expectations of increased reliability in the UHT milk packaging process.

Keywords: UHT milk. Reliability. Maintenance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do processo.....	15
Figura 2 – Diagrama de Ishikawa.....	19
Figura 3 – Tipos de manutenção.....	23
Figura 4 – Relacionamento do OEE e as seis grandes perdas.....	28
Figura 5 – Etapas da metodologia aplicada no estudo de caso.....	32
Figura 6 – Diagrama de Ishikawa do DIMC.....	38
Figura 7 – Diagrama de Ishikawa do ASU.....	39
Figura 8 – Diagrama de Ishikawa do envase.....	39

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Quantidade de paradas em máquinas de uma empresa de laticínios	18
Gráfico 2 – Produção das máquinas em horas	34
Gráfico 3 – Paradas das máquinas em horas	34
Gráfico 4 – Motivo de paradas da MID 1L A3 FLEX LINHA 2	36
Gráfico 5 – Paradas da envasadora.....	37
Gráfico 6 – Paradas por áreas na envasadora.....	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – MASP x PDCA.....	16
Quadro 2 – 5W2H	22
Quadro 3 – Seis grandes perdas OEE	28
Quadro 4 – Descrição das linhas de produção	33
Quadro 5 – Descrição dos equipamentos	35
Quadro 6 – Classificação das paradas de máquina	36
Quadro 7 – 5 porquês das principais causas	41
Quadro 8 – 5W2H	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Problema abordado	13
1.2 Justificativa	13
1.3 Objetivos	13
1.3.1 Objetivo geral.....	13
1.3.2 Objetivos específicos	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Leite	14
2.2 Processo de fabricação do leite UHT	15
2.3 Método de Análise e Solução de Problemas (MASP)	15
2.4 Gráfico de Pareto	17
2.5 Diagrama de Ishikawa	19
2.5.1 Importância do diagrama de Ishikawa para a gestão.....	20
2.6 Os 5 Porquês	20
2.7 O 5W2H	21
2.8 Manutenção	22
2.8.1 Tipos de manutenção	23
2.8.2 Indicadores	26
3 METODOLOGIA	31
4 ESTUDO DE CASO	33
4.1 Etapa 1: identificação do problema	33
4.2 Etapa 2: observação	33
4.3 Etapa 3: análise	38
4.4 Etapa 4: plano de ação	42
5 CONCLUSÕES	45
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a indústria de lácteos é um setor de grande importância econômica e social. Segundo dados do Ministério da Agricultura e Pecuária, o país é o terceiro maior produtor mundial de leite, com mais de 34 bilhões de litros por ano, de acordo com as perspectivas de crescimento do setor, a produção de leite crescerá entre 1,9 a 3,1% ao ano, nos próximos 10 anos, chegando a produção de 43,9 bilhões de litros ao final de 2030 (BRASIL, [s.d.]).

Em relação ao seu consumo, o leite ultra-pasteurizado (UHT) representa, no Brasil, cerca de 62% do consumo, movimentando um mercado que supera os R\$ 25 bilhões por ano. Além do seu impacto significativo no mercado, o leite UHT é o leite de maior consumo no Brasil (OLIVEIRA; VIEIRA, 2022).

A indústria de laticínios é diversificada e conta desde as cooperativas até as grandes multinacionais (FAGUNDE; VEIGA; SOUZA, 2020). A gestão dessa categoria apresenta fatores limitantes como a sazonalidade de consumo, dependência do produtor primário e a padronização do leite segundo as normas da vigilância sanitária. Pensando na lucratividade, torna-se vantagem competitiva a eficácia da gestão estratégica de produção, pois irão permanecer no mercado os produtores mais eficientes (NEVES *et al.*, 2020).

Sendo o leite UHT um produto *commodity*, que não possui valor agregado e bastante oscilante pois, depende de fatores externos, a indústria de laticínios deve manter seus níveis de eficiência operacional altos e controlar seus gargalos (BERGMANN, 2021).

Durante o processo de fabricação do leite UHT, podem ocorrer as falhas de máquinas, que têm um impacto direto no seu desempenho. Diminuindo a sua fiabilidade, elas tornam-se impróprias para uso e, além de aumentar os custos da sua manutenção, as paradas de máquina atingem os custos operacionais, fixos e variáveis, provocados pelo seu tempo de inatividade, reduzindo, assim, o lucro da empresa. Atualmente, a manutenção deve ser organizada para evitar as ocorrências dos eventos de falha, objetivando reduzir custos industriais e maximizar a

produtividade de máquinas e equipamentos (PLACCA, 2017).

Portanto, o objetivo desse trabalho é identificar as principais paradas de máquina e analisá-las, a fim de reduzi-las, ganhando tempo no processo produtivo, conseguindo, assim, aumentar a produção em uma fábrica multinacional de origem francesa que produz leite e seus derivados, situada no município de Barra Mansa no estado do Rio de Janeiro.

1.1 Problema abordado

Como reduzir as paradas de máquina do processo de produção do leite UHT e aumentar a fiabilidade do processo?

1.2 Justificativa

A justificativa deste trabalho se dá pela necessidade da fábrica de aumentar a eficiência e a fiabilidade da linha de produção do leite UHT. Dessa forma, a fábrica obterá redução de custos, ampliará sua produção e, conseqüentemente, aumentará sua lucratividade.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Propor um plano de ação para reduzir as paradas de máquinas do processo produtivo do leite e aumentar a fiabilidade do sistema.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar as principais paradas de máquina que ocorrem na produção do leite UHT;
- Aplicar ferramentas da qualidade para verificar as principais causas das falhas do processo;

- Propor ações de manutenção e controle para a linha de produção.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico procura abordar conceitos sobre temas relevantes no setor de laticínios, como a produção do leite e a fiabilidade. Bem como importantes ferramentas da qualidade para auxiliar no desenvolvimento do trabalho.

2.1 Leite

Segundo a Instrução Normativa 62 do MAPA (BRASIL, 2011), o leite pode ser definido como o produto oriundo da ordenha completa e ininterrupta, em condições de higiene, de vacas saudáveis, bem alimentadas e descansadas.

Ele pode ser considerado um alimento importante com grande valor nutricional, pois é fonte de nutrientes como proteínas, lipídios, minerais e vitaminas. Assim como base para o crescimento de microrganismos benéficos ou maléficos para a saúde do ser humano (OLIVEIRA; VIEIRA, 2022).

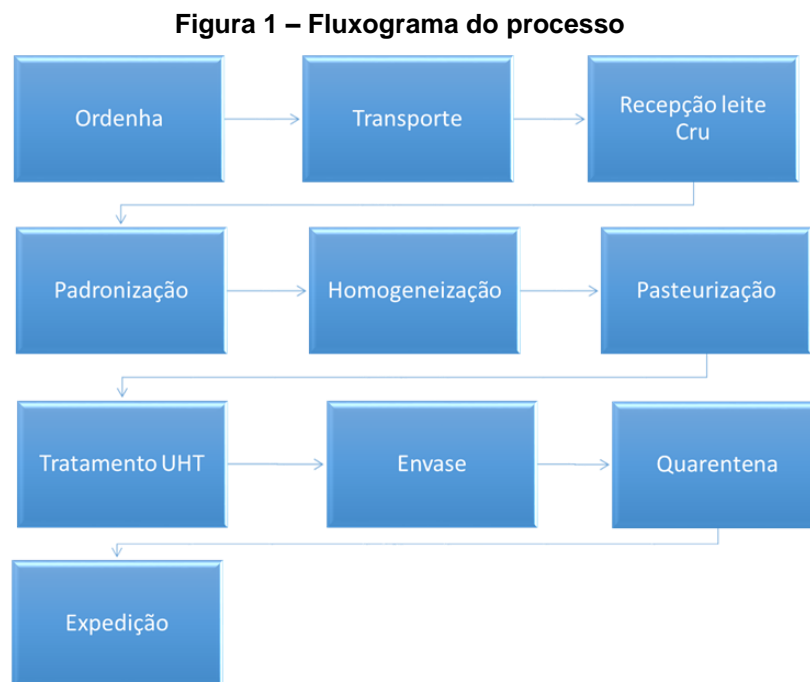
A produção de leite no Brasil e mundo vem crescendo devido à industrialização do leite in natura, que traz ao consumidor mais segurança, diversificação e variedade. Dessa forma o setor passa por diversas mudanças no processo produtivo e de transporte, visando sempre a qualidade na entrega ao consumidor (BERGMANN, 2021).

O leite possui suas variações e os processos mais comuns são a pasteurização, que é o tratamento térmico aplicado ao leite para eliminar microrganismos patogênicos, onde o leite atinge uma temperatura entre 63 e 65 °C em 30 minutos ou a mais alta temperatura por um período menor, seguido de resfriamento à 4 °C com vida útil de 3 a 6 dias (ARAÚJO et al., 2021). E o leite UHT que se dá através do processo de esterilização com temperaturas mais elevadas, em torno de 145 °C, em um curto período (2 a 4 segundos) com o intuito de eliminar organismos termo resistentes (BERGMANN, 2021). Conhecido popularmente como

leite de caixinha ou longa vida, possui em média quatro meses de validade.

2.2 Processo de fabricação do leite UHT

O processo de fabricação do leite UHT se inicia com a recepção da matéria-prima (leite) vinda da ordenha por meio de transporte em caminhão com tanque isotérmico, em seguida é armazenada em silos específicos, na sequência tem-se as seguintes etapas: padronização, homogeneização, pasteurização, tratamento UHT, envase e quarentena, onde o produto final é estocado por cinco dias para posterior expedição, conforme apresentado na Figura 1 (BERGMANN, 2021).



Fonte: Adaptado de Bergmann (2021)

2.3 Método de Análise e Solução de Problemas (MASP)

Na gestão da qualidade, após os procedimentos serem planejados, testados e padronizados, ainda assim podem ocorrer falhas nas operações. Investigar as causas raízes ou não conformidades de processos e implementar ações para a eliminação desses problemas, é considerado um trabalho de melhoria contínua que os japoneses chamam de Kaizen, que significa mudar para melhor (CARPINETTI; GEROLAMO, 2016).

O método mais conhecido de processo de melhoria contínua é o ciclo PDCA. Porém, existe uma versão mais detalhada que é o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP). O MASP é definido como um processo dinâmico que busca soluções para um determinado problema, priorizando o problema, dividindo-o em partes para que possa ser analisado e verificada as situações que precisam de maior atenção (SILVA et al. , 2020).

