

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS,
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SERVIÇO SOCIAL

LAURA PRIETO GARCIA

PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA
DMAIC: AUMENTO DA ADERÊNCIA NA GESTÃO DA
MANUTENÇÃO

ITUIUTABA
2022

LAURA PRIETO GARCIA

PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA
DMAIC: AUMENTO DA ADERÊNCIA NA GESTÃO DA
MANUTENÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia de Produção, da
Universidade Federal de Uberlândia, Campus
Pontal, como requisito parcial para a obtenção
do título de Bacharel em Engenharia de
Produção.

Orientador: Prof. Dr. Lucio Abimael Medrano
Castillo

ITUIUTABA
2022

PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC: AUMENTO DA ADERÊNCIA NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia de Produção, da
Universidade Federal de Uberlândia, Campus
Pontal, aprovado como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
de Produção, pela banca examinadora
formada por:

Ituiutaba, 24 de janeiro de 2022.
Banca Examinadora:

Prof. Dr. Lucio Abimael Medrano Castillo (orientador),
Universidade Federal de Uberlândia

Profª. Dra. Déborah Oliveira Almeida Carvalho,
Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Dr. Luís Fernando Magnanini de Almeida,
Universidade Federal de Uberlândia

Aos meus pais, que sempre me apoiaram nas minhas escolhas e acreditaram no meu potencial.
Ao meu irmão que sempre me inspirou humana e profissionalmente. Á todos os profissionais da educação que contribuíram com a minha formação direta ou indiretamente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Universidade Federal de Uberlândia por toda a estrutura oferecida que me possibilitou oportunidades de crescimento imensuráveis. Em especial, ao meu professor e orientador Lucio, que sempre se fez disponível para me auxiliar com seu conhecimento, tanto na execução do presente trabalho como em diversos outros momentos em minha graduação.

Agradeço a empresa na qual o projeto foi executado pela confiança e aos integrantes da equipe do projeto desenvolvido, em especial a Beatriz, que acreditou na proposta desde o início, compartilhou experiências e abriu o caminho para todas as atuações necessárias.

Agradeço as amizades que estiveram comigo desde o início até o fim dessa trajetória, me apoiando e ajudando nos percalços enfrentados, particularmente à Isabella, que compartilhou informações importantes para o êxito do estudo.

Por fim, minha eterna gratidão às pessoas mais importantes da minha vida: Rose, Lupércio e Otávio. Sem vocês nada disso teria sido possível.

“Education is the most powerful weapon which you can use to change the world.”

(Nelson Mandela)

RESUMO

Respalado pela importância da adequação às normas internas das empresas, o presente trabalho consiste na execução de um projeto com foco na área da gestão da manutenção em uma indústria de laticínios de grande porte. Teve como principal objetivo aumentar a aderência na gestão da manutenção, visando eliminar os desvios relacionados a atuação de técnicos mecânicos e eletricitas durante momentos em que a linha está classificada como ociosa. Para realizar a análise foi utilizada a metodologia seis sigma, mais precisamente o ciclo DMAIC, com aplicação das etapas: definir, medir, analisar, melhorar e controlar. A pesquisa desenvolvida em torno do problema analisado é de natureza aplicada, e a situação problema é quali-quantitativa, tendo objetivo descritivo e procedimentos de pesquisa-ação. Com a aplicação das etapas da metodologia foi possível encontrar as causas raízes do problema estudado no projeto, possibilitando atuação assertiva a partir de ações de melhoria implementadas na rotina da fábrica. Assim, foi alcançada a eliminação total de ocorrências de desvios, culminando no aumento da confiabilidade dos indicadores de performance e conformidade em relação às diretrizes da empresa.

Palavras-chave: Ciclo DMAIC. Gestão da manutenção. Seis sigma.

ABSTRACT

Supported by the importance of adapting to the internal rules of companies, the present work consists in the execution of a project focused on the area of maintenance management in a large dairy industry. Its main objective was to increase adherence to maintenance management, aiming to eliminate deviations related to the performance of mechanical technicians and electricians during times when the line is classified as idle. To perform the analysis, the six sigma methodology was used, more precisely the DMAIC cycle, with application of the steps: define, measure, analyze, improve and control. The research developed around the analyzed problem is of applied nature, and the problem situation is qualitative-quantitative, having a descriptive objective and action research procedures. With the application of the methodology steps, it was possible to find the root causes of the problem studied in the project, enabling assertive action from improvement actions implemented in the factory routine. Thus, the total elimination of occurrences of deviations was achieved, culminating in an increase in the reliability of performance indicators and compliance with the company's guidelines.

Keywords: DMAIC cycle. Maintenance management. Six sigma.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ciclo DMAIC	5
Figura 2 - As três gerações da manutenção	8
Figura 3 - Fluxograma do processo de fabricação do leite em pó simplificado.....	13
Figura 4 - Procedimentos metodológicos utilizados	16
Figura 5 - Processo simplificado da fabricação do leite em pó na empresa alvo de estudo.....	18
Figura 6 - Sequência de fatos e ações ligadas à problemática empresarial estudada	19
Figura 7 - Estratificação da problemática estudada.....	23
Figura 8 - Diagrama de Ishikawa estruturado para o problema de lançamento de horas de manutenção retroativas em linha ociosa no caso da área de fabricação	25
Figura 9 - Matriz de priorização aplicada para as ações propostas	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Aplicação do teste dos porquês nas causas raízes identificadas.....	28
Quadro 2 - Causas raízes identificadas e suas respectivas ações de melhoria propostas	33
Quadro 3 - Plano de ação 5W2H das ações de melhoria propostas	35

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Dados de horas de manutenção lançadas retroativas em linha ociosa por área nos anos de 2019 e 2020	21
Gráfico 2 - Histograma do comparativo das horas totais apontadas retroativamente em linha ociosa por área	22
Gráfico 3 - Análise de Pareto da tendência das horas de manutenção lançadas retroativas em linha ociosa por técnico no ano de 2020	24
Gráfico 4 - Horas de manutenção lançadas retroativas em linha ociosa nos meses de aplicação do projeto em 2021 na área da fabricação	38

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

5W2H – *What, Where, When, Who, Why, How, How much*

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AI - *Asset Intensity*

DERAL – Departamento de Economia Rural

DFSS – *Design For Six Sigma*

DMAIC – *Define, Measure, Analyse, Improve, Control*

DPMO - Defeitos Por Milhão de Oportunidades

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ISO – *International Organization for Standardization*

MPd – Manutenção Preditiva

MPT - Manutenção Produtiva Total

NBR – Norma Brasileira

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

SEAPA - Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

TPM - *Total Productive Maintenance*

UHT - *Ultra High Temperature*

USDA – *United States Department of Agriculture*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2 OBJETIVOS DE PESQUISA	2
<i>1.2.1 Objetivo geral.....</i>	<i>2</i>
<i>1.2.2 Objetivos específicos.....</i>	<i>2</i>
1.3 JUSTIFICATIVA	2
1.4 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	2
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	3
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	3
2.1 SEIS SIGMA	3
<i>2.1.1 Ciclo DMAIC.....</i>	<i>4</i>
2.2 GESTÃO DA MANUTENÇÃO	6
<i>2.2.1 Tipos de Manutenção</i>	<i>8</i>
2.3 INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS	11
<i>2.3.1 Leite em pó.....</i>	<i>13</i>
2.4 DMAIC APLICADO A GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM INDÚSTRIAS DE LATICÍNIOS	14
3. METODOLOGIA	15
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	15
3.2 TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS	15
3.3 TÉCNICAS DE ANÁLISE DE DADOS	16
3.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS - ETAPAS.....	16
4. RESULTADOS.....	17
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	17
4.2 MAPEAMENTO DA REALIDADE EMPRESARIAL.....	19
4.3 PROPOSTAS DE MELHORIA	20
<i>4.3.1 Definir</i>	<i>20</i>
<i>4.3.2 Medir.....</i>	<i>21</i>
<i>4.3.3 Analisar.....</i>	<i>22</i>
<i>4.3.4 Melhorar.....</i>	<i>32</i>

4.3.5	<i>Controlar</i>	37
4.4	RESULTADOS OBTIDOS	38
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
5.1	CONCLUSÕES DO TRABALHO	39
5.2	LIMITAÇÕES DO ESTUDO	40
5.3	TRABALHOS FUTUROS	40
	REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Com um balanço positivo em 2020, mesmo enfrentando desafios atípicos que foram impostos pela pandemia do novo Covid-19, o setor de lácteos se destacou por manter uma margem de rentabilidade satisfatória (EMBRAPA, 2020). Quando se fala da produção inspecionada de leite em pó, Minas Gerais foi apontado como o maior estado produtor do Brasil, sendo responsável por 41% do total de leite em pó processado no ano de 2016 (BRASIL DAIRY TRENDS 2020, 2017).

Apresentando uma crescente considerável, as multinacionais assumiram posições de destaque nos mercados mais dinâmicos e de mais alto valor agregado ao se tratar de leite. Trabalhando a partir do processamento industrial da matéria prima e entregando produtos diferenciados aos consumidores, as indústrias lácteas buscam produzir mais com menos, evitando todos os desperdícios ligados direta ou indiretamente ao processo de fabricação (WILKINSON, 2008).

Em vista disso, uma aliada imprescindível para as empresas que querem aprimorar suas atuações e trabalhar a melhoria contínua em seus processos é a metodologia Seis Sigma, proposta inicialmente pela empresa de telecomunicações Motorola. A mesma disponibiliza ferramentas poderosas para identificar e aperfeiçoar pontos vulneráveis do negócio. Os projetos Seis Sigma seguem um ciclo que foi nomeado DMAIC, do inglês, *Define - Measure - Analyse - Improve - Control*, com tradução para o português, Definir - Medir - Analisar - Melhorar - Controlar, remetendo também ao ciclo PDCA (CARVALHO, 2012).

Para além da melhoria contínua, as indústrias vêm implementando cada vez mais ferramentas de gestão com o intuito de otimizar recursos. É possível destacar entre elas a gestão da manutenção, solução que a partir do conjunto de técnicas e medidas aplicadas, viabiliza a maximização da disponibilidade dos equipamentos de produção, e, ao mesmo tempo, o controle dos custos (SEELING, 2000).

Fazendo parte das multinacionais citadas que possuem destaque no mercado de laticínios, a empresa objeto de estudo apresenta competitividade considerável, sendo destaque na produção inspecionada de leite em pó. Pode-se dizer que parte do sucesso se deve à busca constante pela melhoria contínua, com incentivos aos colaboradores para que os mesmos questionem os processos que realizam e proponham aprimoramentos.

Neste sentido, a problemática estudada surge a partir da elaboração de um projeto de melhoria com aplicação direta do ciclo DMAIC. Tal aplicação tem o intuito de identificar e

corrigir fatores que influenciam nos desvios de cumprimento de uma norma interna, a qual veta a realização de manutenção em momentos que a linha de produção está em ociosidade. Para execução do projeto são abrangidas diferentes áreas da empresa, como a de produção, envolvendo a classificação do recurso produtivo, de manutenção, cercando os serviços realizados em linha, e de excelência em manufatura, lidando com a gestão de desvios.

1.2 Objetivos de pesquisa

1.2.1 *Objetivo geral*

O presente trabalho tem o objetivo de aplicar a metodologia DMAIC, visando o aumento da aderência na gestão da manutenção, com foco na eliminação dos desvios de atuação técnica de acordo com a classificação de linha de produção, dentro de uma indústria de laticínios na cidade de Ituiutaba, Minas Gerais.

1.2.2 *Objetivos específicos*

Ao aplicar as possíveis melhorias identificadas para as causas raízes do problema, pretende-se reduzir ao máximo possíveis pontos negativos em auditorias ligados ao tema em questão, colaborando para o atingimento das metas da fábrica no quesito de conformidade em relação às regras e leis tanto internas quanto externas. Além disso, busca-se difundir o conhecimento em relação às diretrizes ligadas ao assunto trabalhado.

1.3 Justificativa

Com a aplicação do ciclo DMAIC, originário da metodologia Seis Sigma, será possível identificar as causas raízes que contribuem para a ocorrência de desvios na gestão da manutenção, nos momentos em que a linha é classificada como ociosa. A partir do uso de ferramentas propostas na metodologia, as oportunidades de aprimoramento serão identificadas e se tornarão aplicáveis. Os resultados serão acompanhados via indicadores de desempenho com o intuito de registrar a evolução e detectar pontos que podem sair fora do que foi inicialmente planejado.

1.4 Delimitação do trabalho

Esse estudo se limita a aplicação de uma das ferramentas apresentadas na Engenharia de Produção: o ciclo DMAIC, que faz parte da metodologia Seis Sigma e é utilizado no gerenciamento de projetos. A gestão da manutenção servirá de base para aprimorar a atuação

dos técnicos de manutenção, alinhando-a com o gerenciamento da linha de produção, garantindo a aderência às regras internas da empresa.

A pesquisa-ação será implementada em uma indústria de laticínios, na área de fabricação, envolvendo o setor de manutenção e o recurso produtivo. Como mecanismo de acompanhamento serão utilizados os indicadores de desempenho.

1.5 Estrutura do trabalho

Em primeiro momento é apresentada a contextualização e justificativa do trabalho, trazendo informações sobre o mercado de laticínios, breve explicação sobre as ferramentas e conceitos utilizados. Ao final, são apresentados alguns detalhes sobre a empresa alvo, evidenciando o objetivo do estudo.

Logo após, é exposta a fundamentação teórica a partir de referências de pesquisas produzidas por autores renomados, juntamente são pontuados estudos prévios, trazendo antecedentes históricos e aplicações das metodologias trabalhadas na empresa.

No tópico de metodologia, a pesquisa é caracterizada de acordo com o padrão de técnicas e procedimentos, deixando claro como a mesma será conduzida ao longo da dissertação.

Em resultados, a pesquisa-ação é apresentada em detalhes. São expostas mais informações sobre a fábrica onde o trabalho foi realizado, a situação que se encontravam os setores analisados e também as propostas de melhoria apresentadas como sugestão de implementação.

Encerrando, temos as considerações finais registrando as conclusões obtidas a partir da execução do trabalho, as limitações da pesquisa e possíveis estudos futuros que podem ser realizados para complementação do que foi apresentado.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Seis Sigma

Entre diferentes formas de aplicação, a metodologia Seis Sigma tem ganhado destaque no mundo empresarial nos últimos anos. Trabalhando a partir da melhoria sustentável do desempenho de negócios, pode ser aplicada com foco em produtos, serviços e processos da organização em suas mais diversas áreas, como: produção, desenvolvimento de novos produtos, marketing, vendas, finanças, sistemas de informação e administração (ANBARI, 2004).

