

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CAMPUS JARAGUÁ DO SUL - RAU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM FABRICAÇÃO MECÂNICA

PAULO RICARDO BELARMINO

UMA PROPOSTA DE MELHORIA DE PRODUTIVIDADE E REDUÇÃO DE
MATERIAIS DESCARTADOS NO PROCESSO DE
PINTURA DE MOTORES ELÉTRICOS

JARAGUÁ DO SUL

NOVEMBRO 2023

PAULO RICARDO BELARMINO

UMA PROPOSTA DE MELHORIA DE PRODUTIVIDADE E REDUÇÃO DE
MATERIAIS DESCARTADOS NO PROCESSO DE
PINTURA DE MOTORES ELÉTRICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica do Campus Jaraguá do Sul – Rau, do Instituto Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do diploma de Tecnólogo em Fabricação Mecânica.

Orientador: Gerson Ulbricht, Dr.

JARAGUÁ DO SUL

DEZEMBRO 2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
por meio do programa de geração automática do câmpus Rau, do IFSC

Belarmino, Paulo Ricardo
UMA PROPOSTA DE MELHORIA DE PRODUTIVIDADE E REDUÇÃO
DE MATERIAIS DESCARTADOS NO PROCESSO DE PINTURA DE MOTORES
ELÉTRICOS / Paulo Ricardo Belarmino ; orientação
de Gerson Ulbricht. Jaraguá do Sul, SC, 2023.
55 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Jaraguá do Sul -
Rau. Tecnologia em Fabricação Mecânica. .
Inclui Referências.

1. Pintura. 2. Resíduo sólido. 3. Descarte de materiais.
4. Redução de custos. 5. Sustentabilidade. I.
Ulbricht, Gerson. II. Instituto Federal de Santa Catarina.
. III. Título.

PAULO RICARDO BELARMINO

UMA PROPOSTA DE MELHORIA DE PRODUTIVIDADE E REDUÇÃO DE
MATERIAIS DESCARTADOS NO PROCESSO DE
PINTURA DE MOTORES ELÉTRICOS

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Tecnólogo em
Fabricação Mecânica, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo
indicada.

Jaraguá do Sul, 27 de Novembro de 2023.

Prof. Dr Gerson Ulbricht
Orientador
IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU

Profa. Dra. Thais Collet
IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU

Profa. MSc. Lidiane Goncalves de Oliveira
IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU

Dedico esse trabalho a minha família que incentivou, apoiou e me ajudou com o que foi possível para que concluísse o curso de fabricação mecânica. Obrigado!

AGRADECIMENTOS

Venho através deste agradecer ao IFSC - Instituto Federal de Santa Catarina, Jaraguá do Sul/Rau, por proporcionar a oportunidade de cursar o Ensino Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica.

Agradeço ao professor Gerson Ulbricht, por toda orientação, solidariedade, disponibilidade e auxílio oferecido para que fosse possível a conclusão deste presente trabalho.

Também agradeço aos professores Vanderlei Junkes, Tiago da Silva, Thais Collet, Josué Vogel, Edson Sidnei Maciel Teixeira, e a todos os outros professores envolvidos na grade curricular deste curso, por disponibilizar os laboratórios de usinagem, tempo de aula e compartilhar seus conhecimentos, para que eu pudesse executar este trabalho da melhor maneira possível.

Expresso minha gratidão também à empresa onde trabalho e meus superiores, por oferecer todo o suporte e dados necessários para que este presente trabalho obtivesse êxito.

Quero também agradecer meus familiares por todo apoio, compreensão e motivação, que me deram para que eu fosse capaz de chegar até o presente momento.

E por fim, agradecer a todas as pessoas que fizeram parte e contribuíram com o trabalho, seja diretamente ou indiretamente.

“Não ter problemas é o maior problema de todos.”