O Quadro 1 de Carpinetti e Gerolamo (2016) indica a correlação do ciclo PDCA e do MASP:

Quadro 1 – MASP x PDCA

PDCA	FLUXOGRAMA	FASE	OBJETIVO
P	1	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	Definir claramente o problema e a necessidade de melhoria (priorização)
	2	OBSERVAÇÃO	Investigar as características específicas do problema
	3	ANÁLISE	Descobrir as causas fundamentais do problema (causas raízes)
	4	PLANO DE AÇÃO	Conceber um plano para bloquear as causas fundamentais
D	5	AÇÃO	Bloquear as causas fundamentais
C	6	VERIFICAÇÃO	Verificar se o bloqueio foi efetivo
	?	BLOQUEIO FOI EFETIVO	
A	7	PADRONIZAÇÃO	Prevenir contra o reaparecimento do problema
	8	CONCLUSÃO	Documentar todo o processo para recuperação futura

Fonte: Carpinetti e Gerolamo (2016)

Segundo Carpinetti e Gerolamo (2016), as etapas podem ser descritas da seguinte forma:

- Planejamento:

1. Identificação do problema: identificar os problemas mais críticos, ou seja, mais prioritários;
 2. Observação: descrição detalhada do problema para facilitar a identificação das suas causas;
 3. Análise: buscar as causas raízes do problema em questão;
 4. Plano de ação: descrever um plano de ação para a eliminar ou reduzir os efeitos indesejáveis das causas encontradas.
- Execução:
 5. Ação: implementar o plano de ação.
 - Verificação:
 6. Verificação: avaliar os resultados e verificar se a ação foi eficaz na eliminação ou redução do problema. Caso o resultado não atenda as expectativas, o processo é reiniciado na fase de observação e análise do problema. Caso contrário, segue-se para a próxima etapa.
 - Ação corretiva:
 7. Padronização: introduz as ações na rotina de operação do processo, para prevenir novamente o surgimento do problema;
 8. Conclusão: o processo em que é registrado todas as ações executadas e os resultados obtidos.

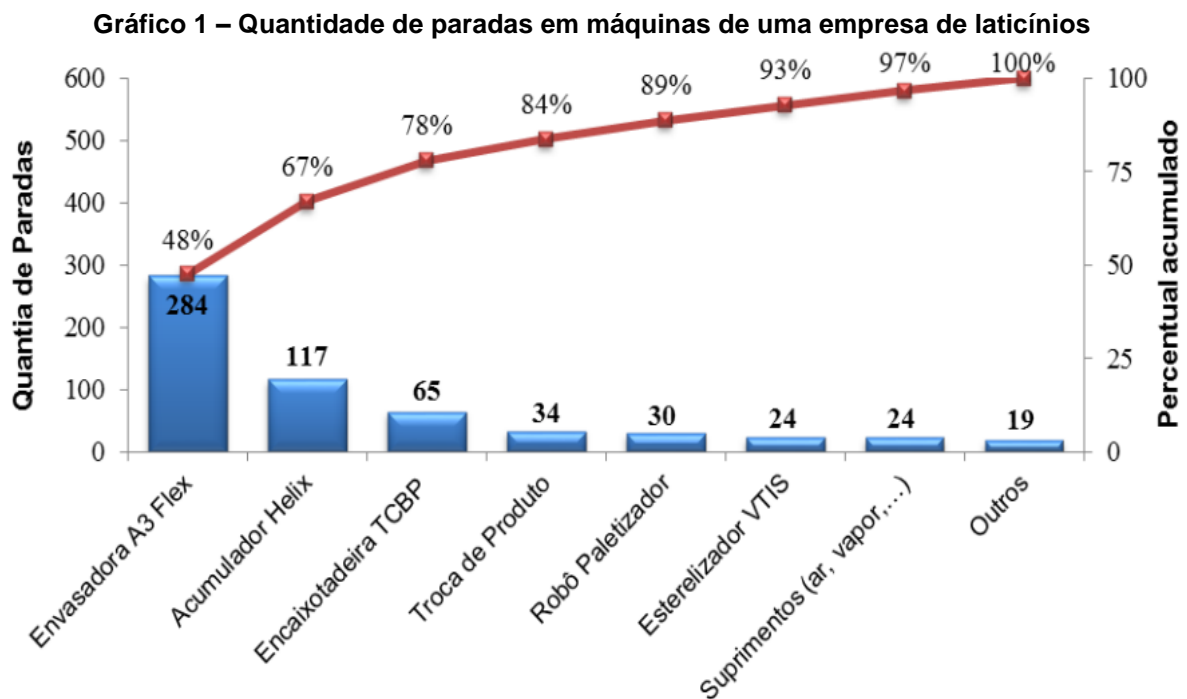
Ao utilizar o MASP a empresa passa a seguir uma metodologia padronizada que visa auxiliar nas tomadas de decisões. Durante as etapas dessa metodologia, podem-se utilizar inúmeras ferramentas da qualidade como, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, 5W2H, 5S, entre outras (SILVA et al., 2020).

2.4 Gráfico de Pareto

O diagrama de Pareto é uma ferramenta da qualidade muito útil que auxilia na tomada de decisões e análise de problemas. A análise de Pareto demonstra, de uma forma visual, os principais problemas que afetam o funcionamento de uma empresa podendo classificá-los por ordem de impacto, do maior para menor (SANTOS et al., 2020).

Segundo Novaski, Freitas e Billig (2020), foi Juran quem sugeriu e aplicou em seus estudos da qualidade o Princípio de Pareto, conhecido também como a regra 80/20. Ele verificou que 80 % dos defeitos podem ser explicados por 20 % das causas, ou seja, poucas são as causas relacionadas aos problemas. De forma resumida, o gráfico apresenta o grau de importância de uma causa, a classificando da maior para a menor, sendo assim é possível verificar quais problemas ou ocorrências são mais graves e quais devem ser solucionadas primeiro.

O Gráfico 1, de Dotti e Bagetti (2013), representa o gráfico de Pareto e através de sua análise, pode-se observar que a máquina Envasadora A3 Flex é a que tem maior quantidade de paradas, junto com o Acumulador Hélix, então elas seriam prioridades em relação a resolução dos problemas.



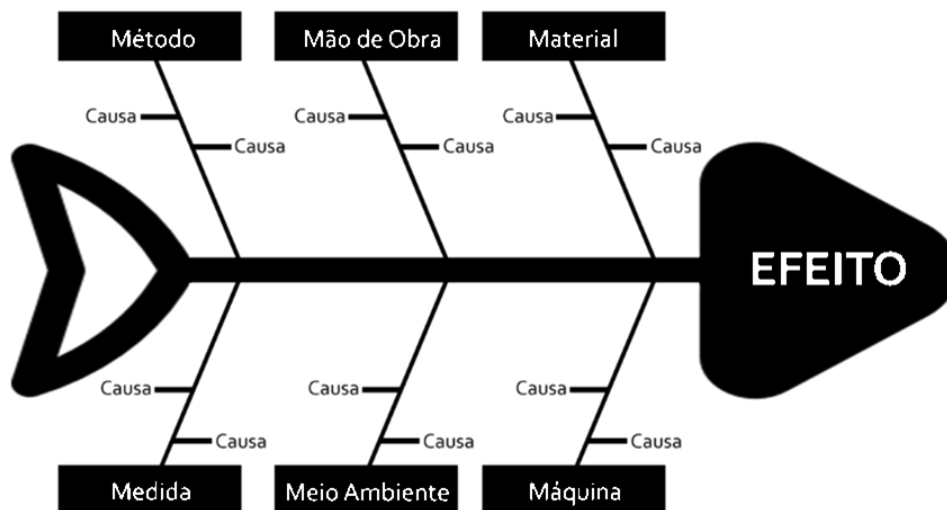
Fonte: Dotti e Bagetti (2013)

2.5 Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa expõe a relação entre os resultados de um processo e as causas que possam afetar esse resultado (WERKEMA, 2006). Segundo Moura (2003), essa ferramenta é de grande utilidade em análises de processos de identificação das possíveis causas de um problema.

Considerado como uma ferramenta que consiste na representação gráfica de fácil entendimento e muito utilizada em processos de qualidade, o Diagrama de Ishikawa tem a capacidade de esclarecer a relação entre os fatores de causa do problema, sendo em produtividade, qualidade, custo etc. Esta ferramenta auxilia na geração de novas ideias a partir de discussões em grupo. De acordo com Oakland (1994), as causas são agrupadas em seis categorias: método, material, mão de obra, máquina, medida e meio ambiente, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Diagrama de Ishikawa



Fonte: Adaptado de Oakland (1994)

Essa ferramenta possui uma estrutura lógica, levando em consideração as principais causas que mais contribuem para um determinado problema (TOLEDO et al., 2017).

2.5.1 Importância do diagrama de Ishikawa para a gestão

A aplicação dessa ferramenta no ramo de laticínios pode auxiliar a gestão na identificação das causas das falhas e perdas de fiabilidade, aprofundando o entendimento que facilitará agir sobre o principal ponto de melhoria. Frequentemente os efeitos são confundidos com as causas, pois são mais evidentes, desse modo, quando não se aprofunda a raiz do problema, se trata de forma superficial (MENEGETTI, 2013).

- Definição do problema analisado: nesta etapa define-se o problema que será analisado. Podendo especificar o efeito, caso precise analisar um período em específico ou área.
- Levantamento das possíveis causas e subcausas: a segunda etapa consiste em coletar os dados importantes e necessários para realizar a análise. A partir disso, criam-se os grupos de causas.
- Análises das causas e subcausas: A análise leva em consideração as informações coletadas. As justificativas são analisadas e a frequência com que se repetem será um dos fatores analisados.
- Interpretação dos resultados e sugestões de melhoria: após analisar todo o processo é possível saber quais são as principais causas que geram o problema estudado. Com essa informação torna-se possível começar a criar melhorias e estratégias para minimizar os impactos do problema, diminuindo-os.

2.6 Os 5 Porquês

A ferramenta dos 5 porquês foi uma metodologia desenvolvida no sistema Toyota de Produção por Taiichi Ohno, conhecida como Lean Manufacturing, ou ainda Produção Enxuta, na década de 80.

O principal objetivo dessa ferramenta é pesquisar de maneira aprofundada uma determinada causa raiz, de modo que tal ferramenta possa ser analisada e

explorada de forma completa. O processo de análise dos 5 porquês é oriundo do resultado de outras ferramentas da qualidade, como, por exemplo, o Brainstorming ou Diagrama de Ishikawa, após o resultado de causas dos mesmos, pode-se, através dos 5 porquês, entender melhor e de maneira mais detalhada o porquê dessas falhas. Este fato permite identificar se cada causa raiz evidenciada é a principal ou secundária da falha ter ocorrido e continuar a busca pela causa raiz. Pode-se encontrar o resultado quando não é mais possível questionar o “por quê” de determinado fato (ANDERSEN; FAGERHAUG, 2006).