Com seu nascimento registrado na Motorola, empresa de telecomunicações multinacional estadunidense, no ano de 1987, o Programa Seis Sigma tinha como principal objetivo capacitar a empresa internamente e colocá-la à frente de seus concorrentes. Porém, a partir do reconhecimento recebido no prêmio Nacional de Qualidade Malcolm Baldrige no ano de 1988, onde o programa foi responsabilizado pelo sucesso da organização, o mesmo tornou-se conhecido mundialmente (WERKEMA, 2005).

Desde sua criação a metodologia foi explorada por diversos estudiosos, o que consequentemente gerou diferentes definições. A definição mais comumente ouvida traz o Seis Sigma como uma expressão estatística, tendo como exemplificação a própria denominação que usa o símbolo grego minúsculo (sigma), remetendo ao desvio padrão, medida de variação ou dispersão em torno de uma média (GOFFNETT, 2004).

A partir de outro ponto de vista, o Seis Sigma pode aparecer como um termo para desempenho de processo que produz apenas 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO), ou então uma métrica que representa um processo que está sendo executado livre de todo e qualquer tipo de defeito possível (GOFFNETT, 2004).

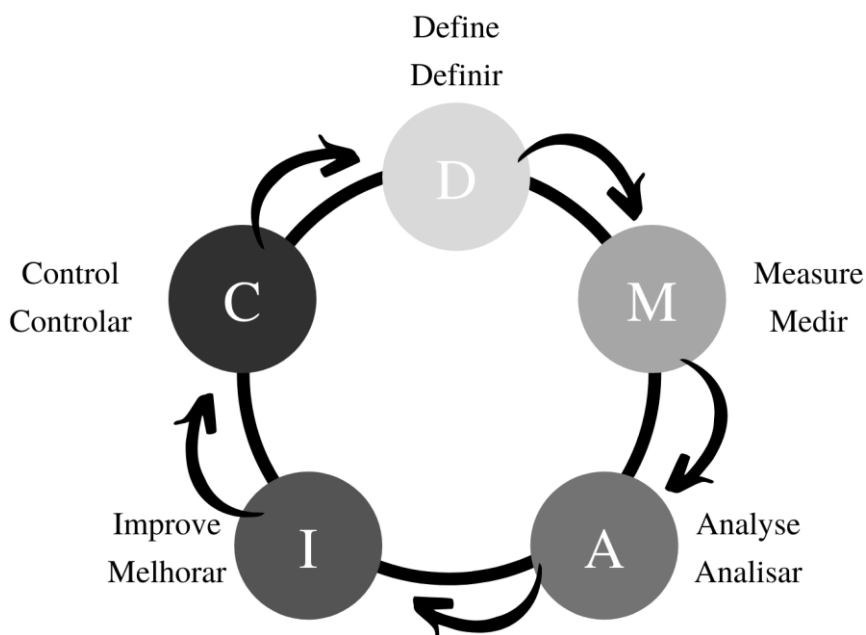
Apesar do enfoque estatístico continuar sendo priorizado, este tem sido trabalhado de maneira mais restrita com a aplicação da metodologia sistematizada pelo ciclo *Define - Measure - Analyse - Improve - Control* (DMAIC). Nomeado a partir de verbos do inglês e com tradução direta para o português: Definir - Medir - Analisar - Melhorar - Controlar, o ciclo DMAIC se caracteriza principalmente pelo seu potencial de solucionar problemas (SANTOS, 2008).

Nesta linha de pensamento, é possível dizer que um dos principais diferenciais que as empresas vêm buscando atualmente é a implementação efetiva da melhoria contínua. Trata-se de uma ferramenta simples e de fácil aplicação que auxilia os gestores a otimizar seus processos de produção e alcançar os objetivos da empresa. Por conta do aumento na busca por esse tema, o ciclo DMAIC tem se destacado a partir da capacidade de identificar e gerar soluções para os pontos falhos do negócio (FONSECA, 2016).

2.1.1 Ciclo DMAIC

Originário de uma evolução do ciclo *Plan - Do - Check - Action* (PDCA), o ciclo DMAIC é dividido em cinco etapas que possuem objetivos específicos e devem ser atingidos a partir da aplicação de ferramentas estatísticas, visando sempre a implementação da melhoria contínua (GODOY, 2014). A esquematização visual do ciclo pode ser observada a partir da figura 1.

Figura 1 - Ciclo DMAIC



Fonte: adaptado de Werkema (2012)

A etapa “Definir” é a primeira que deve ser trabalhada. Nela os objetivos são: identificar oportunidades de melhoria, definir requisitos críticos de clientes, escolher características críticas da qualidade que irão impactar no projeto e estruturar o escopo de implantação (GODOY, 2014).

Já a segunda etapa abordada no ciclo é “Medir”, onde busca-se entender a situação atual, fazer a identificação do processo ou subprocesso crítico, elencar as variáveis de entrada dos processos chave, identificar as características de interesse ou variáveis de saída, definir as medidas operacionais e avaliar as fontes de variação dos sistemas de medição (GODOY, 2014).

Na etapa 3 temos “Analisar”, onde os dados levantados anteriormente são estudados com o intuito de entender as relações de causa e efeito deles no processo, fonte de variabilidade e de desempenho insatisfatório. Como principais resultados esperados da fase temos a identificação de oportunidades de melhoria a serem propostas no projeto (SILVA et al., 2017).

Durante a etapa 4, “Melhorar”, o ciclo busca despertar o pensamento criativo da equipe do projeto para que sejam propostas mudanças específicas e gerais do processo na intenção de melhorar seu desempenho. Deve-se levar em conta as causas encontradas na etapa “Medir” e suas relações estudadas na etapa “Analisar”, e, preferencialmente optar por implementar uma melhoria por vez para que o acompanhamento seja mais fidedigno, já que uma proposta pode acabar colaborando para a resolução de mais de um problema (GODOY, 2014).

A última etapa é “Controlar”, que tem como objetivo garantir que as melhorias obtidas a partir da execução das etapas anteriores não se percam. Assim, os novos procedimentos e os antigos devem ser revistos. Procura-se estabelecer, medir, padronizar e monitorar para integrar as mudanças no sistema já existente (BESTEIRO et al., 2017). Levando em consideração que todas as fases anteriores foram desenvolvidas de acordo com o esperado, esta vem para realmente comprovar se o projeto conseguiu atingir o resultado esperado, além de ajudar na identificação de possíveis desvios.

Algumas metodologias auxiliam na execução das fases citadas acima, como: carta de projeto, que apresenta as informações iniciais do projeto; gráfico de Pareto, que possibilita a identificação dos problemas mais importantes relacionados ao projeto; fluxo de processos, onde os estágios dos processos são apresentados logicamente; espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa, que ajuda na pesquisa das possíveis causas efeitos dos problemas em análise; análise dos cinco porquês, que, a partir dos pontos levantados na espinha de peixe, auxilia na identificação das possíveis causas efeitos mais profundas; matriz de esforço x impacto, usada na priorização das causas levantadas a partir de uma análise de maior importância e dedicação, entre outras.

2.2 Gestão da Manutenção

Com a intenção de aumentar a produtividade das indústrias, a não ocorrência de paradas não planejadas é cada vez mais visada pelos gestores. As falhas que podem ocorrer nos equipamentos, acarretando em danos parciais ou totais, devem ser ao máximo evitadas para que o índice de produção não seja afetado. Pode-se dizer que a manutenção é a melhor forma de cuidar das instalações físicas do meio de produção em via de evitar que as tão temidas quebras venham a acontecer, paralisando assim a produção em momentos inoportunos (SLACK, 2000).

Originária do vocabulário militar, a palavra manutenção trazia o sentido de manter, nas unidades de combate, o efetivo e o material em um nível constante. No dicionário é possível encontrar definições que falam sobre causar continuidade ou reter o estado atual, sugerindo o ato de preservar algo (TOVAR, 2017).

Definido em 1975 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a partir da norma TB-116, o termo manutenção correspondia ao: conjunto de todas as ações necessárias para que um item seja conservado ou restaurado de modo a poder permanecer de acordo com uma condição desejada. Ao passar por revisão em 1994, foi reformulado pela norma NBR-5462, passando a ser definido como: a combinação de todas as ações técnicas e administrativas,

incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (ABNT, 1994).

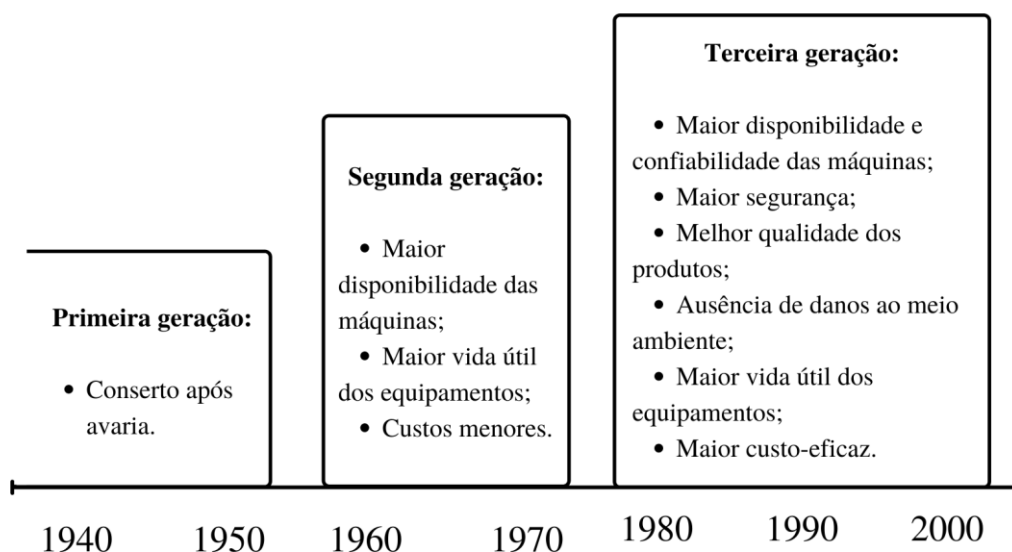
Os acontecimentos históricos e a constante evolução tecnológica foram mudando, além da definição da palavra, os conceitos e aplicações da manutenção, fazendo surgir na literatura três gerações. A primeira corresponde ao período anterior à Segunda Guerra Mundial, tendo início a partir da construção das primeiras máquinas têxteis, por volta do século XVI (ARIZA, 1989). Com uma indústria pouco mecanizada a produtividade não era priorizada, formando-se um contexto ideal para a origem da manutenção corretiva, que ocupava um dos níveis mais baixos das organizações e atuava apenas após a ocorrência da falha (LUCATELLI, 2002).

Na segunda geração, caracterizada pós Segunda Guerra Mundial, há um aumento da mecanização das indústrias para atender ao crescimento da demanda, acarretando em maior preocupação com os maquinários, que começam a ter equipes especializadas e atendimento também a partir de intervenções planejadas (OLIVEIRA, 2016). Assim, foi introduzida a ideia de que as falhas poderiam e deveriam ser prevenidas, resultando na ideia da manutenção preventiva, onde os itens são substituídos com base em intervalos ou ciclos predeterminados, antes que cheguem a apresentar grandes falhas (LUCATELLI, 1998).

Já a terceira geração da manutenção tem seu início em 1970, sendo caracterizada principalmente a partir de mudanças aceleradas que ocorreram no setor das indústrias. A inevitável evolução se deu devido às novas exigências do mercado, que com a globalização, evidenciou a necessidade de redução de custos operacionais (LUCATELLI, 2002). Também foi fortemente influenciada pelo sistema de produção *Just-In-Time*, onde há uma busca pela falha zero, evitando assim o impacto nos padrões de qualidade (OLIVEIRA, 2016).

A figura 2 apresenta as três gerações da manutenção e suas principais expectativas que foram se modificando ao longo do tempo.

Figura 2 - As três gerações da manutenção



Fonte: adaptado de Moubray (2000)

Na literatura é possível encontrar autores que apontam o surgimento da 4ª geração da manutenção, onde as expectativas da anterior são mantidas com o acréscimo da disponibilidade como uma das medidas de performance mais importantes. É também nessa geração que surge a consolidação da Engenharia de Manutenção, garantindo a disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade como as três maiores justificativas de sua existência (FREIRE, 2012).

Levando em consideração que todos os setores de uma empresa possuem equipamentos e ou instalações, a deterioração dos mesmos precisa receber uma atenção especial ao longo do tempo. Para aumentar a vida útil de diferentes instrumentos, são exigidos diferentes tipos de manutenção, que na maioria das vezes trabalham em conjunto para um resultado ideal (THEISS, 2004).

2.2.1 Tipos de Manutenção

Dentre diversos autores da literatura, não há um consenso sobre quais seriam os tipos de manutenção, gerando uma grande variedade terminológica. Abaixo são citadas as principais classificações utilizadas.

Existem estudos que argumentam que todas as atividades de manutenção devem ser agrupadas em duas grandes categorias, a corretiva e a preventiva, enquadrando a manutenção preditiva (MPd) e a manutenção detectiva como técnicas do grupo de preventiva. Outros, dividem a manutenção preventiva em duas subcategorias, a preventiva sistemática,

correspondente a preventiva tradicional, e a preventiva condicional, equivalente a preditiva (LUCATELLI, 2002).

No caso de Kardec e Nascif (1999), para uma caracterização correta dos tipos de manutenção, tem-se seis categorias: corretiva não planejada, corretiva planejada, preventiva, preditiva, detectiva e engenharia de manutenção. A manutenção detectiva é acrescentada às políticas de manutenção tradicionais por Moubray (2000), não tendo um consenso quanto à classificação como um novo tipo de manutenção, mas já aplicada na área industrial.

Levando em conta os preceitos das políticas de manutenção tradicionais, pode-se dizer que os principais tipos de manutenção são divididos de acordo com as categorias de manutenção planejada e não planejada, e as subcategorias corretiva, preventiva e preditiva.

a) Manutenção Corretiva

O tipo mais simples de manutenção também é o que está presente na maior parte das empresas que possuem algum tipo de ativo físico. Assim como citado na seção acima, o surgimento da manutenção corretiva foi o primeiro identificado a partir do nascimento das indústrias e até hoje continua sendo o primeiro a ser implementado em novas fábricas.