(Taiichi Ohno, 1975)

RESUMO

No ramo da indústria atualmente é necessário se preocupar com diversos fatores e indicadores da manufatura, matéria prima, produtividade, qualidade e sustentabilidade. As empresas no geral devem se preocupar com a melhoria contínua do processo produtivo, produtividade sustentável, e a redução de poluentes que são emitidos no seu processo produtivo. Segundo a Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelece que a prioridade no gerenciamento de resíduos siga a seguinte ordem: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos e disposição final ambientalmente adequado dos rejeitos. Este trabalho apresenta um estudo de caráter exploratório, tendo como objetivo a aplicação dos conceitos e filosofia *lean* para elaborar um novo método de isolar componentes de um motor elétrico, no processo de pintura de uma indústria metalúrgica de Jaraguá do Sul. Bem como uma análise de comparação entre o processo atual e o novo, verificando a produtividade, custo, redução de resíduos descartados e impacto ao longo prazo. No trabalho, foi utilizado o *kaizen* e as ferramentas do PDCA (Planejamento, Execução, Controle e Ação), para identificar possíveis soluções de melhoria do processo de isolamento de componentes, identificar o tempo (*Takt time*) que se utiliza para isolar os componentes, e a quantidade de material isolante que é utilizada no processo. Com isso, foi calculado e comparado, os tempos de preparo das peças, os custos de materiais, o volume de material descartado, a qualidade dos dois processos e o impacto ao longo de cinco anos em ambos. Os experimentos do novo método de isolamento de componentes para a pintura, apresentaram resultados positivos. A utilização do dispositivo de isolamento, mostrou redução do custo de materiais, do custo do descarte de resíduos sólidos, aumento da produtividade e da velocidade de preparo do motor para a pintura. Concluiu-se que o método desenvolvido no presente trabalho é eficaz para a redução do uso de material isolante e para a diminuição do custo no processo produtivo de pintura de motores elétricos da indústria metalúrgica de Jaraguá do Sul.

Palavras-Chave: Pintura. Descarte de materiais. Resíduos sólidos. Redução de custo. *Kaizen*. PDCA. Sustentabilidade.

ABSTRACT

In the current industrial sector, it is important to be concerned about various factors and indicators related to manufacturing, raw materials, productivity, quality, and sustainability. Companies, in general, should focus on the continuous improvement of the production process, sustainable productivity, and the reduction of pollutants emitted in their production processes. According to Law No. 12.305/10, which establishes the National Solid Waste Policy (Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS), the priority in waste management follows this order: non-generation, reduction, reuse, recycling, waste treatment, and environmentally appropriate final disposal of rejects. This paper presents an exploratory study with the aim of applying lean concepts and philosophy to develop a new method for isolating components of an electric motor in the painting process of a metallurgical industry in Jaraguá do Sul, Santa Catarina State. It also includes a comparative analysis between the current and new processes, examining productivity, cost, reduction of discarded waste, and long-term impact. We used kaizen and PDCA tools (Plan, Do, Check, and Act) to identify possible process improvement solutions for component isolation, determine the Takt time for isolating components, and quantify the insulating material used in the process. As a result, the preparation times for parts, material costs, volume of discarded material, quality of both processes, and the impact over a five-year period were calculated and compared. The experiments with the new method of component isolation for painting showed positive results. The use of the isolation device resulted in a reduction in material costs, solid waste disposal costs, increased productivity, and faster motor preparation for painting. We concluded that the method developed in this study is effective in reducing the use of insulating material and decreasing costs in the production process of painting electric motors in the metallurgical industry of Jaraguá do Sul.

Keywords: Painting. Material disposal. Solid waste. Cost reduction. Kaizen. PDCA. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Caracterização e classificação de resíduos resíduos.....	19
Figura 2 - Sistema lean simplificado.....	22
Figura 3 - kaizen na visão de guarda-chuva.....	24
Figura 4 - Sistema simplificado do ciclo PDCA.....	27
Figura 5 - Ferramenta 5s.....	28
Figura 6 - Diagrama de Ishikawa.....	29
Figura 7 - Desenho do esquema da formulação de tinta com suas matérias primas principais.....	31
Figura 8 -Vista explodida de um motor elétrico convencional.....	32
Figura 9 - Exemplo dos componentes isolados por fita crepe e graxa.....	34
Figura 10 - Exemplo de isolamento dos componentes para a pintura.....	34
Figura 11 - Exemplo das etapas no processo de pintura.....	35
Figura 12 - Exemplo do novo método para isolar os componentes para a pintura....	35
Figura 13 - Exemplo das etapas no processo de fabricação do dispositivo.....	36
Figura 14 - Exemplo de desenho 3D do dispositivo no SolidWorks.....	38
Figura 15 - Fotografia do molde do dispositivo usinado em resina.....	38
Figura 16 - Fotografia do Cronômetro.....	40
Figura 17 - Imagem ilustrativa da Balança Alfa instrumentos.....	41
Figura 18 - Dedução do cálculo para quantidade de fita crepe.....	42
Figura 19 - Dedução do cálculo para obtenção da quantidade de fita descartada....	43
Figura 20 - Medição do balde.....	46
Figura 21 - Medição do material descartado.....	46
Figura 22 - Medição do material descartado.....	47
Figura 23 - Comparação de material descartado.....	48
Figura 24 - Exemplo de Relatório de aprovação do Kaizen.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados da quantidade de fita comprada.....	45
Tabela 2 - Cálculo da quantidade de silicone comprado.....	45
Tabela 3 - Cálculo da quantidade de material descartado em quilogramas.....	47
Tabela 4 - Cálculo da quantidade de material descartado em quilogramas.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ONU – Organização das Nações Unidas