A técnica dessa ferramenta consiste em, assim que identificado o problema, questionar por que tal fato ocorre até que se encontre a causa raiz. Ainda sobre o método, Aguiar (2014) expõe que o mesmo prevê que o primeiro “por quê” deve ser elaborado com base na causa levantada, respondendo o motivo da ocorrência do problema. Já o segundo “por que” deve ser aplicado com base na resposta do primeiro “por que” e assim sucessivamente, até que a causa principal do problema seja levantada. A autora ainda comenta que, embora a análise seja composta por cinco “por quês”, é possível a utilização de menos “por quês” ou mais “por quês”, dependendo da necessidade da causa raiz.

2.7 O 5W2H

O 5W2H é considerado um plano de ação capaz de orientar as diversas ações que deverão ser implementadas. É uma ferramenta que possui caráter gerencial, podendo ser aplicada de acordo com as necessidades das equipes de aprimoramento no planejamento e condução de suas atividades, identificando as ações e as responsabilidades de forma organizada para sua execução (OLIVEIRA, 1996).

Segundo o SEBRAE (2022), tal ferramenta transforma em ações práticas tudo que foi analisado e através disso cria estratégias para o plano de ação. O 5W2H é, portanto, um checklist que indica as atividades, os prazos e as responsabilidades de todos os envolvidos em um projeto.

Cada letra da sigla em inglês representa uma pergunta que deve ser respondida de forma sucinta para que se possa extrair as informações cruciais sem

grandes complexidades, conforme o Quadro 2:

Quadro 2 – 5W2H

5W2H			
5W	What?	O quê?	É a ideia da ação em si. O que será feito?
	Who?	Por quê?	É a justificativa de se resolver a ação decidida anteriormente. Por que precisa ser realizado?
	Where?	Onde?	Onde será implementada tais ações?
	When?	Quando?	Quando será realizada?
	Why?	Quem?	Por quem será feito? Quem será responsável?
2H	How?	Como?	Como a ação será executada?
	How Much?	Quanto custa?	Quanto custará para executar tal ação?

Fonte: Adaptado de SEBRAE (2022)

Portanto, um gestor pode utilizar a ferramenta do 5W2H para analisar ações que aumentem a receita da empresa e para avaliar processos ou possíveis problemas. Assim como para redução de custos operacionais, definição de estratégia de vendas e planejamento da manutenção de equipamentos em uma indústria (SILVA; MORENO; MALTA, 2002).

2.8 Manutenção

A literatura define a manutenção como sendo um conjunto de atividades com o objetivo de manter ou restaurar algum bem em seu estado natural de especificação, garantindo que se mantenha em perfeito estado de conservação e funcionamento como: equipamentos, acessórios, dentre outros produtos que são utilizados em setores industriais (OLIVEIRA, 2013).

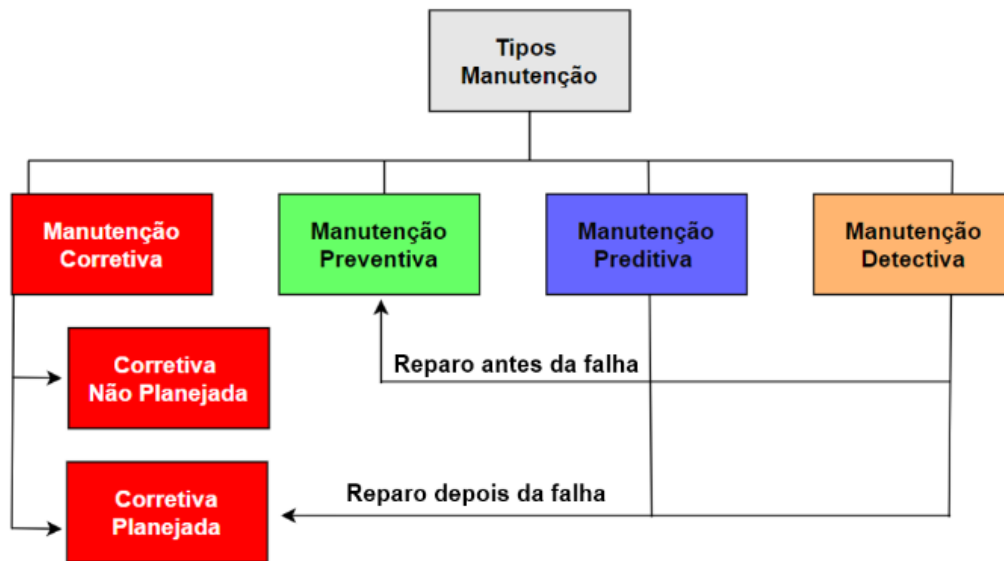
As atividades de manutenção dos equipamentos tem como objetivo manter suas condições originais de operação e seu desempenho por meio de restauração de possíveis deteriorações dessas condições (XENOS, 2014). Os indicadores de manutenção são utilizados para definir um conjunto de informações que possibilitam melhorar e medir os processos, visando elevar a eficiência e a produtividade de uma determinada empresa.

A finalidade precípua da manutenção é conservar os equipamentos e

máquinas em condições satisfatórias de operação (NEPOMUCENO, 1989).

As principais políticas de manutenção são: Manutenção Corretiva, Preventiva e Preditiva. Porém, existem outros tipos de manutenção, sendo: manutenção detectiva e a planejada, conforme Figura 3.

Figura 3 – Tipos de manutenção



Fonte: Santos (2019)

2.8.1 Tipos de manutenção

2.8.1.1 Corretiva

Manutenção corretiva é descrita como a ação que visa a correção de falhas momentâneas e que se divide em duas fases: manutenção corretiva não planejada e manutenção corretiva planejada (OTANI; MACHADO, 2008).

- Manutenção corretiva não planejada: A NBR 5462 (ABNT, 1994) define tal manutenção como manutenção realizada quando algo acontece, como uma pane destinada a recolocar um item em condições ideais para executar a função que lhe incumbe ou quando começa a apresentar defeitos como desligar de forma inesperada.
- Manutenção corretiva planejada: acontece quando o maquinário apresenta um desempenho menor do que a sua capacidade e ao que é esperado e para

isso, faz-se o levantamento da necessidade da manutenção, onde ocorre com uma data previamente agendada para que ocorra a paralisação para ajustes, com a autorização prévia do gestor ou diretor (KARDEC; NASCIF, 2012).

Por ser necessário a paralisação do equipamento, interrupção das atividades e paralisação da produção por tempo indeterminado este tipo de manutenção é considerado uma das que mais custam a empresa, sendo utilizada apenas para ações rápidas onde não é possível evitar falhas. De acordo com Xenos (2014), um aspecto fundamental é, mesmo na manutenção corretiva, realizar o esforço para identificar precisamente as causas fundamentais da falha e bloqueá-las, a fim de evitar sua reincidência.

2.8.1.2 Preventiva

Esse tipo de manutenção está voltado para evitar com que falhas ocorram, se precavendo em realizar uma inspeção conforme critérios adotados para a realização do diagnóstico. Acontece também mesmo que o equipamento esteja em boas condições, antes de ocorrer as primeiras falhas ou do equipamento apresentar baixo desempenho ou defeito, porque o objetivo é verificar como estão as peças, se está próximo a troca e, se precisar de troca evitar a paralisação imprevista (TROJAN; MARÇAL; BARAN, 2013).

A manutenção preventiva, deve ocorrer periodicamente e ser a atividade principal de manutenção nas empresas. Ela envolve algumas tarefas sistemáticas, tais como as inspeções, reformas e trocas de peças. Uma vez estabelecida, a manutenção preventiva deve ter caráter obrigatório (XENOS, 2014).

Considerando o custo total, em diversas situações, a manutenção preventiva é a que possui menor custo, pois através dela a frequência das falhas reduz, a disponibilidade dos equipamentos aumenta e as interrupções inesperadas nas linhas de produção diminuem.

2.8.1.3 Preditiva

A manutenção preditiva estabelece quais são os parâmetros que devem ser escolhidos em cada tipo de máquina ou equipamento, por meio das informações do estado mecânico de um determinado componente (NEPOMUCENO, 1989).

Através da manutenção preditiva torna-se possível ter informações relacionadas ao desempenho dos equipamentos, essas informações surgem através da realização de algumas atividades de acompanhamento de variáveis ou parâmetros, através delas é possível definir se há necessidade ou não de intervenção. Também é possível otimizar a troca das peças e estender o intervalo de manutenção, pois esse tipo de manutenção permite prever quando a peça ou componente estará perto do seu limite de vida.

Levando em consideração o uso de tecnologia avançada, as empresas geralmente tratam a manutenção preditiva de forma diferenciada dentro das empresas por conta das suas técnicas que são consideradas bastante avançadas em relação aos outros métodos de manutenção (XENOS, 2014).

2.8.1.4 Detectiva

Manutenção detectiva caracteriza-se pela atuação efetuada em sistemas de proteção ou comando, a fim de fazer a detecção de falhas invisíveis ou não perceptíveis aos sentidos do pessoal da operação e manutenção (CHIOCHETTA; HATAJEUAMA; MARÇAL, 2004).

A manutenção detectiva como a própria denominação descreve, busca detectar dentro do funcionamento dos maquinários quando os mesmos estão funcionando (self-test), e durante a execução das atividades o mesmo aponta se esta tendo alguma anormalidade simultaneamente, pode-se utilizar nos sistemas de proteção também para verificação de erros no momento que está funcionando, ou se possuem falhas ocultas que são imperceptíveis para quem está operando o equipamento (PASCHOAL et al., 2009).

2.8.2 Indicadores

Para um sistema de controle da manutenção eficiente e eficaz, é necessário obter as informações de desempenho dele, através de relações ou índices. Tais indicadores devem ser utilizados para indicar os pontos fracos e também para identificar os possíveis problemas que estão causando resultados indesejáveis (PINTO; RIBEIRO, 2002).

Sendo assim, os indicadores de manutenção servem para que seja possível identificar como estão o desenvolvimento dos equipamentos e sistemas de produção e manutenção.

2.8.2.1 OEE (Overall Equipment Effectiveness)

As exigências do mercado estão cada vez maiores para com as empresas, fazendo com que elas foquem em produzir e disponibilizar seus produtos com a maior qualidade, flexibilidade, rapidez, confiabilidade e menor custo. Sendo assim, necessitam de constantes melhorias em sua produtividade a fim de aprimorar o atendimento e não acrescentar custos extras (frete, horas extras, problemas de não qualidade) (MARTINS, 2020).