Segundo a NBR 5462 (1994) a manutenção corretiva é a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida. De acordo com Dunn (1998), trata-se de qualquer atividade de manutenção que exija a correção de uma falha ocorrida ou que esteja em processo de ocorrência, podendo consistir em reparo, restauração ou substituição de componentes.

A principal vantagem desse tipo de manutenção é que não exige um planejamento robusto para sua execução, mas por outro lado exige um estoque maior de peças, gera insegurança e acarreta em paradas não programadas (PAZETO, 2016).

Apesar de não ter a mesma característica passível de planejamento dos outros tipos, a manutenção corretiva pode sim ser dividida entre planejada e não planejada. Respectivamente, a primeira acontece quando há a correção de uma falha esperada, onde já se possui um equipamento para substituição ou peças para reparo rápido. Já a segunda ocorre para corrigir falhas que aconteçam aleatoriamente, sem nenhum preparo de equipe ou material (PAZETO, 2016).

b) Manutenção Preventiva

Atuar apenas de maneira corretiva começou a ser inviável para as indústrias que desejavam atender ao aumento da demanda criada pela Segunda Guerra Mundial. A partir desse

momento viu-se que a prevenção era uma ótima opção para garantir qualidade e desempenho, possibilitando maior confiabilidade das máquinas.

Para a ABNT (1994) a manutenção preventiva é a manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. Diversos outros autores também dispõem de definições próprias em suas obras.

Comparativamente a manutenção corretiva, o trabalho preventivo apresenta benefícios, como a redução de estoques sobressalentes e seus custos, redução de falhas de grande escala e riscos de acidentes de serviço, redução do número de paradas não-programadas e adoção de procedimento simples, como lubrificação, ajustes e verificações visuais (RAMÍREZ et al., 2002).

Em contrapartida, também existem alguns aspectos não-favoráveis dessa opção, como a necessidade de histórico de falhas extenso e confiável, a possibilidade de falhas de manutenção induzidas, manutenção excessiva para componentes com taxas de falhas menores que a frequência determinada e a necessidade de paradas para a realização das atividades (GOUWS; GOUWS, 1997).

Com o intuito de possibilitar a substituição de itens degradados em frequências predeterminadas, é essencial que seja feita a programação de ações prévias para garantir que tais atividades se concluam como esperado. Para isso é necessário ter uma base preparada com itens como manuais de procedimentos, programação de compra de peças sobressalentes, frequência de realização das inspeções, dimensionamento da equipe técnica, manutenção de rotina, registro de atividades, entre outros (LUCATELLI, 2002).

c) Manutenção Preditiva

Nos últimos anos o aumento da tecnologia computadorizada deu origem a inúmeras ferramentas digitais e também a capacidade de processamento cada vez mais rápido. Percebeu-se que algumas revisões programadas têm pouco efeito na confiabilidade total de um equipamento complexo, e que vários equipamentos não possuem forma efetiva de manutenção programada (PAZETO, 2016).

Com o intuito de trazer um tipo de manutenção alternativo que englobasse os pontos falhos dos métodos já existentes, surge a manutenção preditiva, que se baseia no monitoramento dos “sinais vitais” do item. Por meio de um conjunto de atividades sistemáticas é feito o acompanhamento das variáveis ou parâmetros que indicam o desempenho dos equipamentos para que possa ser definida a necessidade ou não de intervenção (FILHO, 2000).

A NBR 5462 (1994) define a manutenção preditiva como aquela que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a corretiva.

Conhecida também como manutenção baseada na condição, a preditiva traz a utilização de diferentes métodos e técnicas de investigação, como estudo de vibrações, análise de óleo, análise de estudo de superfícies, análise estruturais de peças, análise termodinâmica, entre outras (DUNN, 1998).

Dentre as principais vantagens da adoção da manutenção preditiva temos a possibilidade de realizar um melhor planejamento para a manutenção, o que auxilia na gestão e o aumento da vida útil e da confiabilidade dos equipamentos (MOBLEY, 2002). Como desvantagem são pontuados o alto investimento inicial, a necessidade de mão de obra qualificada e a não possibilidade de atuar em todos os tipos de falhas (LUCATELLI, 2002).

Além de adotar estrategicamente os tipos de manutenção apresentados acima, as grandes empresas têm buscado cada vez mais alternativas que aprimorem suas atuações em relação aos maquinários, e a Manutenção Produtiva Total (MPT) surge com esse intuito. Mais do que uma ferramenta de manutenção, a MPT, ou *Total Productive Maintenance* (TPM), é uma filosofia de trabalho considerada como missão da empresa na manutenção da produtividade (FLEMING, 1997).

Com nascimento registrado no Japão, a manutenção produtiva total pode ser definida como a maximização da eficiência do equipamento, cobrindo toda a sua vida, por meio do envolvimento de todos os funcionários (McKONE, 2001).

Sua base é feita a partir de pilares, entre eles estão melhoria específica, manutenção autônoma, manutenção planejada, manutenção da qualidade e treinamento. Apesar de bastante amplo, o MPT não entra em conflito com outras ferramentas, atuando como uma filosofia que permeia o dia a dia nas fábricas (KELLY, 2006).

Neste sentido, existe uma divisão entre elementos de curto prazo, normalmente focados em manutenção autônoma para o departamento de produção e planejada para o departamento de manutenção, e de longo prazo, focados no desenvolvimento de novos equipamentos e na eliminação de fontes de desperdício de tempo na produção (McKONE, 2001).

2.3 Indústria de laticínios

O Brasil é reconhecido como um dos grandes produtores de leite no mundo. Entre os anos de 2008 e 2016 o país foi responsável por 7% da produção mundial de leite, ficando na

quinta posição em termos de volume. Os quatro maiores produtores no período citado foram União Europeia, com 30,47%, Estados Unidos, com 19,6%, Índia com 12,8% e China, com 7,21% (DERAL, 2020).

No quarto trimestre de 2020 o Brasil chegou à marca de 6,7 bilhões de litros de leite adquiridos (IBGE, 2021). Atualmente, segundo relatório divulgado em janeiro pela USDA, o Brasil se encontra em sexto lugar no ranking, com 4,1% da participação mundial na produção de leite fluído (SEAPA, 2021).

As mudanças aplicadas durante a década de 90 no Brasil são apontadas como responsáveis por uma parte dos bons resultados reportados atualmente. No início de 1991 houve o fim do tabelamento do preço do leite no Brasil, abertura econômica promovida pelo governo brasileiro e a criação do Mercosul, o que impactou profundamente o segmento leiteiro, exigindo dos agentes do setor uma busca por alternativas de enfrentamento da nova realidade (SIQUEIRA, 2010).

Nesta linha, foram feitos investimentos em tecnologia, produtividade e qualidade, pontos estimulados pela iniciativa privada e pelo governo federal. A implantação do Plano Real em 1994, que proporcionou aumento de renda à população, e a incorporação do leite *Ultra High Temperature* (UHT) nos hábitos alimentares dos brasileiros, movimentaram a economia láctea. Assim, logo em seguida houve uma desaceleração na importação de derivados lácteos pelo Brasil e, a partir do ano 2000, a inserção do país no mercado internacional de lácteos como exportador (SIQUEIRA, 2010).

No Brasil a produção de leite está dispersa por todo o território nacional, e é caracterizada pela grande heterogeneidade em relação ao tamanho das propriedades, tipo de produtor, rebanho e tecnologias de produção utilizadas, ou seja, processo produtivo. Há produtores especializados, que investem em tecnologia e obtêm ganhos de escala em produtos com melhor qualidade, recebendo uma melhor remuneração pelo produto. Esse perfil de produtor é encontrado principalmente nas bacias leiteiras de Minas Gerais, São Paulo, Goiás e Paraná (EMBRAPA, 2007).

Em outro extremo, há produtores de pequeno porte, que representam volume significativo de produção e vivem da renda gerada na atividade leiteira, em grande parte compondo o que se denomina agricultura familiar (CARVALHO, 2006). Pode-se afirmar que a produção de leite no Brasil é marcadamente assimétrica (EMBRAPA, 2007).

2.3.1 Leite em pó

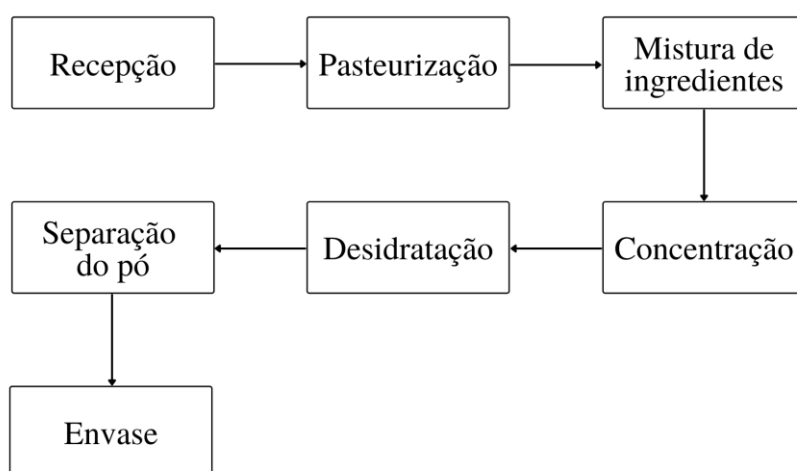
Ao analisar os produtos lácteos exportados pelo Brasil, o leite em pó é um dos mais importantes para a balança comercial brasileira, em especial o leite em pó integral. Embora tenha sido um grande importador de leite em pó na década de 1990, no ano de 2008 o Brasil exportou cerca de 82 mil toneladas do produto, ou 377 milhões de dólares, ocupando a oitava posição no ranking mundial de exportação do produto (SIQUEIRA, 2012).

Com um crescimento expressivo, hoje o Brasil ocupa o quarto lugar do ranking mundial de produção de leite em pó integral, sendo responsável por 11,9% de participação mundial, segundo relatório do USDA (SEAPA, 2021).

O principal diferencial apontado para o leite em pó quando comparado ao leite fluido é a praticidade, podendo ser transportado e preparado facilmente, e a segurança alimentar, pois seu processo produtivo exige padrões rígidos de qualidade e o produto acaba apresentando maior período de validade.

Na Figura 3 é apresentado, simplificadamente, o processo produtivo do leite em pó. Inicialmente ocorre a recepção do leite na fábrica, vindo de fornecedores de confiança para garantir a qualidade do produto; posteriormente ocorre a pasteurização do leite, a mistura de ingredientes de acordo com a receita da marca, a concentração a partir do início do processo de evaporação da água do leite, a desidratação intensa para gerar o pó, a separação do pó por meio de peneiras vibratórias e secadoras que também garantem uma porcentagem mínima de água aceitável do pó, e por fim o envase do produto final.

Figura 3 - Fluxograma do processo de fabricação do leite em pó simplificado



Fonte: adaptado de Santos (2015)

2.4 DMAIC aplicado a Gestão da Manutenção em Indústrias de Laticínios

O grande potencial de solução de problemas do ciclo DMAIC e sua adaptabilidade a diferentes realidades faz com que tal ferramenta seja utilizada nas mais diversas organizações e para atingir resultados distintos. Como a gestão da manutenção tem sido cada vez mais priorizada no mundo das indústrias, e o setor de laticínios vem tendo contínuo destaque no Brasil, podemos encontrar trabalhos que apresentam resultados satisfatórios na junção desses pontos.

Machado (2019) utilizou a metodologia DMAIC com o intuito de aumentar a eficiência de máquinas em uma indústria de laticínios. Durante seu trabalho foram abordados três objetivos: a avaliação da eficiência atual de preparação e envase das linhas produtoras de iogurte, a coleta de dados que evidenciasse os problemas que afetam a produtividade das máquinas e a análise e proposta de soluções para as questões encontradas.

Durante todo o estudo foram utilizadas ferramentas da qualidade tradicionalmente abordadas nos projetos Seis Sigma e fatores ligados à eficiência de produção. Os resultados finais proporcionaram um aumento de eficiência das máquinas maior do que o pedido inicialmente pela diretoria da empresa objeto de análise, caracterizando resultados satisfatórios. Houveram pontos levantados para futura exploração na indústria estudada, como a execução da etapa controlar do ciclo DMAIC, que irá ajudar na manutenção dos bons resultados obtidos.

Apesar de não tratar diretamente da gestão da manutenção, Faria (2019) obteve resultados positivos na aplicação do DMAIC na redução de fonte de resíduo na linha de envase de uma fábrica de leite em pó. Passando por todas as etapas da metodologia e aplicando as ações de melhoria e padronização obtidas, a equipe do projeto alcançou a redução de 100% das paradas não planejadas que eram ocasionadas pelos resíduos, que tiveram redução, em Kg, de aproximadamente 90%.

Finalmente, Mesquita (2020) utilizou o método DMAIC para melhorar a disponibilidade de locomotivas em uma empresa do setor ferroviário através da gestão da manutenção de materiais rodantes. A partir da evolução das cinco etapas da metodologia, todos os objetivos específicos do trabalho foram alcançados. No trabalho o atingimento dos objetivos foi possibilitado pois houve uma análise crítica dos processos e investigação aprofundada das ineficiências operacionais presentes na empresa em estudo.

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da pesquisa

O principal objetivo da pesquisa científica é conhecer cientificamente um ou mais aspectos de determinado assunto, tendo a exigência de ser um trabalho sistemático, metódico e crítico. Nesse sentido, existem vários assuntos a serem explorados que se diferem de acordo com sua natureza, problema, objetivos e procedimentos (PRODANOV, 2013).

No presente trabalho é exposta uma pesquisa aplicada, a qual irá gerar soluções com a finalidade de aplicação prática na empresa objeto de estudo a partir dos conhecimentos obtidos. Quanto ao problema temos uma situação quali-quantitativa, onde são trabalhados os dois aspectos em conjunto. A parte qualitativa possibilita a descrição, classificação e explicação dos fenômenos relacionados à questão estudada, e a parte quantitativa traz análises estatísticas dos dados obtidos, ambas combinadas com o objetivo de uma análise completa e efetiva (PRODANOV, 2013).