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PDCA – Planejamento, Execução, Controle e Ação

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina

FOFO – Ferro Fundido

CNC – Comando Numérico Computadorizado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Objetivos.....	13
1.1.1 Objetivo geral.....	13
1.1.2 Objetivos específicos.....	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 Sustentabilidade e Meio ambiente.....	14
2.1.1 Classificação de resíduos sólidos.....	16
2.2 Filosofia e conceitos lean manufacturing.....	18
2.3 Ferramentas lean.....	19
2.3.1 Jidoka.....	20
2.3.2 Just in Time.....	21
2.4 Kaizen.....	21
2.4.1 Kaizen voltado para administração.....	22
2.4.2 Kaizen voltado para o grupo.....	23
2.4.3 Kaizen orientado para as pessoas.....	23
2.4.4 Ciclo PDCA.....	23
2.4.5 Ferramenta 5s.....	25
2.5 Tinta e seus componentes.....	28
2.6 Importância da pintura em motores elétricos.....	30
3 METODOLOGIA.....	30
3.1 Procedimento atual de isolamento de componentes.....	31
3.2 Método proposto para isolamento de componentes.....	33
3.3 Construção do dispositivo.....	34
3.3.1 Silicone.....	34
3.3.2 Molde.....	35
3.4 Kaizen.....	37
3.5 Coleta de Dados e Cálculos.....	38
3.5.1 Coleta de dados.....	38
3.5.2 Cálculos de Quantidades.....	39
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	42
4.1 Tempo dos processos.....	42
4.2 Quantidade de material.....	42
4.2.1 Método atual.....	42
4.2.2 Método Novo.....	43
4.3 Quantidade de Resíduo sólido descartado.....	43
4.2.1 Método atual.....	43
4.2.2 Método Novo.....	45
4.2.3 Comparação dos métodos.....	46
4.4 Custos dos métodos.....	47
4.5 Kaizen.....	47
5 CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

O meio ambiente e a sustentabilidade são temas abordados ao redor do mundo empresas, instituições governamentais, debates políticos, leis, e até mesmo em organizações mundiais, como a Organização das Nações Unidas (ONU) . Segundo um artigo publicado no site da Nações Unidas Brasil no dia 16 de setembro de 2020, a partir de 2014, a ONU passou a organizar a Assembleia Ambiental das Nações Unidas onde, atualmente, é a plataforma mais importante para a discussão e tomada de decisões, em relação ao meio ambiente. Sua primeira edição marcou o início de uma fase onde o meio ambiente é considerado um problema mundial, colocando as preocupações ambientais no mesmo grau de importância que a paz, saúde, segurança, finanças, e comércio mundial.

As indústrias, no geral, também não ficam para trás. Atualmente, as empresas devem se preocupar com o meio ambiente, com a produtividade sustentável e com o descarte de materiais utilizados no seu processo produtivo. Segundo a Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), fica estabelecido que, quem gera resíduos sólidos, é responsável pelo gerenciamento ambiental adequado dos seus rejeitos, e a prioridade no gerenciamento de resíduos deve seguir a seguinte ordem: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Dentre os métodos utilizados pela indústria, e empresas em geral, para melhoria de seus processos produtivos, adequação a Política Nacional de Resíduos Sólidos e redução de custos de produção, existe os conceitos da filosofia *lean manufacturing* (manufatura enxuta), que consiste em várias ferramentas que ajudam a construir novos métodos, e/ou procedimentos que melhoram e otimizam o processo produtivo onde a ferramenta foi aplicada. Entre algumas ferramentas, se destacam o *kaizen*, o PDCA, 5S, diagrama de *ishikawa*, entre outras.