Conforme explicitado por Santos e Santos (2007), a ferramenta OEE – *Overall Equipment Effectiveness* (Eficiência Global dos Equipamentos), mede a eficácia dos equipamentos e indica melhorias em sua metodologia. Com um sistema simples e eficaz, é possível exibir os motivos das paradas, perdas nos desempenhos da produção e perdas por não qualidade do equipamento.

Com seu início no TPM – *Total Productive Maintenance* (Manutenção Preventiva Total), conforme mencionado por Ohno (1997), Seiichi Nakajima foi o iniciador dessa filosofia e a desenvolveu como um meio de quantificar não apenas o desempenho dos equipamentos, mas também como uma métrica de melhoria contínua para equipamentos e processos de produção. Essa ferramenta tornou-se referência mundial para medição do desempenho dos equipamentos das empresas industriais. Com ela é possível entender a real utilização dos ativos da empresa, por

meio de três elementos, sendo eles: disponibilidade, desempenho e qualidade.

- Disponibilidade: refere-se à quantidade de tempo de trabalho de um determinado equipamento, em comparação ao que ficou pausado. Essa paralisação pode ser devido a dois tipos de paradas:
 - Paradas planejadas: ocorrem de forma antecipada, podendo ser uma manutenção preditiva, limpeza ou dias parados (ex.: fins de semana ou feriados).
 - Paradas não planejadas: ocorrem quando acontece algum imprevisto, sendo eles: escassez de matéria-prima, queda de energia, ausência do operador, quebra de uma peça, etc.

Calculado através da Equação (1):

$$\text{Fator de disponibilidade} = \frac{\text{tempo operacional}}{\text{tempo disponível para produção}} \quad (1)$$

- Performance: neste indicador, é avaliado o ritmo de produção, levando em consideração os dados da velocidade de produção de determinado produto, comparando com o nível de agilidade esperado.

Calculado através da Equação (2):

$$\text{Fator de performance (\%)} = \frac{\text{tempo de ciclo} \times \text{total de peças produzidas}}{\text{tempo operacional}} \quad (2)$$

- Qualidade: esse índice é utilizado para avaliar produtos e itens que apresentam defeitos, e não podem ser entregues ao cliente. É indispensável que o controle e monitoramento constante desses produtos sejam mantidos, a fim de controlar a qualidade da produção em série. Quando diversos itens não atendem ao padrão de qualidade determinado é sinal de que algo precisa ser corrigido, nesses casos torna-se necessário dividir cada etapa de fabricação para poder saber onde as ações corretivas devem ser colocadas em prática.

Calculado através da Equação (3):

$$\text{Fator de qualidade} = \frac{\text{número de peças boas}}{\text{total de peças}} \quad (3)$$

Segundo Nakajima (1988) existem seis grandes perdas, conforme apresentada no Quadro 3:

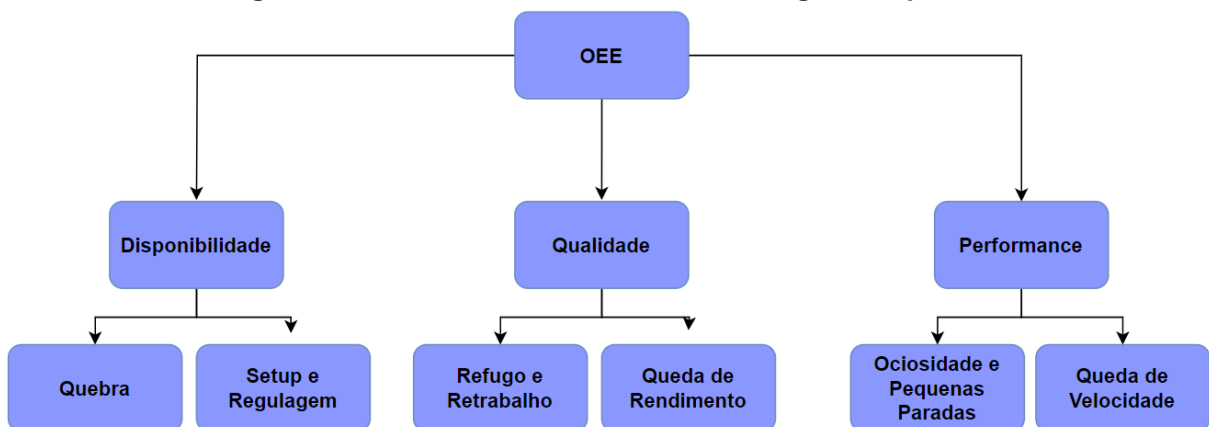
Quadro 3 – Seis grandes perdas OEE

Quebras	Quando não há produção por máquina quebrada
Setup e regulagem	Quando não há produção por estar preparando a máquina para a fabricação de um novo produto
Ociosidade e pequenas paradas	São perdas com interrupção pequena de tempo, que não necessitem de muito tempo para serem corrigidas, é eliminado de modo simples e rápido
Redução de velocidade	Quando o equipamento está operando a uma velocidade mais baixa que a nominal especificada pelo fabricante
Qualidade e retrabalho	Quando são produzidos fora do especificado
Queda de rendimento	São restrições técnicas dos equipamentos, ocorrem quando a máquina volta a produzir algum período de inatividade

Fonte: Adaptado de Nakajima (1988)

As seis grandes perdas citadas no Quadro 3 estão diretamente relacionadas à três índices que compõem o cálculo do OEE, como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Relacionamento do OEE e as seis grandes perdas



Fonte: Adaptado de Nakajima (1988)

Segundo Nakajima (1988), os valores ideais para o cálculo do OEE, são:

- O índice de disponibilidade deve estar acima de 90 %;
- O índice de desempenho deve estar acima de 95 %;
- O índice de qualidade deve estar acima de 99 %.

Para atingir resultados satisfatórios do OEE, o índice dos equipamentos deverá ficar em torno de 85 %, podendo concluir:

- Quanto tempo o equipamento esteve disponível para produção;
- Velocidade e tempo que produziu os itens;
- Dos itens produzidos quantos atenderam as especificações.

Sendo assim, além de informar quanto houve de perda, ele também identifica onde estão as perdas, facilitando o processo de tomada de decisões e resolução de problemas para que assim seja possível atingir as metas de produção.

2.8.2.2 MTBF (tempo médio entre falhas) e MTTR (tempo médio para reparo)

Conhecido através de sua nomenclatura MTBF (tempo médio entre falhas) este indicador é considerado um dos mais importantes para a manutenção industrial. Ele consiste em medir o tempo médio entre uma falha e outra (DUTRA, 2019). Essas falhas podem ser identificadas através da Equação (4), como demonstrado a seguir:

$$MTBF = \frac{\text{somatório das horas de trabalho em bom funcionamento}}{\text{número de paradas para manutenção corretiva}} \quad (4)$$

O indicador MTTR (tempo médio para reparo) também é considerado um dos mais indicados para a manutenção industrial, usado essencialmente para analisar a eficácia dos trabalhos das equipes de manutenção corretiva. Através desse indicador é possível medir de forma prática quanto tempo as equipes se dedicam para solucionar os problemas rotineiros, muita das vezes repetitivos, que ocorrem no dia a dia com o intuito de encontrar a causa raiz do problema, para traçar estratégias de solução. Esse tempo pode ser identificado através da Equação (5)

$$\text{MTTR} = \frac{\text{somatório dos tempos de rerparo}}{\text{número de intervenções realizadas}} \quad (5)$$

Os indicadores MTBF e MTTR estão relacionados com o indicador de disponibilidade do equipamento ou serviço. Uma máquina pode ser considerada disponível quando ela está em plena condição de uso, não sendo necessária nenhuma intervenção de manutenção. Eles podem ser interpretados com objetivos de maximização e minimização, respectivamente, sendo assim para a empresa aumentar a confiabilidade da máquina e reduzir o tempo gasto em reparos de falhas ela deve aumentar o MTBF e reduzir o MTTR simultaneamente (FISCHER; KEINE, 2023).

3 METODOLOGIA

Segundo Gil (2019), a metodologia descreve os procedimentos a serem seguidos para a realização de uma pesquisa. Sua estrutura varia conforme as particularidades de cada estudo e podem ser classificadas de acordo com sua natureza, abordagem, objetivo e método.

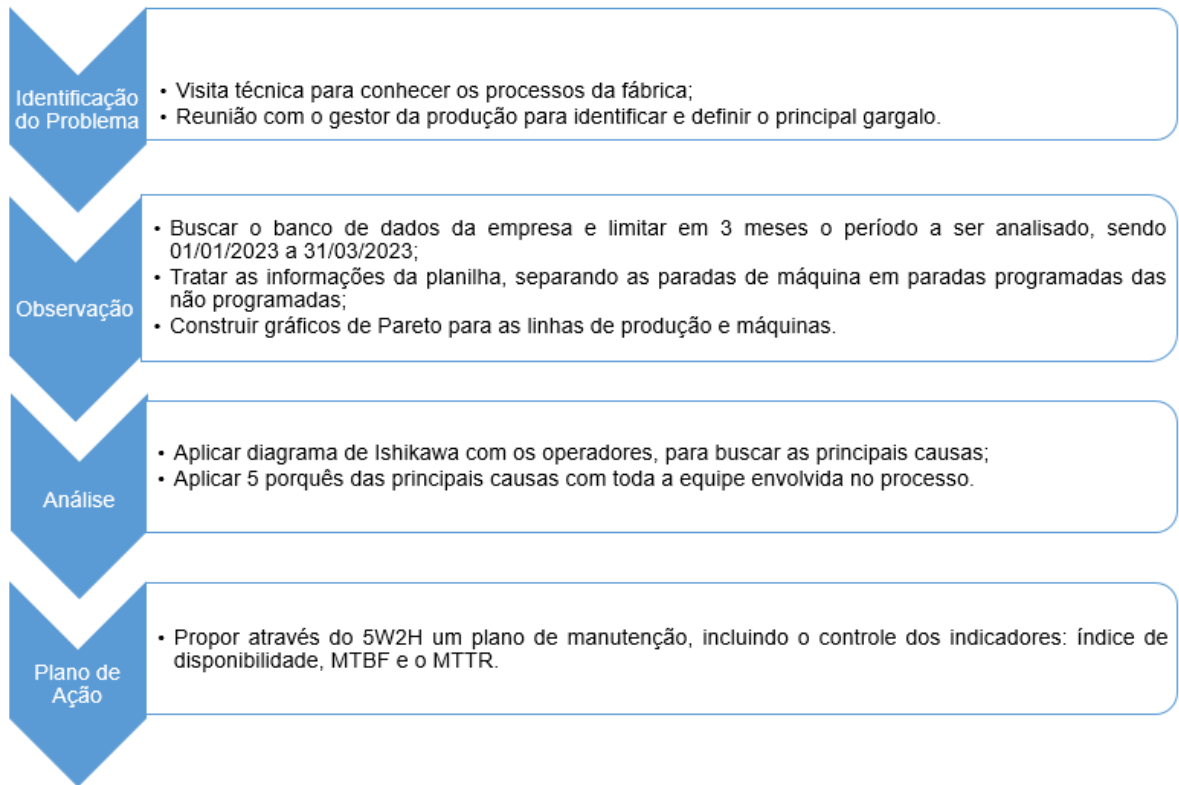
Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizada a pesquisa de natureza aplicada, pois, por seu interesse prático, os resultados encontrados podem ser aplicados na solução de problemas que ocorrem na realidade da fábrica.