Em relação ao objetivo, a presente pesquisa se caracteriza como descritiva, pois são registrados e descritos os fatos observados, sem interferir nos mesmos. Já quando falamos sobre os procedimentos, podemos dizer que se trata de uma pesquisa-ação, no sentido que a autora tem a intenção de, além de levantar dados e estudá-los, desempenhar um papel ativo na própria realidade da empresa que teve seus processos observados, propondo e aplicando soluções para o problema analisado (PRODANOV, 2013).

3.2 Técnicas de coleta de dados

Para viabilizar a estruturação da presente pesquisa foi necessário acesso a informações com a intenção de possibilitar um estudo profundo e confiável do histórico do problema, além da situação atual. Tais elementos foram retirados da própria empresa a partir de documentos e dados registrados em diferentes sistemas de informação, os quais, no caso, são responsáveis pelo apontamento de ocorrências na linha de produção e lançamento de manutenções nas máquinas.

A observação em campo se mostrou como a melhor opção para o levantamento de informações que ajudassem no detalhamento do problema durante o dia a dia da operação. A partir da atenção depositada em determinados aspectos da realidade, foram examinados os fatos e fenômenos alvo de estudo (SILVA, 2013).

No intuito de identificar possíveis causas e ocorrências na visão dos técnicos mecânicos e eletricitas, que estão diretamente ligados ao ponto analisado, foram aplicadas entrevistas não

estruturadas. A partir dessa técnica, o pesquisador apenas determina o tema e solicita ao entrevistado que o mesmo relate a visão dele, podendo introduzir outros tópicos de interesse ao longo da conversa (SILVA, 2006).

3.3 Técnicas de análise de dados

Para realizar a análise dos dados obtidos foram utilizadas algumas ferramentas da qualidade que são de aplicação indicada durante a realização de projetos DMAIC. Inicialmente foi elaborado um gráfico sequencial com a intenção de distribuir as informações retroativas e evidenciar o comportamento de tais durante o período analisado (FARIA, 2019).

Outra ferramenta aplicada foi o Diagrama de Causa e Efeito, também conhecido como Ishikawa, “6Ms” ou “Espinha de peixe”. Nela foi representada a relação entre o efeito do problema e suas possíveis causas separadas em seis perspectivas: mão de obra, material, método, medida, máquina e meio ambiente (FARIA, 2019).

Por fim, os cinco porquês também foram utilizados para examinar dados, ajudando a encontrar causas raízes para os possíveis causadores do problema estudado. Para isso foram realizadas perguntas iniciadas com “por quê?” de maneira consecutiva e sempre com base na última resposta até que fosse identificado o verdadeiro princípio da situação em análise ou então sua eliminação (FARIA, 2019).

3.4 Procedimentos metodológicos - Etapas

O presente trabalho foi executado a partir de uma divisão em etapas, que estão esquematizadas na figura 4.

Figura 4 - Procedimentos metodológicos utilizados



Fonte: autoria própria

A primeira etapa foi caracterizada pela revisão bibliográfica de trabalhos anteriores, e seu principal objetivo foi adquirir conhecimento sobre as ferramentas e metodologias utilizadas. Em seguida, houve a observação do problema estudado e processos envolvidos em campo na empresa objeto de estudo; o intuito da etapa foi entender profundamente a sequência de ações envolvidas e seus desdobramentos.

Logo após foram levantados os dados a partir dos sistemas de informação para realizar uma investigação do histórico registrado e seus possíveis padrões. Assim foram feitas as análises com as ferramentas indicadas pelo ciclo DMAIC, para que fossem identificadas as causas raízes do problema estudado.

Por fim, foram estudadas possíveis soluções para as causas raízes encontradas com o propósito de solucionar a questão em campo e auxiliar na aplicação da melhoria contínua dentro da fábrica.

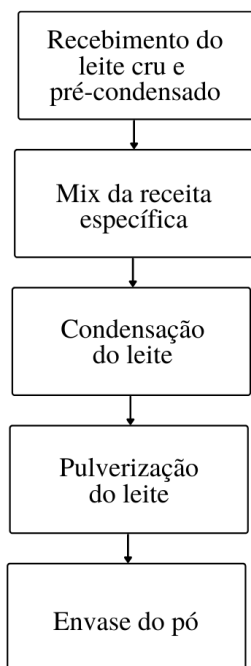
4. RESULTADOS

4.1 Caracterização da empresa

O presente trabalho foi desenvolvido em uma empresa multinacional, mais precisamente uma indústria láctea que produz leite em pó nos tipos: integral, semidesnatado, composto lácteo com fibras e composto lácteo zero lactose. Localizada na cidade de Ituiutaba, estado de Minas Gerais, iniciou suas operações no ano de 1976. Atualmente possui em média 200 funcionários efetivos, entre cargos operacionais e administrativos, e aproximadamente 18 estagiários e jovens aprendizes.

Para a fabricação do produto final são seguidas basicamente 5 etapas. A primeira delas é o recebimento do leite cru e/ou do leite pré-condensado, seguida do mix da receita específica para o tipo do leite em pó que será produzido. Logo após é realizada a condensação do leite e a pulverização nas torres, ambas etapas que garantem a redução da porcentagem de umidade para os níveis ideais. Por fim ocorre o envase do pó nas latas de 380 gramas, comercializadas externamente, ou em sacos de 25 kg e 500 kg, que são destinados para outras fábricas onde são utilizados como matéria prima. A sequência de processos pode ser observada a partir da figura 5.

Figura 5 - Processo simplificado da fabricação do leite em pó na empresa alvo de estudo



Fonte: autoria própria

Além da produção do leite em pó, as latas de metal que comportam 380 gramas também são produzidas na fábrica. O processo utilizado para tal envolve, de forma resumida, a manipulação da folha de flandres para que a mesma assuma formato redondo, recravação do fundo, envasamento do pó, aplicação de membrana de alumínio, aplicação das tampas de plástico, colagem de rótulo e encaixotamento do produto final.

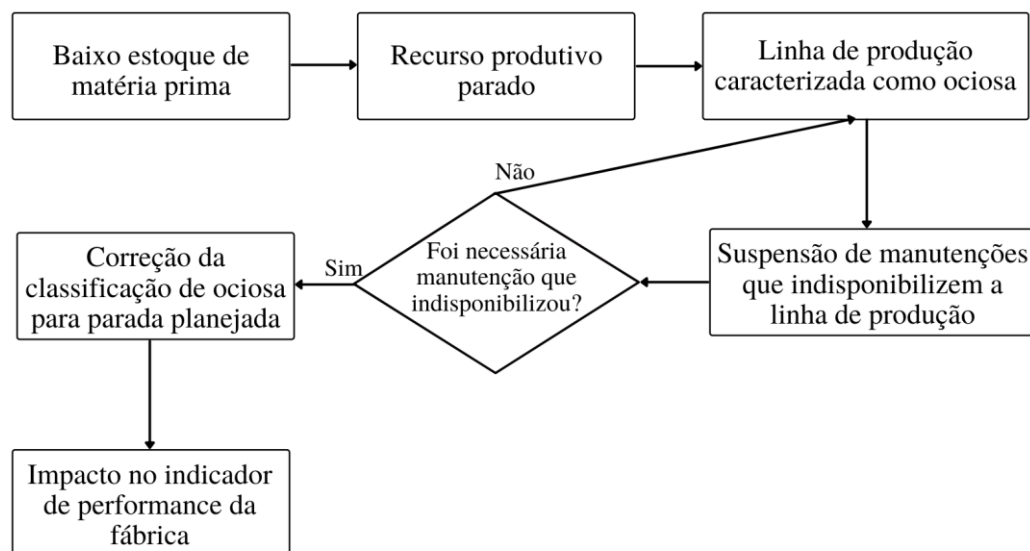
Para garantir todas as necessidades da empresa, existem diferentes áreas com responsabilidades distintas. Entre elas podemos citar a área de recursos humanos, fabricação, garantia da qualidade, área técnica e excelência em manufatura. O estudo em questão tem foco principal na área técnica, mais especificamente na manutenção industrial, e na fabricação, com foco nos sistemas de informação utilizados e seus responsáveis.

Em relação à manutenção, dentro da fábrica são aplicados todos os tipos citados na fundamentação teórica do presente trabalho. Manutenção corretiva, quando há necessidade; manutenção preditiva, a partir de análises de vibração e temperatura; manutenção programada, com planos de manutenção periódicos; e aplicação da metodologia TPM (*Total Productive Maintenance*) em todos os seus pilares, estando atualmente em transição para o passo 3 na área da fabricação e transição para o passo 4 na área de envase.

4.2 Mapeamento da realidade empresarial

Por se tratar de uma empresa presente em inúmeros países, existem algumas regras que norteiam a atuação dos colaboradores, garantindo alinhamento com os propósitos do negócio e regulamentos internacionais. Além das normas seguidas de acordo com as certificações vigentes como: ISO 22000:2005, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 e ISO 45001, também existem instruções internas difundidas pela sede. As mesmas têm grande importância e devem ser conhecidas por todos os envolvidos nos processos. Neste sentido, as normas internas são acompanhadas de perto por suas áreas responsáveis. No caso da área técnica, uma das principais observadas é a de lançamento de horas de manutenção em linha ociosa, questão que está ilustrada na figura 6 e será melhor explicada logo abaixo.

Figura 6 - Sequência de fatos e ações ligadas à problemática empresarial estudada



Fonte: autoria própria

Os técnicos eletricitas e mecânicos têm suas horas de trabalho registradas a partir de ordens de trabalho, as quais especificam quais atividades foram realizadas e em quais locais. Já a linha de produção recebe diferentes classificações de acordo com seu status. Por exemplo, se está produzindo de acordo com o planejado, diz-se que está em execução. No caso em que a mesma está parada por falta de matéria prima, recebe o nome de linha ociosa.

Nos momentos em que o recurso produtivo se encontra em ociosidade, uma das regras internas da empresa declara que não pode ser realizada nenhuma atividade de manutenção que indisponibilize o retorno imediato do mesmo. Tal norma existe para garantir que, caso os

responsáveis pela produção optem pela volta da linha, a mesma esteja disponível de prontidão, entre outras opções estratégicas internas.

No caso de serem realizadas manutenções em linha ociosa, na hipótese de emergências ou de estratégias adotadas, são necessárias correções no sistema de informação utilizado para declaração do status da linha. Tais correções transformam de ociosidade para parada planejada o tempo utilizado para a atuação dos técnicos. Em auditorias são confrontados os lançamentos de ordem de trabalho no sistema de informação utilizado para controle da manutenção e os lançamentos no sistema que controla o status da linha, caracterizando pontos negativos para a empresa nas situações em que os sistemas apresentem informações desconexas, como intervenções que aconteceram durante a ociosidade e não foram devidamente corrigidas para parada planejada.

As correções citadas podem acarretar em impactos na métrica de performance da fábrica, já que o cálculo é feito a partir da divisão do tempo produtivo pelo tempo em que a linha está ocupada. Levando em consideração que as horas de paradas planejadas entram como tempo ocupado e a linha ociosa entra como tempo não ocupado, a transferência do tempo de uma para outra acarreta em perda numérica no indicador, e deve ser feita o mais rápido possível para não gerar impactos retroativos.

Atentando para os fatos acima citados, devem ser evitadas manutenções que indisponibilizem a volta da produção em momentos de linha ociosa com o objetivo de estar dentro das normas internas da empresa e de diminuir ao máximo possíveis impactos na performance da fábrica.

4.3 Propostas de melhoria

Tendo em vista a problemática empresarial relatada anteriormente, foi desenvolvido um estudo baseado na metodologia DMAIC, visando a eliminação da ocorrência de horas de manutenção lançadas em linha ociosa não reportadas ou reportadas retroativamente no indicador de performance. Em sua estruturação foram aplicadas diversas ferramentas divididas pelas etapas sugeridas na literatura.

4.3.1 Definir

A problemática estudada foi definida a partir de um histórico de ocorrências relatadas ao longo dos últimos 4 anos que impactaram a fábrica negativamente. No ano de 2017 foram registradas 309 horas de manutenção em linha ociosa não devidamente declaradas no sistema de informação, ocasionando em um indicador de desempenho superestimado em 0,6%, o que

acarretou no registro de pontos negativos durante auditoria. Em 2018 não foram encontrados os dados referentes ao tema, porém em 2019 foi possível constatar que houveram 196 horas e em 2020 139 horas declaradas retroativamente, ou seja, corrigidas após o período indicado.

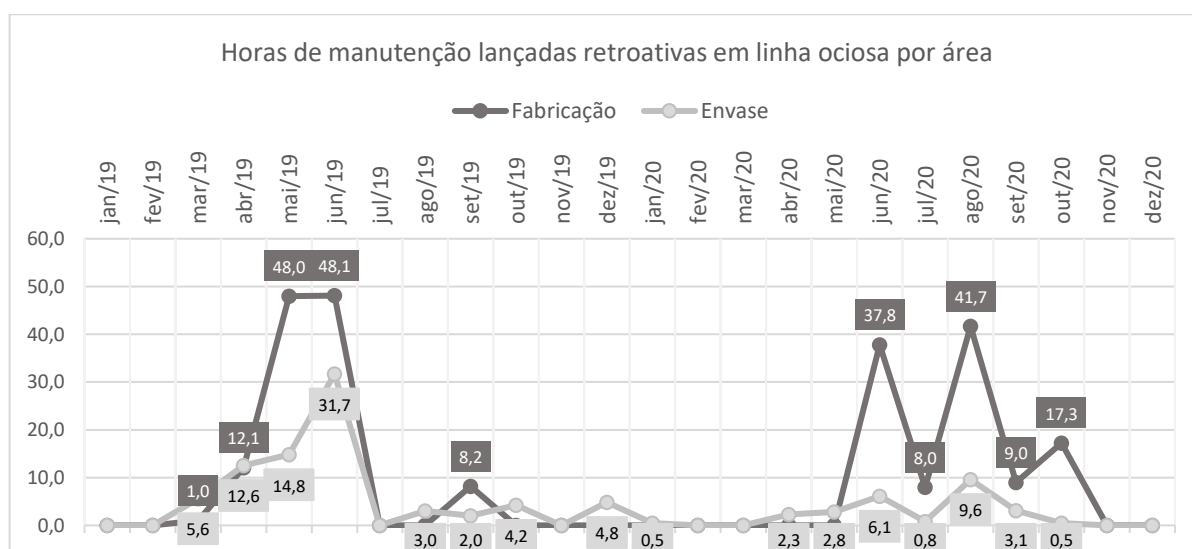
Foi tratada a delimitação do problema estudado com o objetivo de trazer maior foco à investigação. A partir dos dados históricos foi identificado que a área da fabricação foi a maior responsável em relação ao impacto dos últimos 2 anos, portanto houve a definição de que o projeto teria enfoque em tal área, com posterior replicação das ações para a área de envase.