Em uma empresa metalúrgica de Jaraguá do Sul, existe um processo de pintura para motores elétricos, onde após a montagem das peças e o teste de qualidade, o produto segue a linha de produção até a pintura. Nesta etapa o colaborador deve isolar componentes que não serão pintados, com fita crepe, assim, evitando com que esses componentes sejam pintados. Após a cura da tinta, é necessário remover as fitas, descartá-las, e levá-las para um devido depósito, que após um determinado período, são transportadas para um aterro sanitário conforme

descrito na Lei nº 12.305

Este trabalho teve como objetivo, elaborar e aplicar um novo procedimento para reduzir o uso de fitas no isolamento de componentes de um motor elétrico. Esse processo de pintura descarta inúmeros metros de fita, e isso é prejudicial para o meio ambiente e para a empresa. Portanto, este trabalho utilizou ferramentas da filosofia *lean manufacturing*, em destaque o *kaizen* e o PDCA, para coletar dados de tempo de preparo, de custo, de volume de material descartado, e de qualidade, no processo de isolar componentes para a pintura. Em seguida discutiu-se novos procedimentos para o processo, chegando ao acordo, foram feitos testes com o novo procedimento, e novamente, foram coletados dados de tempo de preparo, qualidade, custos, e o volume de material descartado.

No final, foi realizada uma análise comparativa entre os métodos, e uma predição dos impactos obtidos ao longo de 10 anos, assim, verificando se o método com o dispositivo de silicone tem vantagens sobre o método com fita, sua eficácia na redução do descarte de resíduos sólidos, e se é possível replicar o método para os demais componentes que possuem a necessidade de isolamento para a pintura.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Elaborar e aplicar um novo procedimento que aumente a produtividade e reduza o descarte de resíduos sólidos no isolamento de componentes de um motor elétrico.

1.1.2 Objetivos específicos

- Coletar dados do procedimento atual, *takt-time*, consumo de fitas e volume de material descartado;
- Elaborar um novo procedimento que aumente a produtividade e minimize descarte de resíduos sólidos aplicando o *kaizen* e utilizando a metodologia do PDCA;
- Aplicar o novo procedimento na prática, fazer uma nova coleta de dados, e comparar analiticamente os dois modelos;
- Apresentar os resultados obtidos e sugerir outras maneiras de melhoria.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Sustentabilidade e Meio ambiente

De acordo com Nações Unidas Brasil (2020), a preocupação com o meio ambiente teve grande impulso na década de 1960, após a publicação de um livro escrito pela cientista Rachel Carson, “A Primavera Silenciosa”, onde destacou a importância de preservar e respeitar o ecossistema onde vivemos, para proteger a vida humana e o meio ambiente.

Em 1972, a ONU organizou a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, em Estocolmo (Suécia). O Evento foi um marco, e em uma declaração final, é citado 19 princípios que descrevem um manifesto ambiental, e esse manifesto se tornou a base para a nova agenda ambiental do Sistema das Nações Unidas. No mesmo ano, a assembleia geral criou o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, que liderou diversos trabalhos da organização, em prol do meio ambiente em todo o mundo.

Os princípios da sustentabilidade e meio ambiente estão presentes em várias conferências da ONU, como a Segunda Conferência da ONU sobre Assentamentos Humanos em Istambul, no ano de 1999, a Sessão Especial da Assembleia Geral sobre Pequenos Estados Insulares em Desenvolvimento, que aconteceu no mesmo ano, na cidade de Nova York, a Cúpula do Milênio também em Nova York no ano 2000, onde discutiram seus Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, e como sétimo objetivo, teve a iniciativa de “Garantir a sustentabilidade ambiental”, e a Reunião Mundial de 2005.