Quanto a abordagem, o trabalho se apresenta como quantitativo porque traduz em números as paradas de máquina que ocorrem na produção do leite UHT (MARCONI; LAKATOS, 2022).

O objetivo da pesquisa foi identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência desses fenômenos. E esse é o tipo de pesquisa explicativa, que segundo Gil (2019), mais aprofunda o conhecimento da realidade e pode ser aplicado as ferramentas da qualidade.

O trabalho refere-se a um estudo de caso, que segundo Yin (2015), investiga com profundidade fenômenos que não puderam ser claramente evidentes.

O estudo foi fundamentado na ferramenta MASP, no qual foi definido, priorizado e analisado o principal problema da fábrica. Realizaram-se as quatro fases de planejamento do processo de melhoria contínua e suas etapas e métodos estão descritos em sequência, conforme Figura 5.

Figura 5 – Etapas da metodologia aplicada no estudo de caso

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4 ESTUDO DE CASO

A fábrica foi fundada na França em 1933, hoje o grupo é conhecido como líder mundial na indústria do leite. No Brasil, possuem 21 unidades e uma delas é situada no município de Barra Mansa, no estado do Rio de Janeiro. As atividades da fábrica, onde o trabalho foi estruturado, englobam captação do leite e envase em embalagens de 1 L e creme de 200 mL, além de embalagem de queijos fatiados.

4.1 Etapa 1: identificação do problema

O setor de planejamento e controle de produção da fábrica utiliza o termo fiabilidade para interpretar e controlar as paradas de máquinas nas linhas de produção existentes em seu sistema produtivo. No Quadro 4, estão identificadas as linhas referentes ao processamento do leite e do creme.

Quadro 4 – Descrição das linhas de produção

Linha de produção	Descrição
MID 1 L A3 FLEX LINHA 1	Envasadora de leite UHT de 1 L
MID 1 L A3 FLEX LINHA 2	Envasadora de leite UHT de 1 L
MID 200 mL COMPACT FLEX LINHA 4	Envasadora de creme de leite de 200 mL

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

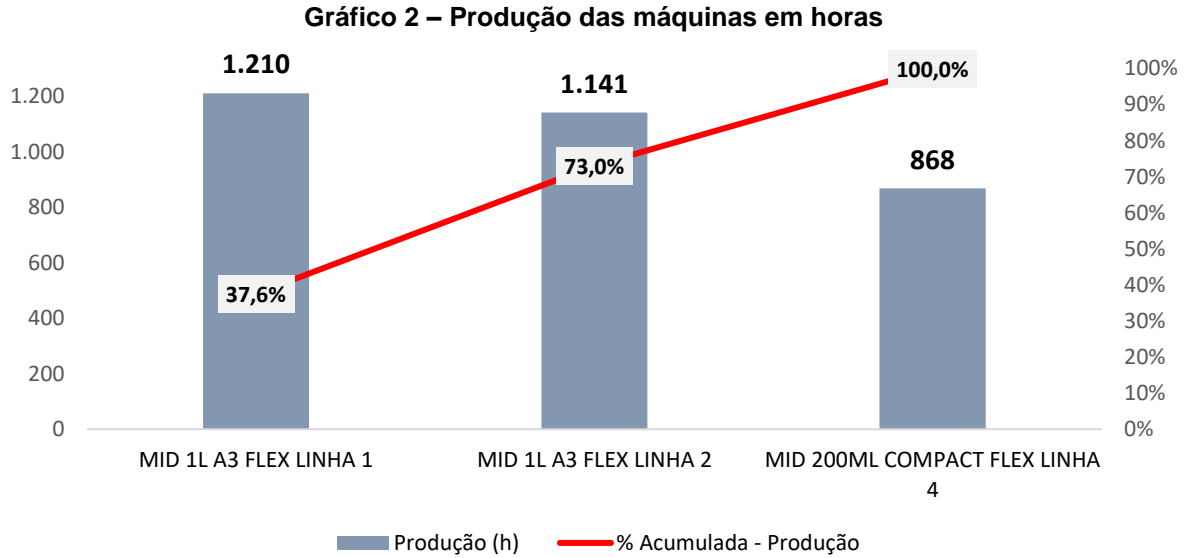
4.2 Etapa 2: observação

Para iniciar o estudo, buscou-se, na base de dados da produção, o controle da fiabilidade nos meses completos de janeiro a março de 2023 das 3 linhas, conforme descrita no Quadro 4, e as paradas de máquina foram separadas entre programadas e não programadas.

A fim de entender onde se encontra as principais paradas de máquina, foi elaborada uma sequência de gráficos de Pareto, de acordo com os dados obtidos.

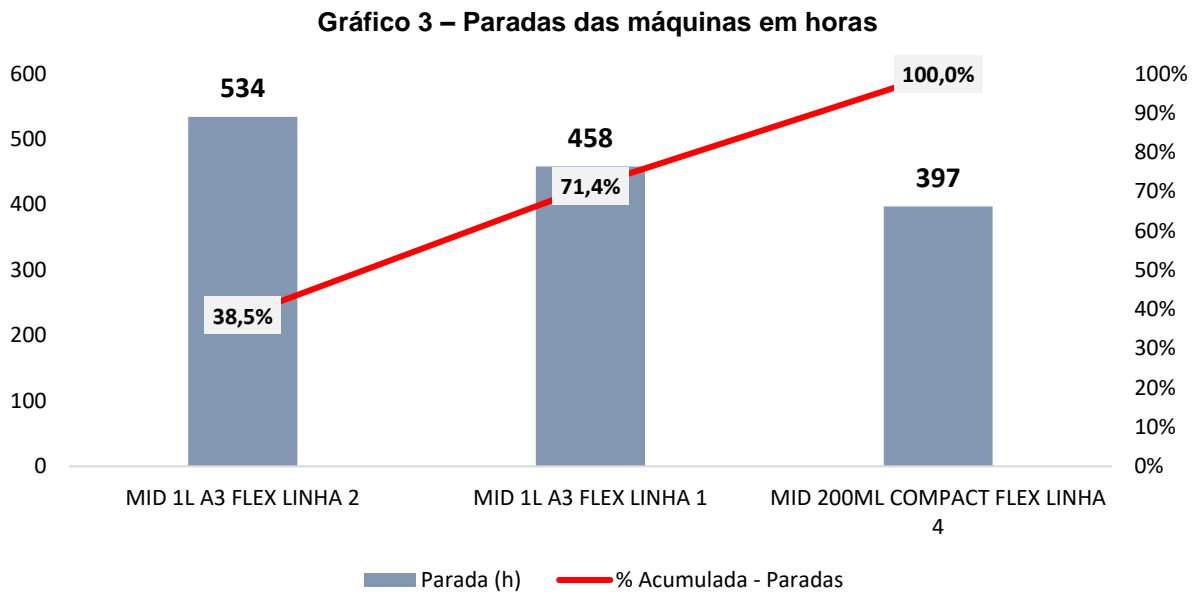
Para saber qual o tempo operacional, em horas, das linhas, foi construído o

primeiro gráfico de Pareto, demonstrando que as linhas 1 e 2 somam 73,0 % do que é produzido na fábrica, como apresentado no Gráfico 2.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

O Gráfico 3 representa, em horas, as paradas de cada uma das três máquinas, a partir do qual observa-se que a linha 2 apresenta 534 horas paradas, ou seja, 38,5 % do total de horas sem produzir.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

O gráfico de Pareto de paradas de máquina, em horas, revela que a MID 1 L A3 FLEX LINHA 2 possui um alto número de paradas, por isso, foi a máquina selecionada para ser analisada com mais detalhes nesse estudo de caso.

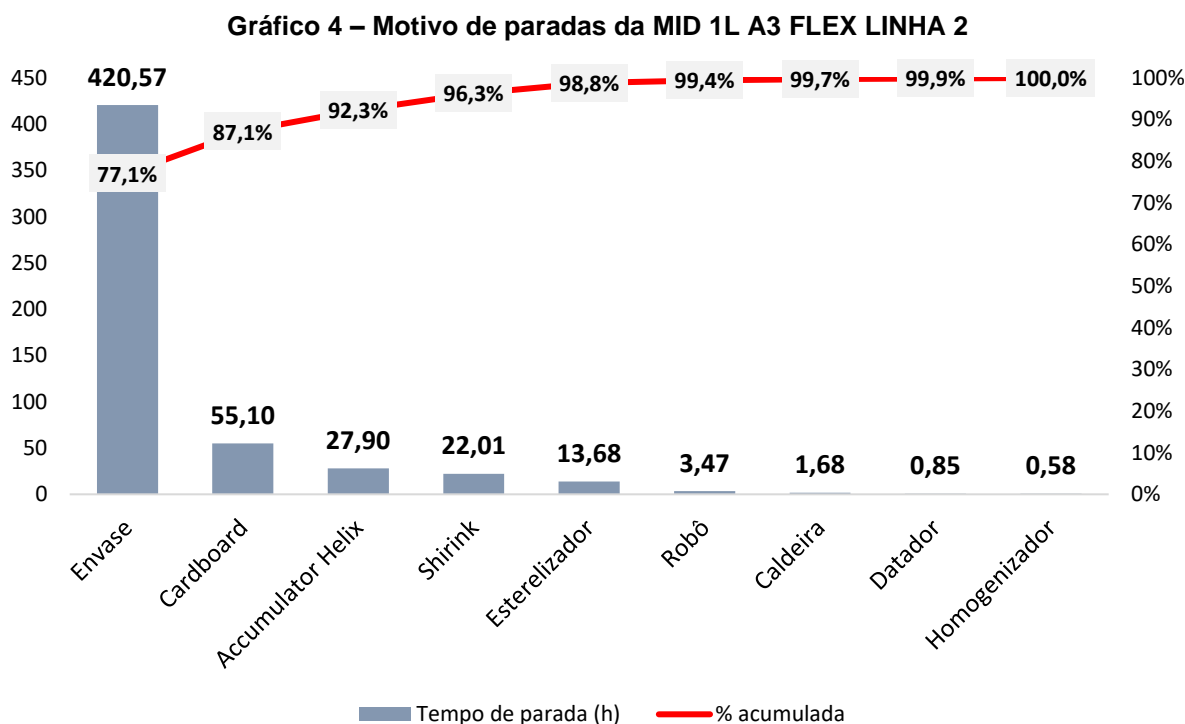
A linha 2 pode ser dividida, de maneira simplificada, nos seguintes equipamentos, conforme descritos no Quadro 5.