Para cálculo numérico da meta foi utilizada redução de 100% da lacuna, já que a questão estudada se encaixa em quesitos de regras internas da empresa, não podendo haver desvios. Sendo assim, baseando-se na média do histórico registrado nos anos de 2019 e 2020, houve uma lacuna média de performance de 115 horas.

4.3.2 Medir

Seguindo a metodologia, para uma medição fidedigna da situação do problema na empresa estudada, foram levantados os dados históricos dos últimos dois anos. No intuito de identificar possíveis tendências, os registros foram divididos através dos meses e das áreas da fábrica. No gráfico 1 são apresentados os registros de lançamento retroativos de horas de manutenção realizadas em linha ociosa nos anos de 2019 e 2020 na área de fabricação e na área de envase.

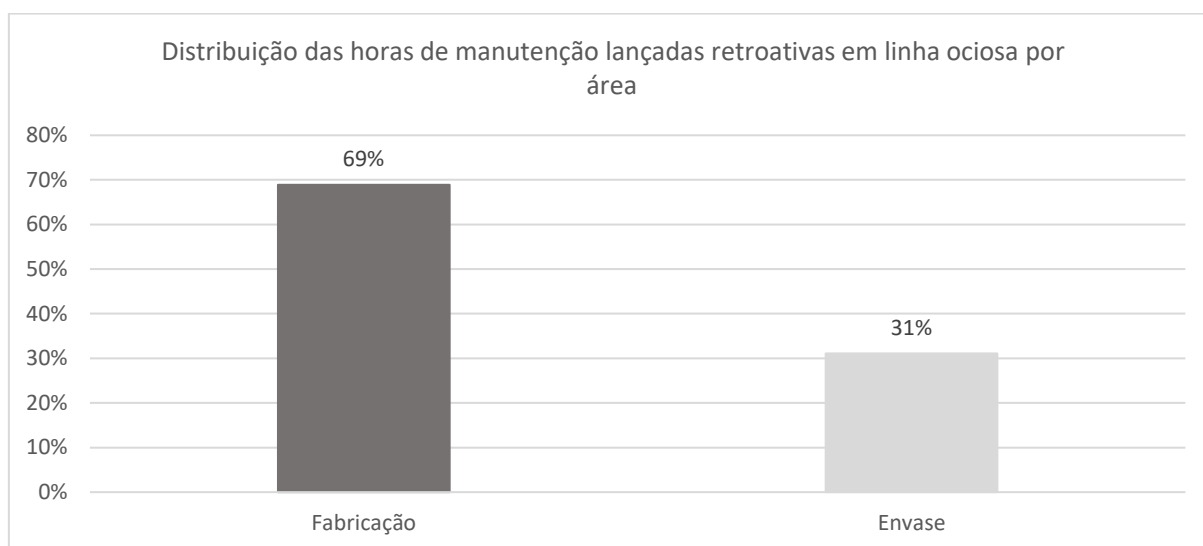
Gráfico 1 - Dados de horas de manutenção lançadas retroativas em linha ociosa por área nos anos de 2019 e 2020



Fonte: autoria própria

Foi observado que as ocorrências de desvio foram, em sua maioria, registradas nos períodos de baixa produção, que correspondem aos meses de maio a setembro. Isso se dá já que correspondem aos meses em que as linhas de produção costumam ficar classificadas como ociosas por mais tempo. Também foi observado que a área responsável pelo maior acumulado de horas reportadas nos últimos dois anos foi a fabricação, o que pode ser melhor observado a partir do gráfico 2.

Gráfico 2 - Histograma do comparativo das horas totais apontadas retroativamente em linha ociosa por área



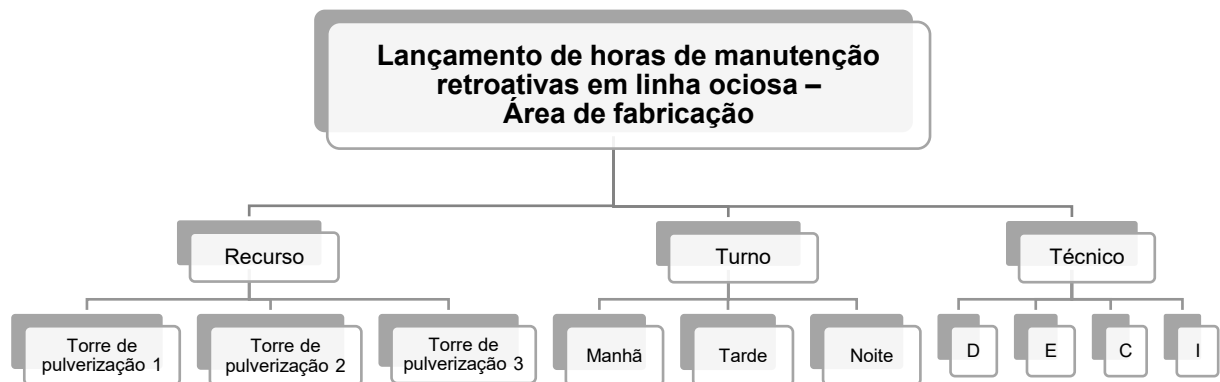
Fonte: autoria própria

Responsável por aproximadamente 69% da necessidade de correção retroativa do período analisado, a área de fabricação foi escolhida para aplicação do projeto DMAIC, que também direcionou suas investigações para os meses de baixa produção, onde o problema é mais recorrente. O direcionamento foi realizado para que as ações fossem focadas e trouxessem os melhores resultados possíveis, com futura replicação para a área de envase.

4.3.3 Analisar

Na etapa de análise do projeto a primeira ação foi categorizar o problema em estudo de acordo com as possíveis influências no aumento ou diminuição da ocorrência. Na figura 7 é apresentada a estratificação realizada.

Figura 7 - Estratificação da problemática estudada

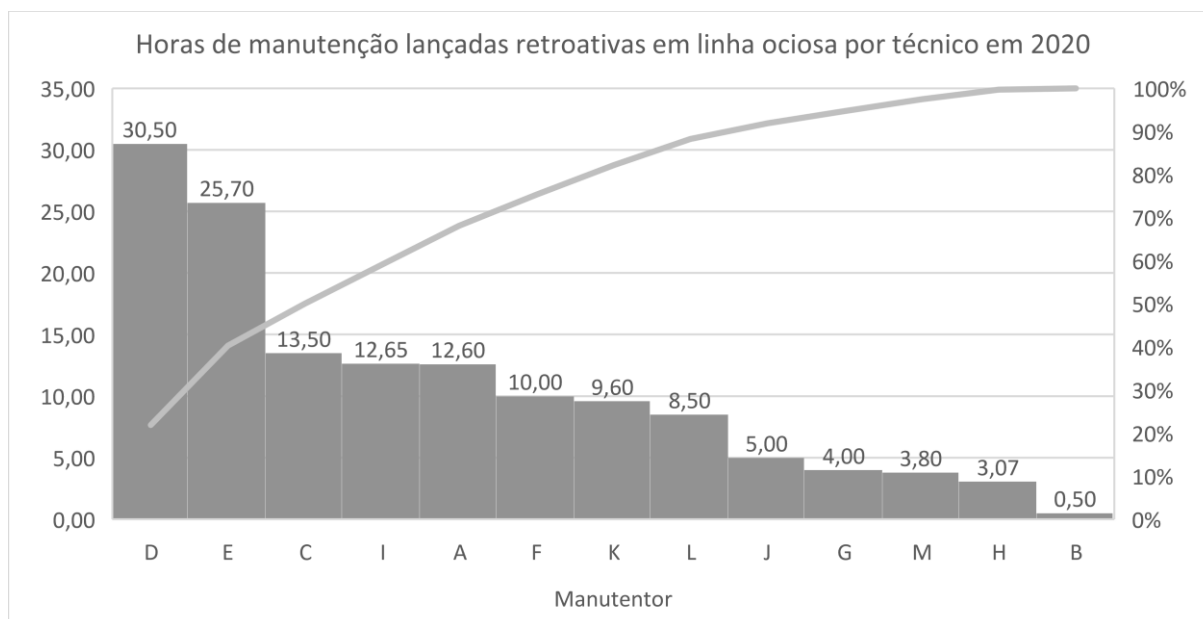


Fonte: autoria própria

Foram analisadas as relações dos principais recursos da área de fabricação, dos turnos da fábrica e dos técnicos, com o aumento ou diminuição da ocorrência do problema estudado. Entre os três quesitos analisados, o que apresentou maior possível influência no problema foi a atuação de diferentes técnicos, já que os dados históricos não apresentaram diferença relevante de acordo com os recursos e turnos.

No intuito de identificar como o problema estaria estratificado em relação aos técnicos que atuam na linha de produção, e se realmente havia interferência direta, foi estruturado um gráfico de Pareto. Para isso os colaboradores foram renomeados aleatoriamente com letras do alfabeto e as horas separadas de acordo com a atuação. Abaixo, no gráfico 3, pode ser observada a divisão dos dados do ano de 2020.

Gráfico 3 - Análise de Pareto da tendência das horas de manutenção lançadas retroativas em linha ociosa por técnico no ano de 2020

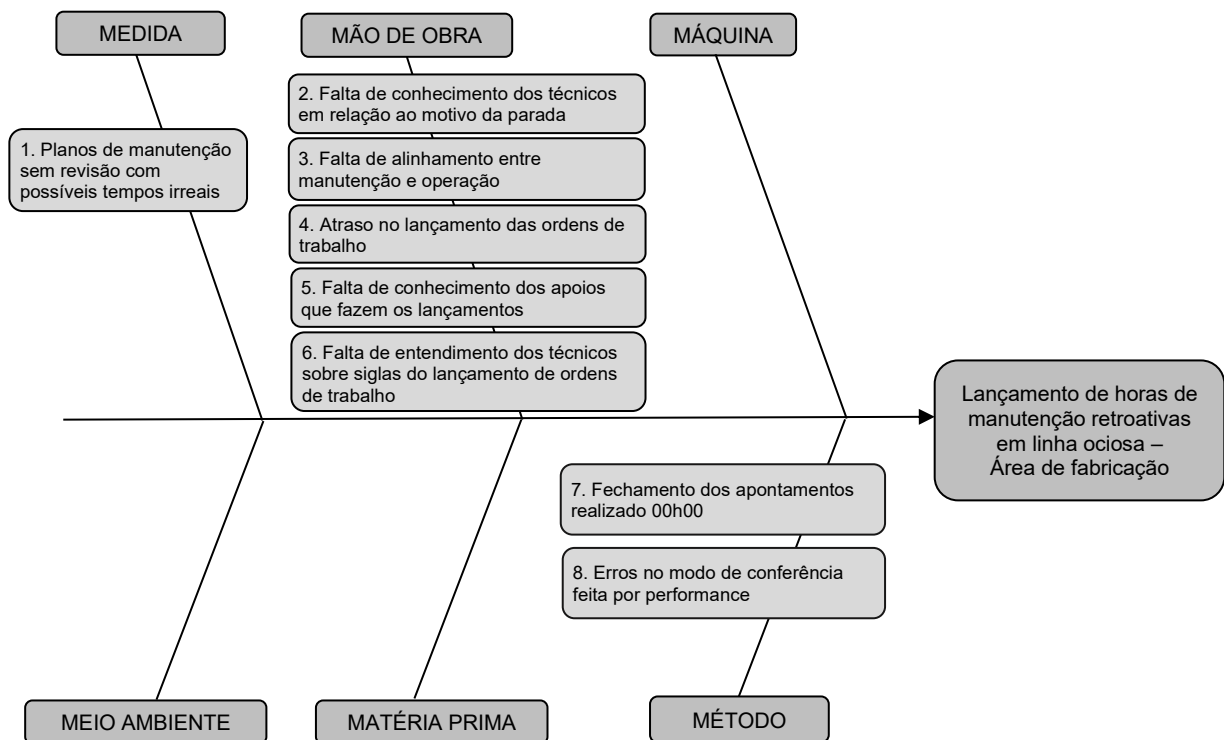


Fonte: autoria própria

De acordo com o observado, os técnicos “D” e “E” foram os responsáveis pelos maiores tempos reportados, mais precisamente 56,20% do total. Porém, os mesmos também correspondem aos responsáveis pelas manutenções na área de fabricação, consequentemente já era esperado que se apresentassem de maneira mais relevante nos dados. A partir disso, foi constatado que se possivelmente fossem levantadas ações de conscientização, os técnicos “D” e “E” deveriam receber um enfoque maior.

Após estratificar o tema, foram levantadas possíveis causas raízes pela equipe do projeto a partir da ferramenta diagrama de Ishikawa. Na figura 8 são apresentados os pontos definidos com o critério dos 6 M's: medida, mão de obra, máquina, meio ambiente, matéria prima e método.

Figura 8 - Diagrama de Ishikawa estruturado para o problema de lançamento de horas de manutenção retroativas em linha ociosa no caso da área de fabricação



Fonte: autoria própria

Como pode ser observado na figura acima, foi elencada apenas 1 possível causa raiz em relação a medida, a qual se refere à falta de revisão constante dos planos de manutenção, instruções que guiam as ordens de trabalho de manutenção planejada. Neles constam os tempos padrões de execução, porém, caso sejam implementadas melhorias ou pontos divergentes sejam encontrados na linha de produção pelos técnicos, os tempos propostos podem sofrer alteração. Sendo assim, caso não existam revisões periódicas, os lançamentos das horas de plano de manutenção preventivo em linha ociosa podem não estar condizentes com o que foi realmente executado.

Em relação a mão de obra foram pontuadas 5 possíveis causas raízes. A primeira delas é relacionada à falta de conhecimento dos técnicos mecânicos e eletricitistas sobre o motivo da parada do recurso, pois nem sempre os mesmos conseguem identificar que a linha de produção está ociosa e acabam realizando manutenções nesses momentos.

A segunda possível causa raiz levantada em relação a mão de obra foi sobre a falta de alinhamento entre a manutenção e a operação. Segundo o analisado, o ideal seria que no momento em que o técnico acessasse o recurso que está classificado como ocioso, houvesse uma comunicação direta com os operadores para que os mesmos comunicassem sobre essa

classificação e os alertassem para que não fossem feitas intervenções, o que não é observado em campo atualmente.