Mas foi em 2014, durante a Assembleia Ambiental das Nações Unidas, que a preocupação com o meio ambiente se tornou um problema mundial, colocando o tema na mesma mesa que é discutido a paz, saúde, segurança, finança, e comércio mundial. A Assembléia reuniu mais de 160 líderes de alto nível, se tornando a plataforma mais importante para discussão e tomada de decisões sobre a sustentabilidade e o meio ambiente (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2020)

Em 2015, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) lançou os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que inclusive os países membros da ONU adotaram no mesmo ano. Os ODS são 17 objetivos que visam acabar com a pobreza, proteger o planeta e proporcionar paz e prosperidade para todos até o ano de 2030. Dentre os objetivos listados estão, energia limpa e

acessível, cidades e comunidades sustentáveis, consumo e produção responsável e, parcerias e meios de implementação.

De acordo com a Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), quem gera resíduos sólidos é responsável pelo gerenciamento ambiental adequado dos seus rejeitos e a prioridade no gerenciamento de resíduos deve seguir a seguinte ordem: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos e disposição final ambientalmente adequado dos rejeitos.

Ainda na Lei nº 12.305/10, conforme o Artigo 6º os princípios da PNRS são:

- I - a prevenção e a precaução;
- II - o poluidor-pagador e o protetor-recebedor;
- III - a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública;
- IV - o desenvolvimento sustentável;
- V - a ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta;
- VI - a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade;
- VII - a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- VIII - o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania;
- IX - o respeito às diversidades locais e regionais;
- X - o direito da sociedade à informação e ao controle social;
- XI - a razoabilidade e a proporcionalidade. (BRASIL, 2010)

A Norma NBR ISO 14001 (2015), descreve que o objetivo de um sistema de gerenciamento sustentável, é criar uma estrutura para a proteção do meio ambiente, possibilitar soluções às mudanças ambientais, e em conjunto proporcionar equilíbrio às necessidades socioeconômicas. Uma abordagem sistemática proporciona alternativas que contribuem com desenvolvimento sustentável, como:

- Proteção do meio ambiente através da prevenção ou mitigação dos impactos ambientais adversos;
- Inibição dos efeitos contrários às condições da organização ambiental;
- Auxílio organizacional no cumprimento de requisitos legais ou gerais;
- Aumento do desempenho ambiental;
- Controle ou influência no projeto, fabricação, transporte, consumo e descarte de produtos ou serviços. Prevenindo o deslocamento involuntário dos impactos ambientais no ciclo de vida;
- Alcance de benefícios financeiros e operacionais, resultantes da

implementação de alternativas ambientais;

- Comunicação de informações ambientais pertinentes às áreas interessadas.

2.1.1 Classificação de resíduos sólidos.

Segundo ABNT (2004), os resíduos sólidos são todos materiais com origem em processos hospitalares, domésticos, agrícolas, comerciais, industriais e de varrição ou limpeza em geral. Processos que fazem tratamento de líquidos ou água cujo o produto final seja um lodo ou borra, também é considerado um resíduo sólido, pois devido suas característica físicas e químicas não devem ser descartados em redes de esgoto público.