Quadro 5 – Descrição dos equipamentos

Equipamentos	Função
Homogeneizador	Quebra a gordura do leite em partículas menores agregando-a à proteína do leite, deixando o leite mais uniforme.
Datador	Data e lote são impressos nas embalagens.
Caldeira	A caldeira para laticínio está presente em situações que necessitam do calor para a transformação de um material, normalmente liquidificando o alimento para que possa ocorrer uma fusão com outros, ou para ocorrer a transformação natural.
Robô	Realiza a paletização das caixas de leite com 12 unidades.
Esterilizador	Elimina as impurezas do leite.
Shrink	Embala embalagens cartonadas em bandejas com filme retrátil protetor.
Accumulator Helix	Acumula embalagens, com segurança, entre a máquina de envase e a cardboard.
Cardboard	Encaixota 12 caixas de leite em uma caixa de papelão.
Envase	Embala o leite UHT.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

No controle de fiabilidade, verificou-se, pela descrição dos motivos das paradas, em quais equipamentos mais ocorreram paradas no período analisado. Estas estão expostas no Gráfico 4.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

A máquina do envase representou 77,1 % dos motivos de paradas, ou seja, o envase é o local onde mais ocorrem possíveis falhas e paradas de máquina.

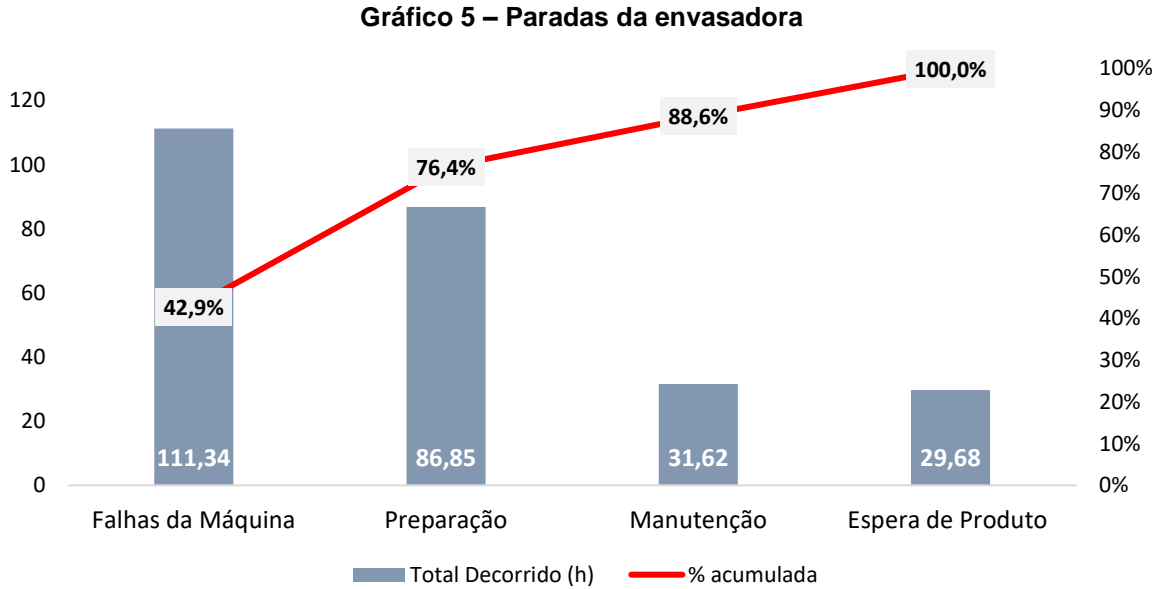
Na planilha de controle, os operadores classificam os motivos das paradas de máquina também por família, sendo elas: falhas da máquina, preparação de máquina, manutenção corretiva e espera de produto. No Quadro 6, está descrita essa classificação das paradas.

Quadro 6 – Classificação das paradas de máquina

Família	Descrição	Exemplos
Falhas de máquina	Paradas que ocorrem na máquina por motivo de falha de manutenção.	Placa de transferência da cardboard bloqueada.
Preparação da máquina	Limpeza da máquina para o envasamento do leite.	Esterilização da máquina, CIP geral, limpeza manual etc.
Manutenção corretiva	Intervenções da manutenção para ajustes nas paradas de máquina.	Manutenção na mangueira do DIMC.
Espera de produto	Aguardando chegada do leite na linha de envase.	-

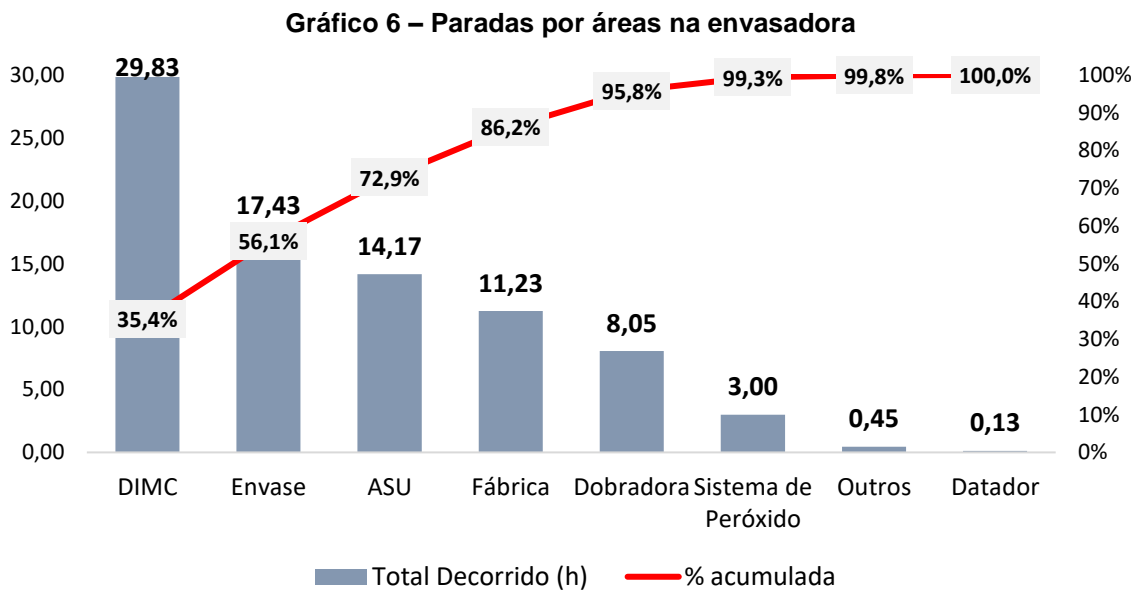
Fonte: Elaborado pelas autoras (2023)

Os dados foram agrupados por equipamento envase e famílias, segundo o Gráfico 5, as paradas da envasadora ocorrem 42,9 % por falhas de máquina.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023)

Essas falhas podem acontecer em três principais áreas da envasadora, que são conhecidas pelos operadores como: DIMC, Envase e ASU. Juntas, representam 72,9 % das paradas identificadas na envasadora, conforme apresentado no Gráfico 6.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

A partir dos gráficos de Pareto, pode-se elucidar em qual área da linha 2 mais ocorrem paradas, visto que a linha possui diversos equipamentos e cada equipamento com um alto grau de complexidade.

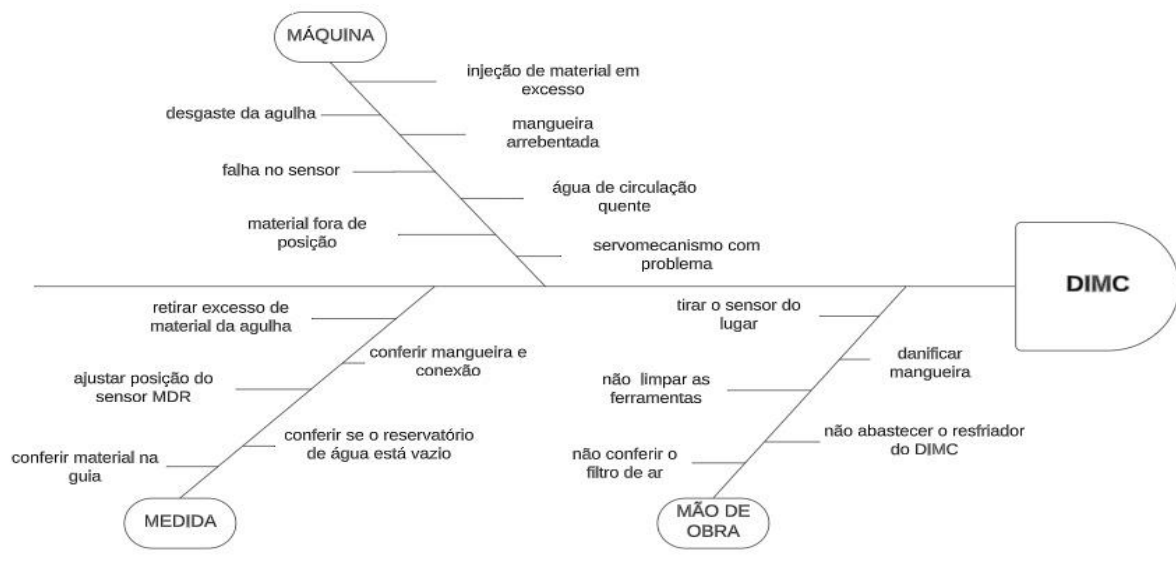
4.3 Etapa 3: análise

Após a observação das falhas e da identificação das três principais áreas que trazem impacto na fiabilidade do sistema, deu-se início a fase de análise das causas dessas paradas.

A primeira etapa foi realizada junto ao operador da linha 2. a fim de que o Diagrama de Ishikawa fosse desenvolvido, conforme apresentado nas Figuras 6, 7 e 8.