Como terceira possível causa raiz foi levantada a questão do atraso no lançamento das ordens de trabalho da manutenção no sistema de informação utilizado. O recomendado seria que logo após realizado o serviço em que o técnico atuou, o mesmo acessasse o software e fizesse o lançamento das horas destinadas à atividade. Porém, é observado um certo atraso entre a execução e o lançamento, o que pode acarretar em esquecimento por parte do técnico e consequentemente o registro de informações errôneas.

O quarto ponto foi sobre uma possível falta de conhecimento por parte dos apoios que registram a caracterização da linha no sistema de informação. Os mesmos são responsáveis por sinalizar nos casos em que a linha se encontra ociosa, mas foi observado que alguns não sabem o porquê de tal classificação, apenas executam da maneira que é pedido a eles.

A quinta e última possível causa raiz pontuada sobre mão de obra foi relacionada ao entendimento dos técnicos sobre as siglas que são utilizadas no momento do lançamento das ordens de trabalho. As siglas informam se para a realização da manutenção era necessário que a linha de produção estivesse parada, ou se seria possível realizar com a mesma em funcionamento. O intuito da implementação das siglas foi para auxílio do programador de manutenção no reconhecimento dos serviços que indisponibilizam a linha de produção. A interpretação é importante já que só são levadas em consideração para descaracterização de linha ociosa aquelas que só podem ser executadas com linha parada. Caso o técnico inclua a sigla errada o planejador de manutenção está sujeito a cometer um equívoco na interpretação da manutenção efetuada, podendo gerar um apontamento fora da realidade.

Ao entrar na análise relacionada ao método foram pontuadas 2 possíveis causas raízes. A primeira delas fala sobre o fechamento dos apontamentos de linha de produção serem feitos apenas 00h00 pelo colaborador de apoio do turno da noite. Esse ponto faz com que não haja certeza, antes desse horário, de como a linha ficará classificada, havendo apenas um direcionamento durante o turno da manhã e tarde.

Por último, temos os erros no modo de conferência feito pela área de performance. Tais erros foram descobertos na planilha que a área utilizava para checar se haviam ordens lançadas em linha ociosa não corrigidas. Trata-se de uma verificação feita mensalmente para garantir zero desvios, porém foi encontrado um erro na ferramenta utilizada não incluindo todos os critérios necessários, gerando assim dados que não são 100% confiáveis.

Todas as causas explicadas acima foram selecionadas de acordo com a possibilidade de atuação do projeto e mais profundamente estudadas a partir do teste dos porquês. No quadro 1 é possível observar as principais aplicações da ferramenta e seus resultados.

Quadro 1 - Aplicação do teste dos porquês nas causas raízes identificadas (continua)

PROBLEMA PRIORITÁRIO 1		1. Planos de manutenção sem revisão com possíveis tempos irreais							
Nome do Equipamento		Torres de pulverização		Local da Inconveniência	Sistema de informação	Fenômeno da Inconveniência	Lançamento de horas de manutenção em linha ociosa		
	1º ROUND	Hipótese	2º ROUND	Hipótese	3º ROUND	Hipótese	4º ROUND	Hipótese	IDEIAS DE MELHORIA
1	Por que os tempos dos planos de manutenção podem estar irreais?		Por que as revisões dos planos de manutenção não são constantes?		Por que até hoje não havia sido registrada a necessidade?		Por que existiam outras prioridades em relação a atualização do sistema?	Sim	Definir período ideal para revisão dos planos de manutenção em alinhamento com a gestão, tornando esse ponto uma prioridade.
	Porque as revisões não são constantes, podendo existir um tempo que não corresponde à realidade atual.		Porque até hoje não havia sido registrada a necessidade.		Porque existiam outras prioridades em relação a atualização do sistema.		As mesmas foram definidas em alinhamento com a gestão e o corporativo.		
PROBLEMA PRIORITÁRIO 2		2. Falta de conhecimento dos técnicos mecânicos e eletricistas em relação ao motivo da parada							
Nome do Equipamento		Torres de pulverização		Local da Inconveniência	Linha de produção	Fenômeno da Inconveniência	Lançamento de horas de manutenção em linha ociosa		
	1º ROUND	Hipótese	2º ROUND	Hipótese	3º ROUND	Hipótese	4º ROUND	Hipótese	IDEIAS DE MELHORIA
1	Por que os técnicos mecânicos e eletricistas têm falta de conhecimento em relação ao motivo da parada?		Por que os técnicos mecânicos e eletricistas não conhecem as revisões realizadas nos padrões?		Por que não há a realização de reciclagem com os técnicos mecânicos e eletricistas sempre que os padrões de classificação de linha são atualizados?	Sim			Comunicação com os responsáveis pelos treinamentos para inclusão dos técnicos da manutenção nas convocações, já que os mesmos também estão diretamente ligados a linha de produção nos momentos que realizam intervenções.
	Porque existem técnicos mecânicos e eletricistas recém contratados e os padrões são revisados periodicamente.		Por falta de realização de treinamento de reciclagem com os colaboradores sempre que os padrões são atualizados.		Porque os treinamentos priorizam os colaboradores que fazem a operação das linhas de produção.				

Quadro 1 - Aplicação do teste dos porquês nas causas raízes identificadas (continuação)

PROBLEMA PRIORITÁRIO 3			3. Falta de alinhamento entre manutenção e operação						
Nome do Equipamento		Torres de pulverização		Local da Inconveniência	Linha de produção	Fenômeno da Inconveniência	Lançamento de horas de manutenção em linha ociosa		
	1° ROUND	Hipótese	2° ROUND	Hipótese	3° ROUND	Hipótese	4° ROUND	Hipótese	IDEIAS DE MELHORIA
1	Por que há falta de alinhamento entre manutenção e operação?		Por que o alinhamento entre manutenção e operação não é um costume na fábrica antes de fazer uma intervenção?	Sim					Realizar alinhamento com os responsáveis pela gestão da manutenção e supervisão da linha para que repassem aos seus colaboradores responsáveis a importância desse alinhamento para garantir que não sejam realizadas intervenções em momentos indevidos.
	Por que não é costume dentro da fábrica realizar alinhamento antes de fazer uma intervenção.		Pois os responsáveis pela gestão da manutenção e supervisão da linha de produção não demonstram a importância de tal.						
PROBLEMA PRIORITÁRIO 4			4. Atraso no lançamento das ordens de trabalho						
Nome do Equipamento		Torres de pulverização		Local da Inconveniência	Sistema de informação	Fenômeno da Inconveniência	Lançamento de horas de manutenção em linha ociosa		
	1° ROUND	Hipótese	2° ROUND	Hipótese	3° ROUND	Hipótese	4° ROUND	Hipótese	IDEIAS DE MELHORIA
1	Por que existe atraso no lançamento das ordens de trabalho?		Por que nem sempre os técnicos conseguem fazer os lançamentos durante a jornada de trabalho?		Por que os técnicos não têm um celular disponível o tempo todo com eles?	Sim			Analisar a possibilidade de disponibilizar um aparelho celular para cada técnico mecânico e eletricista, assim todos terão disponível e realizarão o lançamento das ordens de trabalho logo após realizar a intervenção.
	Porque nem sempre os técnicos conseguem fazer os lançamentos durante sua jornada de trabalho.		Porque a maior parte do tempo os mesmos estão realizando intervenções na linha de produção e não têm um celular disponível o tempo todo com eles.		Porque atualmente os técnicos dividem entre eles os celulares disponibilizados para lançamento das ordens de trabalho.				

Quadro 1 - Aplicação do teste dos porquês nas causas raízes identificadas (continuação)

PROBLEMA PRIORITÁRIO 5		5. Falta de conhecimento dos apoios que fazem os lançamentos							
Nome do Equipamento		Torres de pulverização		Local da Inconveniência	Linha de produção	Fenômeno da Inconveniência	Lançamento de horas de manutenção em linha ociosa		
	1° ROUND	Hipótese	2° ROUND	Hipótese	3° ROUND	Hipótese	4° ROUND	Hipótese	IDEIAS DE MELHORIA
1	Por que os apoios que fazem o lançamento têm falta de conhecimento?		Por que os apoios só receberam treinamentos práticos?		Por que tornar o processo de capacitação mais ágil?	Sim			Continuar realizando o treinamento prático de como devem ser realizados os lançamentos no sistema de informação, porém também disponibilizar material didático de fácil entendimento para que os apoios compreendam o que corresponde a cada classificação imputada, evitando possíveis erros.
	Pois não receberam treinamentos relacionados a teoria, apenas em relação a prática do que realizam.		Para tornar o processo mais ágil e ter colaboradores capacitados para realizar os lançamentos no menor tempo possível.		Pela importância do serviço, não podendo ficar sem responsáveis para execução da atividade.				
PROBLEMA PRIORITÁRIO 6		6. Falta de entendimento dos técnicos mecânicos e eletricitas sobre siglas do lançamento de ordens de trabalho							
Nome do Equipamento		Torres de pulverização		Local da Inconveniência	Sistema de informação	Fenômeno da Inconveniência	Lançamento de horas de manutenção em linha ociosa		
	1° ROUND	Hipótese	2° ROUND	Hipótese	3° ROUND	Hipótese	4° ROUND	Hipótese	IDEIAS DE MELHORIA
1	Por que os técnicos não entendem 100% sobre as siglas utilizadas o lançamento de ordens de trabalho?		Por que não receberam treinamento/reciclagem do treinamento?		Por que não haviam sido observadas dificuldades no dia a dia do lançamento de ordens?		Por que o acompanhamento dos lançamentos não era feito tão de perto?	Sim	Implementar rotina de acompanhamento dos lançamentos de ordens de trabalho em linha ociosa para observação se as siglas estão sendo usadas corretamente. Em caso negativo, realizar treinamento e reciclagem com os técnicos.
	Pois alguns técnicos são recém contratados e outros não receberam reciclagem do treinamento.		Pois não haviam sido identificadas dificuldades no dia a dia de lançamento de ordens.		Pois o acompanhamento dos lançamentos das ordens não era feito tão de perto.		Pois não havia sido observada a necessidade.		

Quadro 1 - Aplicação do teste dos porquês nas causas raízes identificadas (conclusão)

PROBLEMA PRIORITÁRIO 7		7. Fechamento dos apontamentos realizado 00h00							
Nome do Equipamento		Torres de pulverização		Local da Inconveniência	Sistema de informação	Fenômeno da Inconveniência	Lançamento de horas de manutenção em linha ociosa		
	1º ROUND	Hipótese	2º ROUND	Hipótese	3º ROUND	Hipótese	4º ROUND	Hipótese	IDEIAS DE MELHORIA
1	Por que o fechamento dos apontamentos é realizado 00h00?		Por que todas as ocorrências do dia já estão registradas?	Não					
	Pois todas as ocorrências dos dias já estão registradas.		Pois o dia já se encerrou e junto com ele as ocorrências diárias da linha de produção.						
PROBLEMA PRIORITÁRIO 8		8. Erros no modo de conferência feita por performance							
Nome do Equipamento		Torres de pulverização		Local da Inconveniência	Área de performance	Fenômeno da Inconveniência	Lançamento de horas de manutenção em linha ociosa		
	1º ROUND	Hipótese	2º ROUND	Hipótese	3º ROUND	Hipótese	4º ROUND	Hipótese	IDEIAS DE MELHORIA
1	Por que haviam erros no modo de conferência feita pela área responsável por performance?		Por que o padrão de conferência aplicado não utilizava os mesmos parâmetros da gestão das ordens de trabalho?		Por que não havia alinhamento entre o analista de performance e programador de manutenção?	Sim			Realizar a correção no modo de conferência feita pela área de performance a partir de alinhamento entre o analista de performance e programador de manutenção, calibrando os parâmetros utilizados e garantindo que os dados correspondam a realidade.
	Pois o padrão de conferência aplicado não utilizava os mesmos parâmetros utilizados pelos responsáveis pela gestão das ordens de trabalho.		Pois não havia alinhamento direto entre o analista de performance e o programador de manutenção.		Pois ainda não havia sido registrada a necessidade.				

Fonte: autoria própria

Assim como pode ser observado no quadro acima, as possíveis causas raízes tiveram suas hipóteses classificadas como “sim”, que são os casos em que o mau resultado foi verificado na inspeção e seguirá com análises posteriores, sendo uma causa provável. Já a classificação como “não” foi devido ao bom resultado verificado na inspeção, onde a análise está concluída e trata-se de uma causa não provável.

O problema estudado e todas as causas raízes levantadas foram analisadas a partir de um dos maiores impactos que o problema trás para a fábrica, que é a superestimação do indicador de performance, conhecido como *Asset Intensity* (AI). O indicador em questão aponta a porcentagem de horas de tempo produtivo do total em que a mesma ficou ocupada, ou seja, quanto tempo a linha de produção rodou perfeitamente, sem nenhum tipo de perda. Trata-se de um indicador-chave de desempenho, conhecido como KPI, que define a eficiência das fábricas, dados acompanhados mundialmente pelo corporativo da empresa.

Como já citado anteriormente no presente trabalho, quando o recurso produtivo está classificado como ocioso o AI não é afetado nem positiva nem negativamente, já que o mesmo está em espera por matéria prima. Porém, caso venha a ocorrer uma manutenção nesse período, o tempo destinado à atuação do técnico é classificado como parada planejada, o que entra como perda direta no tempo de produção boa, impactando negativamente o indicador.

Um exemplo real que pode ser citado é em relação ao ano de 2020, onde 139 horas de manutenção em linha ociosa não haviam sido corrigidas no sistema até o último mês do ano. Desconsiderando essas horas, o resultado final do indicador de performance da fábrica no ano seria de aproximadamente 83,81%, porém, após a correção, caiu para 83,50%, ou seja, 0,31% de diferença. A questão é que se as correções não tivessem sido feitas os resultados da fábrica teriam sido superestimados, afetando as questões de regras internas e toda a estratégia da empresa para o próximo ano.

4.3.4 Melhorar

Para a fase “Melhorar” seguiram, após a análise dos porquês, 7 das 8 possíveis causas raízes, todas com ideias de melhoria registradas. As mesmas foram renumeradas e tiveram suas ações de melhoria novamente pontuadas no quadro 2, que irá auxiliar na estruturação da matriz de priorização, próximo passo observado no projeto.

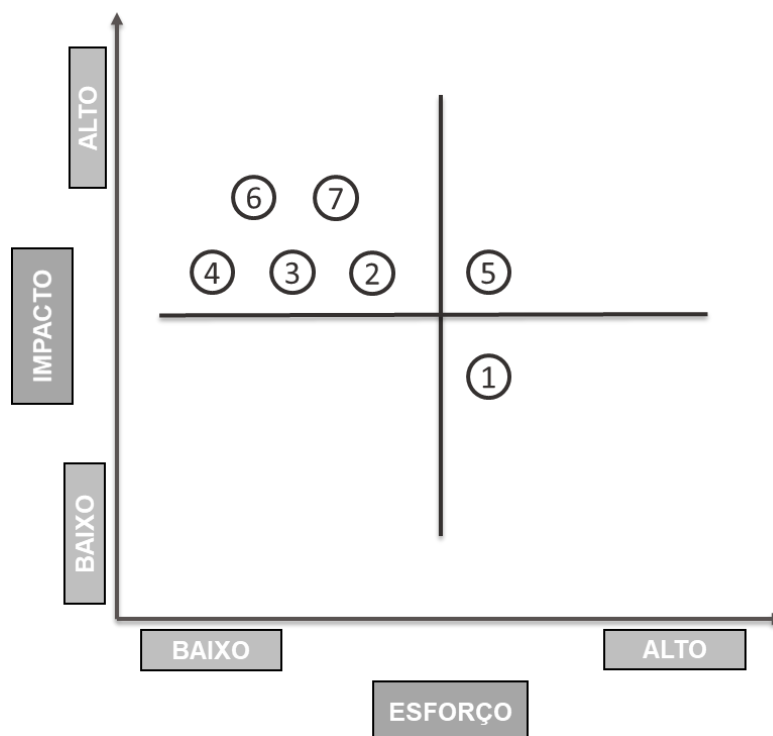
Quadro 2 - Causas raízes identificadas e suas respectivas ações de melhoria propostas

Nº	Causa raiz	Ação de melhoria proposta
1	Planos de manutenção sem revisão com possíveis tempos irreais	Definir período ideal para revisão dos planos de manutenção em alinhamento com a gestão, tornando esse ponto uma prioridade.
2	Falta de conhecimento dos técnicos em relação ao motivo da parada	Comunicação com os responsáveis pelos treinamentos para inclusão dos técnicos da manutenção nas convocações, já que os mesmos também estão diretamente ligados a linha de produção nos momentos que realizam intervenções.
3	Falta de alinhamento entre manutenção e operação	Realizar alinhamento com os responsáveis pela gestão da manutenção e supervisão da linha para que repassem aos seus colaboradores responsáveis a importância desse alinhamento para garantir que não sejam realizadas intervenções em momentos indevidos.
4	Atraso no lançamento das ordens de trabalho	Analisar a possibilidade de disponibilizar um aparelho celular para cada técnico mecânico e eletricitista, assim todos terão disponível e realizarão o lançamento das ordens de trabalho logo após realizar a intervenção.
5	Falta de conhecimento dos apoios que fazem os lançamentos	Continuar realizando o treinamento prático de como devem ser realizados os lançamentos no sistema de informação, porém também disponibilizar material didático de fácil entendimento para que os apoios compreendam o que corresponde a cada classificação imputada, evitando possíveis erros.
6	Falta de entendimento dos técnicos mecânicos e eletricitistas sobre siglas do lançamento de ordens de trabalho	Implementar rotina de acompanhamento dos lançamentos de ordens de trabalho em linha ociosa para observação se as siglas estão sendo usadas corretamente. Em caso negativo, realizar treinamento e reciclagem com os técnicos.
7	Erros no modo de conferência feita por performance	Realizar a correção no modo de conferência feita pela área de performance a partir de alinhamento entre o analista de performance e programador de manutenção, calibrando os parâmetros utilizados e garantindo que os dados correspondam a realidade.

Fonte: autoria própria

Após todas as causas e suas respectivas ações de melhoria terem sido pontuadas, as mesmas foram analisadas a partir da matriz de priorização. Nela foram usados os critérios de impacto, alto ou baixo, sendo considerado alto nos casos em que a ação traria resultados palpáveis em menos de 1 ano, e baixo para os casos em que demandaria mais de 1 ano; e esforço, também alto ou baixo, sendo considerado alto caso envolvesse profundamente mais de uma área e tivesse previsão de mais de 3 meses para conclusão, e baixo para os casos em que a ação estaria concluída em menos de 3 meses e envolvesse apenas uma área. A análise foi feita pela equipe do projeto, tendo a participação dos planejadores de manutenção da fábrica, analista de performance, operador experiente da área de fabricação e estagiária de escritório técnico. A partir da figura 9 é possível visualizar a divisão feita.

Figura 9 - Matriz de priorização aplicada para as ações propostas



Fonte: autoria própria

Assim como pôde ser observado, das 7 ações levantadas obtivemos 5 com alto impacto e baixo esforço, ou seja, serão aplicadas com prioridade; 1 com alto impacto e alto esforço, a qual será planejada com mais cuidado e levará mais tempo para ser concluída, porém é igualmente importante as citadas anteriormente; e 1 em baixo impacto e alto esforço, que será descartada, já que trará mais esforço do que retorno, não sendo uma boa opção para o momento da empresa.

Para que as ações de melhoria elencadas e priorizadas pudessem ser realmente aplicadas na empresa e trouxessem os resultados esperados, foi estruturado um plano de ação baseado na metodologia 5W2H, onde foram estruturadas as informações: o que, onde, quando, como, por quê, quem e quanto, para cada uma das propostas. Além disso, também foi incluída a informação do status, o indicador para mensurar a aplicação e a meta esperada. Todas as informações podem ser observadas no quadro 3.

Quadro 3 - Plano de ação 5W2H das ações de melhoria propostas (continua)

Item	Prioridade	O que (What)?	Onde (Where)?	Quando (When)?	Como (How)?	Por que (Why)?	Quem (Who)?	Quanto (How much)?	Status	Indicador	Meta
A	Alta	Entrar contato com os responsáveis de recursos humanos para inclusão dos técnicos da manutenção nas convocações de treinamentos sobre classificação de linha de produção	Sistema de comunicação digital da empresa	02/03/2021	Envio de e-mail para os responsáveis de recursos humanos	Garantir o conhecimento dos técnicos da manutenção em relação às classificações dos recursos	Líder do projeto	Não aplicável	Concluída	(Quantidade de convocações de treinamentos sobre o tema que incluam os técnicos da manutenção / Quantidade de convocações de treinamentos sobre o tema) * 100	Mínimo 80%
B	Alta	Realizar alinhamento com os responsáveis pela gestão da manutenção e supervisão da linha para que repassem aos operadores e técnicos mecânicos e eletricitistas sobre a importância da comunicação antes e depois das intervenções em linha de produção	Sistema de comunicação digital da empresa	02/03/2021	Reunião online com programadores de manutenção e supervisões de produção	Garantir que não sejam realizadas intervenções em momentos de linha ociosa por falta de alinhamento entre operação e manutenção	Líder do projeto	Não aplicável	Concluída	(Quantidade total de colaboradores atingidos pelo repasse dos responsáveis / Quantidade total de colaboradores envolvidos diretamente com a questão) * 100	Mínimo 70%
C	Média	Analisar a possibilidade de disponibilizar um aparelho celular para cada técnico mecânico e eletricitista	Área técnica	19/07/2021	Analisar os benefícios do investimento junto a gestão em reunião online	Para que todos tenham disponível e realize o lançamento das ordens de trabalho logo após realizar a intervenção	Líder do projeto	Não aplicável	Concluída	Entrega de parecer favorável ou desfavorável	Entrega do parecer

Quadro 3 - Plano de ação 5W2H das ações de melhoria propostas (conclusão)

Item	Prioridade	O que (What)?	Onde (Where)?	Quando (When)?	Como (How)?	Por que (Why)?	Quem (Who)?	Quanto (How much)?	Status	Indicador	Meta
D	Média	Disponibilizar material didático de fácil entendimento sobre classificação de linha de produção para os apoios de linha	Linha de produção	31/03/2022	Elaborar material de fácil entendimento e disponibilizar em pasta digital em que todos os apoios tenham acesso	Para que os colaboradores envolvidos compreendam as classificações imputadas, evitando possíveis erros	Líder do projeto e colaborador especializado	Não aplicável	Em planejamento	Material pronto e disponibilizado	Entrega do material
E	Alta	Acompanhamento de perto dos lançamentos de ordens de trabalho em linha ociosa	Área técnica	01/02/2021	Criação de planilha de comparação entre momentos de linha ociosa e ordens de manutenção lançadas	Observação se as siglas estão sendo usadas corretamente e reporte para correção das ordens necessárias	Líder do projeto e planejador de manutenção	Não aplicável	Concluída	Planilha pronta e sendo utilizada na rotina	Entrega e utilização da planilha
F	Alta	Corrigir o modo de conferência feita pela área de performance	Área de performance	18/01/2021	Em alinhamento com a gestão da manutenção, calibrar os parâmetros utilizados na planilha de conferência	Garantir que os dados conferidos correspondam a realidade	Líder do projeto, planejador de manutenção e analista de performance	Não aplicável	Concluída	Dados da conferência correspondendo à realidade	Dados iguais aos reais

Fonte: autoria própria

4.3.5 Controlar

Para a última etapa de aplicação do DMAIC, foram pensadas duas fases: a primeira para acompanhar a execução do plano de ação e atingimento das metas estabelecidas, o que durou até a última ação ser completada, e a segunda para compreender se as implementações do projeto realmente ajudaram a resolver o problema em questão, que irá se delongar em um período de acompanhamento de aproximadamente 3 meses.

Discutindo mais a fundo a primeira fase, foram registrados resultados positivos em todas as ações concluídas. No caso da inclusão dos técnicos de manutenção nas convocações de treinamentos sobre classificação de linha, o posicionamento dos responsáveis de recursos humanos foi favorável após contato via e-mail, tendo sido realizado um treinamento sobre o tema no período analisado que contou com a convocação e participação dos técnicos, resultando em um indicador de 100%, ultrapassando a meta estabelecida de 80%.

Em relação ao alinhamento com os responsáveis pela gestão da manutenção e supervisão da linha, durante o período programado foi realizada reunião online para exposição de como eles, líderes locais, poderiam influenciar positivamente seus colaboradores no que diz respeito ao seguimento de diretrizes nos casos de linha ociosa.

Após o encontro, foram acompanhados dois momentos de coaching com os colaboradores, um registrado com os operadores de linha, realizado pelo supervisor de produção, e outro com os técnicos, realizado pela programadora de manutenção. Nesses momentos foram abordados temas sobre como a comunicação entre as partes envolvidas deve ser feita e sua importância para manter a fábrica dentro das normas. A participação dos operadores diretamente ligados à questão foi de 70% e da manutenção 71%, atingindo a meta de 70%.

Junto a área técnica foi tratado o tema da compra de um aparelho celular para cada técnico da fábrica, o que traria maior facilidade no momento do lançamento das horas de manutenção. Porém, avaliando os prós e contras e os investimentos previamente planejados para o ano, o parecer foi desfavorável, deixando a melhoria registrada como uma ação para momentos futuros.

Posteriormente, a ação de criação de material sobre classificação de linha de produção com base nos padrões difundidos pela sede foi registrada para planejamento e execução em momento futuro, já que irá exigir maior esforço por parte dos envolvidos e, avaliando a estratégia de atuação imediata do projeto, não seria tão interessante aplicação no período.

Para facilitar o acompanhamento dos lançamentos de ordem de trabalho em linha ociosa foi criada uma rotina de verificação automática via *software Power BI*. A mesma, a partir do

input de dados dos sistemas de informação utilizados pela fábrica, compara os momentos em que a linha de produção ficou classificada como ociosa e o período do dia que tiveram lançamento de ordens de trabalho que indisponibilizam a linha. Caso os horários coincidam, é possível fazer a identificação rapidamente, possibilitando que a planejadora de manutenção faça as tratativas necessárias.

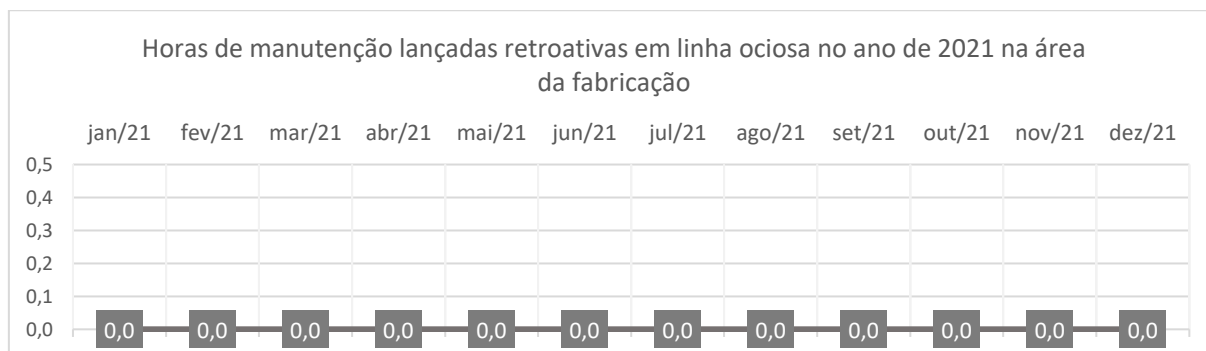
Por último, o modo de conferência realizado pela área de performance passou por reformulação, sendo envolvida a planejadora de manutenção e analista de performance, que pontuaram todas as informações importantes que deveriam ser acompanhadas como parâmetro na planilha. Assim, após atualização, foram feitos testes e confirmado que os dados da conferência eram confiáveis, podendo ser utilizados para conferência mensal e garantia de nenhum desvio.

A segunda fase definida para a etapa controlar será administrada dentro da empresa pelos próximos 3 meses, identificando possíveis desvios e atuando para correção. Nesse período pode ser que surjam novas ações, que serão registradas e aplicadas de acordo com a necessidade.

4.4 Resultados obtidos

Durante todo o período de aplicação do projeto DMAIC o principal indicador de lançamento de hora de manutenção retroativa em linha ociosa foi acompanhado no intuito de identificar variações e suas possíveis causas, porém não foi apontado nenhum desvio ao longo dos 12 meses de 2021, nos primeiros meses do ano por conta de alta produção, onde houveram poucos momentos de linha ociosa, e a partir de abril resultado direto das ações implementadas durante a execução do projeto. Tais registros podem ser observados a partir do gráfico 4.