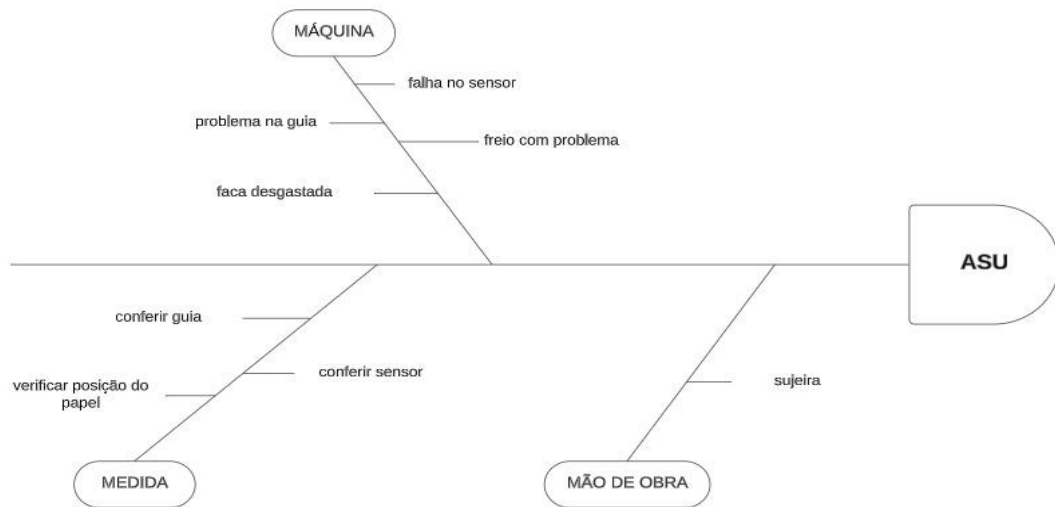
Foram apresentadas todas as categorias do diagrama: método, material, mão de obra, máquina, medida e meio ambiente. Porém, nem todas essas categorias se aplicaram as áreas do estudo, sendo assim, são descritas a seguir as mais frequentes, segundo o operador.

Figura 6 – Diagrama de Ishikawa do DIMC



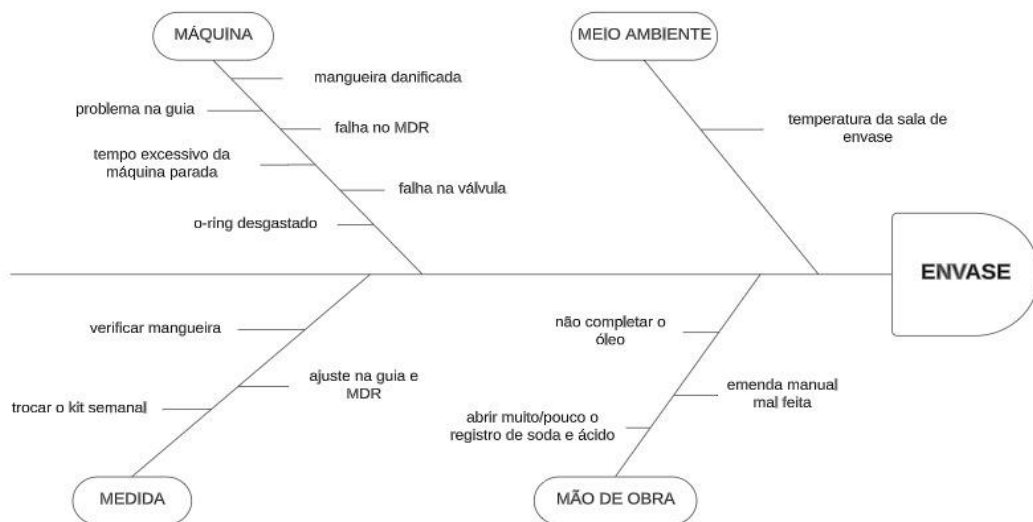
Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Figura 7 – Diagrama de Ishikawa do ASU



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Figura 8 – Diagrama de Ishikawa do envase



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Em seguida, finalizado o diagrama, o operador elegeu as causas que mais influenciam no seu dia a dia na fábrica e que provocam seguidas paradas. São elas:

- DIMC: mangueira arrebentada, falha na injeção de material e problema no servomecanismo;
- Envase: problemas na guia;
- ASU: faca desgastada, falha no sensor e freio.

Para a análise das principais causas relacionadas, foi realizado um segundo encontro junto ao gerente da fábrica, o coordenador da produção, o operador da linha 2, o líder da produção, o técnico da manutenção e o chefe da manutenção, a fim de identificar as causas raízes por meio da utilização da ferramenta dos 5 porquês, conforme apresentado no Quadro 7.

Quadro 7 – 5 porquês das principais causas

Área	Principais Causas	Porque 1	Porque 2	Porque 3	Porque 4	Porque 5	
DIMC	Mangueira Arreventada	Desgaste	Ressecamento	Temperatura alta do DIMC	Inspeção	Falta de um plano de manutenção para acompanhar desgaste da mangueira	
	Falha na Injeção de Material	Desgaste da Agulha	Temperatura alta no DIMC	Inspeção	Falta de um plano de manutenção para acompanhar o desgaste da Agulha	-	
			Desgaste prematuro	Falta de um plano de manutenção no desgaste da Agulha	-	-	
		Cilindro Inferior	Volume de ar comprimido insuficiente	Inspeção	Falta de um plano de manutenção para acompanhar o cilindro inferior	-	
			Desgaste	Tempo de uso	Falta de um plano de manutenção para acompanhar o cilindro inferior	-	
	Servomecanismo	Temperatura alta do controlador do servo	Falta de um plano de manutenção para o Servomecanismo	-	-	-	
		Falha de leitura do sensor MDR	Atrito estático	Condição da máquina	Falta de um plano de manutenção para acompanhar o Servomecanismo	-	
	ENVASE	Problema na Guia	Guia fora de posição	Sujeira	Falta de verificação operacional	Falta de um plano de manutenção para acompanhar a guia	-
	ASU	Faca desgastada	Desgaste prematuro	Falta de um plano de manutenção para acompanhar a faca	-	-	-
			Falta de planejamento	Falta de um plano de manutenção para acompanhar a faca	-	-	-
Informação incorreta			Falta de um plano de manutenção para acompanhar a faca	-	-	-	
Falha no sensor		Sujeira	Falta de verificação	Falta de manutenção para acompanhar o sensor	-	-	
Freio		Falta de tempo disponível do operador	Direcionamento de outras atividades	Falta de priorização	Falta de manutenção para acompanhar o freio	-	

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Através da análise dos 5 porquês, pode-se observar que a causa raiz das falhas identificadas é a falta de um plano de manutenção preventiva dos equipamentos.

4.4 Etapa 4: plano de ação

Para o desenvolvimento do plano de ação, que é a quarta fase do planejamento do MASP, foi aplicado o 5W2H, conforme apresentado no Quadro 8:

Quadro 8 – 5W2H

5W2H	
O quê?	Realizar um plano de manutenção preventiva.
Por quê?	Porque a principal causa da baixa fiabilidade da linha de produção do UHT é a falta de manutenção preventiva.
Onde?	Na máquina MID 1L A3 FLEX LINHA 2.
Quem?	Equipe de manutenção + operadores da máquina.
Quando?	A definir pela fábrica.
Como?	Implantar um plano de manutenção: definir prioridades, listar tarefas com a periodicidade e responsável da ação, treinar equipe, calcular e controlar os resultados dos indicadores de manutenção.
Quanto?	Horas homem da intervenção + possíveis peças a substituir.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

O período analisado apresentou determinados tipos de falhas recorrentes no processo e que podem ser solucionados com base nos princípios da manutenção preventiva. Para isso, será necessário que os gestores da fábrica definam suas prioridades de ação e foquem, principalmente, na gestão antecipada e manutenção planejada, visto que as principais causas das falhas são recorrentes no processo.

Para os gestores da fábrica, os indicadores de manutenção são ferramentas indispensáveis para dar continuidade ao processo e controlar os resultados da fiabilidade. Com o intuito de verificar quais são os números atuais dos indicadores e para dar base para o futuro acompanhamento da fábrica, foram calculados os índices de disponibilidade, MTBF e MTTR, conforme apresentado a seguir:

A partir da Equação 1, o resultado do índice de disponibilidade da fábrica demonstra um valor bem abaixo do desejado, 53,20 %, já que o índice de disponibilidade, conforme apresentado em 2.8.2.1, segundo os ideais do OEE, deve estar acima de 90 %, refletindo o alto número de paradas no processo.

$$\text{Índice de disponibilidade} = \frac{9,63}{(9,63 + 8,48)} = 53,20 \%$$

A partir da Equação 4, o valor de 9,63 horas foi encontrado para o MTBF, que consiste na medida do tempo médio entre uma falha e outra, ou seja, a produção para, em uma média, por 9 horas.

$$MTBF = \frac{607}{63} = 9,63 \text{ horas}$$

Já o MTTR, calculado a partir da Equação 5, que mede quanto tempo os operadores se dedicam para solucionar os problemas rotineiros das máquinas, resultou no valor de aproximadamente 8,48 horas.

$$MTTR = \frac{534}{63} = 8,48 \text{ horas}$$

O controle desses indicadores traz para a fábrica um maior entendimento para a tomada de decisões. A fim de aumentar a fiabilidade e disponibilidade das máquinas, a equipe de manutenção deve estar alinhada com a produção, planejando as paradas programadas, de forma que a produtividade seja minimamente afetada, logo, evitando falhas inesperadas de produção. O plano de manutenção deve ser elaborado visando o aumento do indicador MTBF e a redução do MTTR.

Os resultados encontrados no presente estudo de caso serão apresentados aos responsáveis da fábrica para servir como base e orientação no mapeamento das estratégias que deverão ser aplicadas, de fato, no dia a dia da fábrica. E, com a sequência ao MASP, os gestores encontrarão uma maneira de reduzir as paradas e

monitorar os indicadores de manutenção.

5 CONCLUSÕES

O estudo possibilitou a aplicação de ferramentas da qualidade para identificar os principais gargalos da fábrica, através do MASP, foi possível dar sequência lógica a execução do estudo de caso.

A partir da construção dos gráficos de Pareto, foi possível entender de onde vem as principais paradas e observá-las. Já o diagrama de Ishikawa e os 5 porquês possibilitaram chegar à causa raiz e concluir que a fábrica precisa rever seu plano de manutenção preventiva. O 5W2H auxiliou na proposta de um plano de ação e os indicadores de manutenção refletiram a situação real da fábrica diante das paradas.

O intuito da implementação do plano de ação proposto nesse estudo de caso é de mitigar as principais paradas identificadas, a fim de se atingir os objetivos propostos e atender as expectativas de aumento da fiabilidade no processo de envase de leite UHT.

REFERÊNCIAS

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

AGUIAR, Milena Cabral. **Análise de causa raiz:** levantamento dos métodos e exemplificação. 2014. 153 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/23437/23437.PDF>. Acesso em: 1 abr. 2023.

ANDERSEN, B. FAGERHAUG, T. **Root cause analysis:** simplified tools and techniques. 2 ed. Milwaukee: ASQ Quality Press. 2006. 240 p.

ARAÚJO, Cintia da Silva *et al.* Processamento térmico do leite: termização, pasteurização e UHT. *In:* ARAÚJO, Cintia da Silva *et al.* **Ciência e Tecnologia dos Alimentos.** Belo Horizonte: Poisson, 2021. v. 12. cap. 5, p. 28-33.

BERGMANN, Laura Loss. **Análise de uma linha de produção de leite UHT sob a perspectiva do lean manufacturing.** 2021. 65 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Alimentos) - Instituto de Ciências e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/239315/001141432.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 1 abr. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **MAPA DO LEITE:** Políticas Públicas e Privadas para o Leite. Brasília: MAPA, s.d. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/mapa-do-leite>. Acesso em: 10 de março de 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. **Instrução Normativa nº 62, de 29 de dezembro de 2011.** Dispõe sobre regulamentos técnicos de produção, identidade, qualidade, coleta e transporte do leite. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 30 dez. 2011. Disponível em:

<https://wp.ufpel.edu.br/inspleite/files/2018/06/IN62.pdf>. Acesso em: 20 de outubro de 2023.

CARPINETTI, L. C. R.; GEROLAMO, M. C. **Gestão da qualidade ISO 9001: 2015: Requisitos e Integração com a ISO 14001:2015**. São Paulo: Atlas, 2016. 192 p.

CHIOCHETTA, João Carlos; HATAKEUAMA, K.; MARÇAL, R. F. M. Sistema de Gestão da Manutenção para a Pequena e Média Empresa. *In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 24, 2004. Florianópolis/SC, 2004. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2004_enegep0109_0709.pdf. Acesso em: 19 set. 2023.

DOTTI, Dulcinei; BAGETTI, João Henrique. ANÁLISE DE CAUSAS DE PARADAS EM MÁQUINAS DE ENVASE DE LEITE UHT. *In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 33, 2013. Salvador/BA, 2013. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_tn_sto_177_013_21847.pdf. Acesso em: 12 set. 2023.

DUTRA, Jhonata Teles. **Planejamento e controle de manutenção descomplicado: uma metodologia passo a passo para implantação do PCM**. 3 ed. Brasília: Engeteles Editora, 2019. 240 p. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/525129598/Livro-Planejamento-e-Controle-Da-Manutencao-Descomplicado-Engeteles>. Acesso em: 10 de maio de 2023.

FAGUNDES, Christina Maria Costa; VEIGA, Lilian Bechara Elabras; SOUZA, Simone Lorena Quitério de. Produção Mais Limpa em uma indústria de laticínios: boas práticas de gestão ambiental. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 45-63, fev.2020. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/index.php/alimentos/article/view/1366>. Acesso em: 20 set. 2023.

FISCHER, Fernanda; KEINE, Sandro. Análise dos indicadores de manutenção e proposta de melhoria em máquinas de corte de circuitos elétricos. **Revista Produção Online**. Rio Grande do Sul, v. 22, n. 4, p. 3494-3527, mai. 2023. DOI:

<https://doi.org/10.14488/1676-1901.v22i4.4702>. Disponível em:

<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/4702>. Acesso em: 15 set. 2023.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2019. 173 p.

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção** – Função estratégica. 4 ed. Rio de Janeiro: QualityMark, 2012. 440p.

MARCONI, Maria de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 8 ed. São Paulo: Atlas, 2022. 392 p.

MARTINS, Moisés Alexandre Barreto. **Implementação e avaliação de uma ferramenta de monitoração da produção**. 2020. 127 p. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Universidade do Minho, Braga, 2020. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/64927/1/MoisesMartinsDisserta%c3%a7%c3%a3o.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2023.

MENEGHETTI, Antonio. **Psicologia empresarial**. 2 ed. São Paulo: FOIL, 2013.

MOURA, Luciano Raizer. **Qualidade simplesmente total**. 2 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003. 208 p.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introduction to TPM: Total Productive Maintenance**. Tokyo: Productivity Pr, 1988. 129 p.

NEPOMUCENO, Lauro Xavier. **Técnicas de manutenção preditiva**. 1 ed. São Paulo: Blucher, 1989. 501 p.

NEVES, Isabella Caroline Botelho *et al.* Aplicação da teoria das restrições em uma indústria de laticínios: um estudo de caso. **Revista Produção Online**, Santa Cruz do Sul, v. 20, n. 2, p. 656-683, jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v20i2.3664>. Disponível em:

<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/3664>. Acesso em: 25 set. 2023.

NOVASKI, Vanessa; FREITAS, Jéssica Lopes; BILLIG, Osvaldo Alencar. Aplicação de matriz gut e gráfico de pareto para priorização de perdas no processo produtivo de uma panificadora. **International Journal of Development Research**, v. 10, n. 11, p. 42203-42207, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.37118/ijdr.20255.11.2020>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/348691060_APLICACAO_DE_MATRIZ_GUT_E_GRAFICO_DE_PARETO_PARA_PRIORIZACAO_DE_PERDAS_NO_PROCESSO_PRODUTIVO_DE_UMA_PANIFICADORA. Acesso em: 01 set. 2023.

OAKLAND, John Smoltz. **Gerenciamento da Qualidade Total**. São Paulo: Nobel, 1994. 464 p.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção**: Além da Produção em Larga Escala. Porto Alegre: Editora Bookman, 1997. 150 p.

OLIVEIRA, Bianca Paula de; VIEIRA, Simone Melo. Qualidade sanitária do leite UHT no Brasil: uma revisão. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**. São Paulo, v. 8, n. 4, p. 1448-1459, abr. 2022. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v8i4.5147>. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/5147>. Acesso em: 30 set. 2023.

OLIVEIRA, José Carlos Souza. Análise de indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras. **Revista GEPROS Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, v. 8, n. 3, p. 53-69, jul./set. 2013. Disponível em: <https://revista.feb.unesp.br/gepros/article/download/1021/501>. Acesso em: 20 set. 2023.

OLIVEIRA, S. T. **Ferramentas para aprimoramento da qualidade**. 2 ed. São Paulo: Pioneira, 1996.

OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**., Ponta Grossa, v. 4, n. 2, p. 1-16, nov. 2008. DOI:

<http://dx.doi.org/10.3895/S1808-04482008000200001>. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/16>. Acesso em: 10 set. 2023.

PASCHOAL, Débora Rodrigues de Souza *et al.* Disponibilidade e confiabilidade: aplicação da gestão da manutenção na busca de maior competitividade. **Revista da Engenharia de Instalações no mar da FSMA**. Rio de Janeiro, v. 1, n. 3, jan./jun. 2009. Disponível em: https://www.fsma.edu.br/EP/Artigos/REV_ENG_3_artigo_3.pdf. Acesso em: 10 de junho de 2023.

PINTO, Alan Kardec; RIBEIRO, Haroldo. **Gestão estratégica e manutenção autônoma**. 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 111 p.

PLACCA, Gabriela Chaves. **Análise da fiabilidade e melhoria do processo de fabrico**: estudo de caso em uma fábrica de componentes para automóveis. 2017. 112 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica-Gestão Industrial) - Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2017. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11781/2/GP_COEME_2017_2_14.pdf. Acesso em: 01 out. 2023.

SANTOS, Alexandre Paixão *et al.* Utilização da ferramenta diagrama de Pareto para auxiliar na identificação dos principais problemas nas empresas. **Revista e-HUMANIT@S**, São Paulo, v. 1, n. 7, p. 79-82, 2020. Disponível em: <https://unisaesiano.com.br/aracatuba/wp-content/uploads/2018/05/Revista-eHumanitas-7-1-semester-2020-2.pdf>. Acesso em: 7 maio 2023.

SANTOS, Ana Carolina.; SANTOS, Marcos José. Utilização do indicador de eficácia global de equipamentos (OEE) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura-um estudo de caso. *In*: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 27, 2007, Foz do Iguaçu/PR. Paraná, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/335232761_UTILIZACAO_DO_INDICADOR_DE_EFICACIA_GLOBAL_DE_EQUIPAMENTOS_OEE_NA_GESTAO_DE_MELHORIA_CONTINUA_DO_SISTEMA_DE_MANUFATURA_-UM_ESTUDO_DE_CASO. Acesso em: 20 jun. 2023.

SANTOS, Luís Márcio Alves. A importância da manutenção industrial e seus

indicadores. **Revista científica núcleo do conhecimento**, ano 4, ed. 11, v. 1, p. 108-128, nov. 2019. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-de-producao/manutencao-industrial>. Acesso em: 5 jun. 2023.

SEBRAE. **5W2H**: o que é, para que serve e por que usar na sua empresa. Florianópolis SEBRAE, 2022. Disponível em: <https://www.sebrae-sc.com.br/blog/5w2h-o-que-e-para-que-serve-e-por-que-usar-na-sua-empresa>.

Acesso em: 20 abr. 2023.

SILVA, Elton César dos Santos *et al.* Aplicação da metodologia MASP em uma indústria alimentícia localizada no interior do estado da Paraíba. **Revista Gestão Industrial**. Paraná, v. 16, n. 3, p. 01-21, jul./set. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.3895/gi.v16n3.9825>. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/9825>. Acesso em: 10 out. 2023.

SILVA, Filipe Figueiredo da; MORENO, Juan Carlos Muller; MALTA, Regiane de Fatima Bigaran. **5W2H para análise de processos no recebimento de cargas em uma transportadora**. In: FATECLOG, 13, 2002, Mauá. **ANAIS [...]**. São Paulo: FATECLOG, 2002. 11 p.

TOLEDO, José Carlos. *et.al.* **Qualidade**: gestão e método. 1 ed. Rio de Janeiro: LCT, 2017. 807 p.

TROJAN, Flavio; MARÇAL, Rui Francisco Martins; BARAN, Leandro Roberto. Classificação dos tipos de manutenção pelo método de análise multicritério Electre Tri. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 14, 2013, Natal/RN. **Anais [...]**. Rio Grande do Norte: 2013. 343-357 p. Disponível em: <http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2013/pdf/arq0338.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2023.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 2006.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a manutenção produtiva**: Melhores práticas para eliminar falhas nos equipamentos e maximizar a produtividade. 2 ed. Belo

Horizonte: Falconi Editora, 2014. 405 p.

YIN, Robert K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. 290 p.