Gráfico 4 - Horas de manutenção lançadas retroativas em linha ociosa nos meses de aplicação do projeto em 2021 na área da fabricação



Fonte: autoria própria

Por não terem registros de horas de manutenção corrigidas de maneira retroativa, foi possível evitar impacto direto no indicador de performance, que finalizou o ano de 2021 reportando de maneira fidedigna o desempenho da fábrica.

Além do principal resultado apresentado acima, também houveram ganhos relacionados ao aprimoramento do conhecimento dos colaboradores no quesito de linha ociosa e da norma interna. Anteriormente nem todos os envolvidos sabiam da existência da diretriz e seus desvios registrados, e a partir das ativações realizadas pelo projeto o conhecimento foi repassado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões do trabalho

A presente dissertação, fundamentada na execução de um projeto baseado na metodologia DMAIC, seguiu com a aplicação de todas as etapas da ferramenta: definir, medir, analisar, melhorar e controlar, obtendo resultados positivos em todas elas. De acordo com o objetivo pontuado na introdução do trabalho, o propósito da pesquisa foi alcançado, resultando em zero horas reportadas retroativamente pelo indicador no período de aplicação do projeto, como consequência do aumento da aderência da gestão da manutenção em alinhamento com a classificação do recurso produtivo.

Nesse sentido, os objetivos específicos também foram atingidos. O primeiro deles, que tinha como alvo a aplicação de melhorias nas causas raízes identificadas, foi atingido a partir da execução do plano de ação que teve foco em medidas de correção e melhoramento das causas identificadas como responsáveis pela ocorrência do problema. O segundo objetivo específico, que tinha a finalidade de difundir o conhecimento em relação às diretrizes ligadas ao assunto trabalhado, também foi alcançado por meio de *coachings* realizados, que popularizaram a informação entre os responsáveis.

O projeto DMAIC contribuiu diretamente para a empresa esclarecendo a fundo as causas dos desvios, levantando e aplicando suas possíveis soluções. Com a erradicação dos casos, o resultado mais relevante foi a adequação às normas internas da companhia, não sendo registradas ocorrências do problema e/ou necessidade de correção tardia, e também o aumento da confiabilidade nos indicadores de performance da fábrica.

5.2 Limitações do estudo

Durante análise realizada a partir da matriz de priorização, demonstrada no tópico de resultados, a ação de melhoria número 5, apontada para solução de uma das causas raízes, foi classificada como alto esforço e alto impacto, e por conta desse fato não foi priorizada para planejamento imediato e execução.

Por se tratar de uma atividade que demanda esforço maior que as demais ações pontuadas e o problema tratado pela metodologia exigir certa urgência de solução, a possibilidade de aplicação da melhoria não se mostrou tão interessante para o momento. Apesar desse fato, a mesma não foi descartada, ficando registrada no sistema de informação da empresa e planejada para execução posteriormente, ajudando na garantia da estabilidade dos resultados das outras ações que foram executadas.

5.3 Trabalhos futuros

Visto que algumas ações de melhoria levantadas a partir da aplicação do projeto são cíclicas, as mesmas devem ser executadas periodicamente no intuito de garantir a efetividade do trabalho realizado, se tornando uma rotina para os responsáveis.

Além disso, levando em consideração a relação próxima entre a ocorrência do problema estudado pela metodologia DMAIC e os conceitos estabelecidos para classificação de linha de produção pela empresa, seria interessante dar continuidade no presente trabalho a partir de um aprofundamento na categorização dos recursos produtivos.

A análise dos momentos em que a linha deve ou não ser classificada como ociosa, incluindo particularidades como disponibilidade de matéria prima e estratégias de produção, é essencial para uma conferência real de ocorrências e aumento da confiabilidade dos sistemas de informação, que, caso trabalhem com classificações 100% corretas, podem ser acompanhados e gerenciados de maneira remota.

REFERÊNCIAS

- ANBARI, F. T.; KWAK, Y. H. Success factors in managing six sigma projects. **PMI® Research Conference: Innovations**, London, England, [s. l.], 2004.
- ARIZA, C. F. **Manutenção – uma estrutura secular**. Manutenção & Serviços, Ano 2, n.8, dez/jan. 1989. p. 20-29
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462**: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- BESTEIRO, Elen Nara Carpin; CALADO, Robisom Damasceno; BOOG, Emílio Gruneberg; SOUSA, Tatiane Ferreira. METODOLOGIA SEIS SIGMA: AUMENTO DA QUALIDADE APLICADA A UMA EMPRESA DE TECNOLOGIA. **Seis Sigma: Coletânea de Artigos**, Belo Horizonte, p. 152-162, 1 jan. 2017.
- CARVALHO, Glauco Rodrigues; HOTT, Marcos Cicarini; OLIVEIRA, Aryeverton Fortes de. Análise espacial da concentração da produção de leite no Brasil e potencialidades geotecnológicas para o setor. **Boletim de conjuntura agropecuária**, Campinas, SP, p. 1-34, 2006.
- CARVALHO, Marcelo Pereira de; MARTINS, Paulo do Carmo; WRIGHT, James Terence Coulter; SPERS, Renata Giovinazzo. **Cenários para o leite no Brasil em 2020**. 1ª. ed. Juiz de Fora, MG: Embrapa, 2007. 189 p.
- CARVALHO, Marly Monteiro de et al. **Gestão da qualidade**: teoria e casos. 2ª edição revista e ampliada. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL – DERAL (Paraná). Prognóstico Pecuária de Leite: 15 de janeiro de 2020. **Pecuária de Leite**, Paraná, p. 1-7, 15 jan. 2020.
- DUNN, Sandy. RE-INVENTING THE MAINTENANCE PROCESS - Towards Zero Downtime. **The Plant Maintenance Resource Center**, [S. l.], 1998. Queensland Maintenance Conference, 1998.
- FARIA, Letícia Tebar. **DMAIC APLICADO À REDUÇÃO DE FONTE DE RESÍDUO NA LINHA DE ENVASE DE UMA FÁBRICA DE LEITE EM PÓ**. Orientador: Prof. Dr. Luís Fernando Magnanini de Almeida. 2019. 56 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2019.
- FILHO, Gil Branco. **Dicionário de Termos Técnicos de Manutenção e Confiabilidade**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2000.
- FLEMING, P.V.; FRANÇA, S.R.R.O. Considerações sobre a implementação conjunta de TPM e MCC na indústria de processos. In: **Anais do 12.º Congresso Brasileiro de Manutenção**. São Paulo, 1997.
- FONSECA, Luciana; RIBEIRO, Rita; REIS, Rosa; MESQUITA, Kelly. A FERRAMENTA KAIZEN NAS ORGANIZAÇÕES. **Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, Rio de Janeiro, 2016.

FREIRE, Priscila Saraiva Déde. **A manutenção centrada na confiabilidade (MCC) aplicada em um ambiente organizacional gerenciado pela manutenção produtiva total (MPT)**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

GODOY, Caroline. **Uma aplicação do planejamento de experimentos e carta de controle em uma indústria de cosméticos: ciclo DMAIC**. 2014. 131 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia, 2014.

GOFFNETT, Sean. Understanding Six Sigma®: Implications for Industry and Education. **Journal of Industrial Technology**, [S. l.], v. 20, n. 4, p. 2-10, set. 2004.

GOUWS, J.; GOUWS, L. E. Optimised Combination of Maintenance Types. In: **FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE MINERALS INDUSTRY – MINEIT’97**, 1997, Greece. [S. l.: s. n.], 1997.

KARDEC, P.; NASCIF, J. **Manutenção – Função estratégica**. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 1999.

KELLY, Luiz Henrique Farias. **Análise da implementação da manutenção produtiva total: um estudo de caso**. Orientador: Prof. Dr. José Glenio Medeiros de Barros. 2006. 158 p. Dissertação (Mestre em Gestão e Desenvolvimento Regional) - Universidade de Taubaté, [S. l.], 2006.

LUCATELLI, Marcos Vinícius. **ESTUDO DE PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE EQUIPAMENTOS ELETROMÉDICOS**. Orientador: Dr. RENATO GARCIA OJEDA. 1998. 155 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, fevereiro de 1998.

LUCATELLI, Marcos Vinícius. **PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE EM EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES**. Orientador: Prof. Renato Garcia Ojeda, Dr. 2002. 285 p. Tese (Doutor em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, outubro de 2002.

MACHADO, Leonardo Kunath. **APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA O AUMENTO DE EFICIÊNCIA DE MÁQUINAS EM UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS**. Orientador: Prof. Dr. Juan Carlos Claros Garcia. 2019. 76 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019.

MCKONE, Kathleen E.; SCHROEDER, Roger G.; CUA, Kristy O. The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance. **Journal of Operations Management**, Babson College, Babson Park, MA 02457, USA, p. 39-58, 2001.

MESQUITA, Keyla Samara de Jesus. **A APLICAÇÃO DO MÉTODO DMAIC NA GESTÃO DE MANUTENÇÃO DE MATERIAIS RODANTES: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO SETOR FERROVIÁRIO**. Orientador: Prof. Dr. Diego de Queiroz Machado. 2020. 79 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Administração) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

MOBLEY, R. Keith. **AN INTRODUCTION TO PREDICTIVE MAINTENANCE**. 2nd ed. United States of America: Ciência Moderna, 2002. 459 p.

MOUBRAY, J. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**. São Paulo: Ed. SPES Engenharia de Sistemas Ltda, 2000. Tradução de Kleber Siqueira. 426 p.

NEIVA, Rubens. Setor lácteo encerra 2020 com balanço positivo. **Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 11 dez. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/58015828/setor-lacteo-encerra-2020-com-balanco-positivo>. Acesso em: 26 mar. 2021.

OLIVEIRA, Thiago Augusto Brandão. **GESTÃO DA MANUTENÇÃO, IMPLEMENTANDO UMA SIMULAÇÃO NO SETOR DE MANUTENÇÃO DA PEDREIRA UM VALEMIX**. Orientador: Prof. Dr. Alexandre Xavier Martins. 2016. 42 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2016.

PAZETO, Ana Caroline. **MODELO DE PRIORIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO CORRETIVA EM AMBIENTES HOSPITALARES**. Orientadora: Prof.^a Selma Terezinha Milagre, Dra. 2016. 168 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Biomédica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, maio de 2016.

PRIMEIROS resultados. **Estatística da Produção Pecuária**, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, p. 1-9, 1 fev. 2021.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul: Editora Feevale, 2013. 277 p. ISBN 978-85-7717-158-3.

RAMÍREZ, Ernesto Fernando Ferreyra et al. **MANUAL HOSPITALAR DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA**. Londrina: HURNP-UEL, 2002.
SANTOS, Adriana Barbosa; MARTINS, Manoel Fernando. Modelo de referência para estruturar o Seis Sigma nas organizações. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 43-56, abr. 2008.

SANTOS, Camila S.; SALAZAR, Rodrigo F. S.; SALAZAR, Ludmila N. Tecnologia e processamento de leite em pó: revisão de literatura. **XX Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão**: UNICRUZ, Cruz Alta, RS, 2015.

SEAPA (Minas Gerais). Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Perfil Agronegócio Mundial. **Relatórios de Produtos Agrícolas**, Belo Horizonte, p. 1-88, 2021.
SEELING, M. X. **Desenvolvimento de um sistema de gestão da manutenção em uma empresa de alimentos do Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

SILVA, Grazielle Roberta Freitas; MACÊDO, Kátia Nêyla de Freitas; REBOUÇAS, Cristiana Brasil de Almeida; SOUZA, Ângela Maria Alves. Entrevista como técnica de pesquisa qualitativa. **Online Brazilian Journal of Nursing**, Rio de Janeiro, Brasil, v. vol. 5, n. núm. 2, p. 246-257, 1 jan. 2006.

SILVA, Luciana Resende; FILHO, Vitor Hugo dos Santos; SANJULIAO, Lo-Ruana Karen Amorim Freire; OLIVEIRA, Hadeniel Gomes; SILVA, Franciely Suênil Lopes. IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA: UMA PESQUISA EXPLORATÓRIA EM UMA EMPRESA HOSPITALAR. **Seis Sigma: Coletânea de Artigos**, Belo Horizonte, p. 96-104, 2017.

SILVA, Marcos Antonio. A TÉCNICA DA OBSERVAÇÃO NAS CIÊNCIAS HUMANAS. **Educativa**, Goiânia, v. 16, n. 2, p. 413-423, 2013.

SIQUEIRA, Kennya Beatriz; BARROS, Raquel de Castro; MELOR, Nathália Ramos de; GAMA, Daniel Auad. Competitividade do leite em pó integral brasileiro. **Revista da Política Agrícola**, [S. l.], ano XXI, n. 3, p. 1-14, 1 set. 2012.

SIQUEIRA, Kennya Beatriz; CARNEIRO, Alziro Vasconcelos; ALMEIDA, Marcos Franca de; SOUZA, Roberto Carlos Soares Nalon Pereira. O mercado lácteo brasileiro no contexto mundial. **Circular Técnica Embrapa**, Juiz de Fora, MG, ed. 1ª, p. 1-12, 1 dez. 2010.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000. 747 p.

TENDÊNCIAS do Mercado de Produtos Lácteos. **Brasil Dairy Trends 2020**, Campinas, n. 1. ed., p. 1-343, 1 jan. 2017.

THEISS, Roger. **PROTÓTIPO DE UM SISTEMA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA**. Orientador: Dr. Fábio Alexandrini. 2004. 78 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Sistemas de Informação) - Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNIDAVI, Rio do Sul, 2004.

TOVAR, Pedro Henrique Heringer. **ANÁLISE FMEA PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE: ESTUDO DE CASO EM MOTOR HIDRÁULICO POCLAIN**. Orientador: Prof. Msc. Oswaldo Paiva Almeida Filho. 2017. 65 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

WERKEMA, C. **Criando a Cultura Lean Seis Sigma**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. WERKEMA, Cristina. **Design For Six Sigma**: Ferramentas básicas usadas nas etapas D e M do DMADV. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2005. v. 2. ISBN 85-7303-333-9.

WILKINSON, John. **Parte II – A competitividade na indústria de laticínios**: 1. Padrões de concorrência e regulação na indústria mundial. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisa Social, 2008.