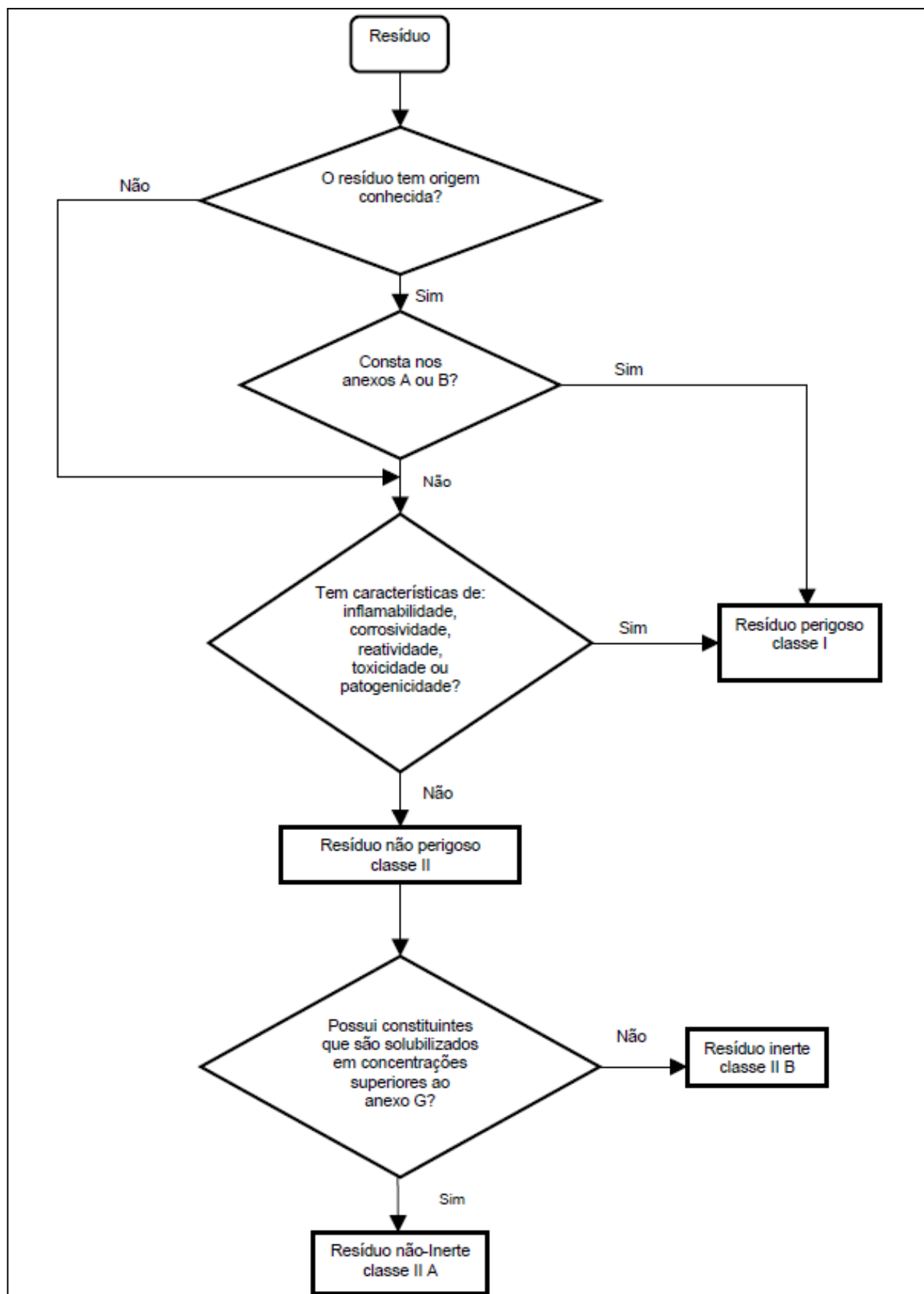
Conhecer a classificação dos resíduos sólidos e saber de sua importância, é relevante para planejar um sistema de gerenciamento de resíduos adequado, bem como ter o conhecimento do processo de origem do resíduo até suas propriedades finais. Possibilitando uma análise comparativa dos resíduos, e identificando quais substâncias agridem a saúde e impactam o meio ambiente.

Então, com a preocupação de questões ambientais e a necessidade de classificar os resíduos sólidos para seu descarte adequado, a ABNT criou em 2004 a NBR 10004, norma regulamentadora que classifica os resíduos sólidos, oferecendo uma referência para que empresas planejam um melhor sistema de gestão de resíduos sólidos (ABNT, 2004).

De acordo com a Norma NBR 10004 (2004), a classificação dos resíduos sólidos envolvem a identificação do processo ou atividade que o originou, os constituintes e suas características e a comparação destes constituintes com outros resíduos ou substâncias, onde o impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. A Figura 1 apresenta um fluxograma que explica o caminho a ser seguido para uma classificação adequada do resíduo.

A Norma NBR 10004 (2004), diz que, para classificar um resíduo é importante ter conhecimento sobre sua inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Essas características citadas são consideradas como resíduos perigosos (Classe I), pois apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposição adequada. Resíduos com produtos químicos, pilhas e baterias, pneus ou produtos radioativos são considerados perigosos.

Figura 1 - Caracterização e classificação de resíduos sólidos



Fonte: ABNT (2004)

Segundo a ABNT (2004), resíduos que apresentam características de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água são considerados não inertes (Classe IIA). Nessa classe podem ser citados materiais como, os resíduos gessos, fibras de vidro e restos de alimento. E resíduos inertes (Classe IIB), são aqueles que não apresentam componentes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água quando submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, ou seja, não sofrem alteração em sua composição ao longo do tempo. Alguns exemplos de resíduos inertes são tijolos, areia, rochas, entre outros (ABNT, 2004).

2.2 Filosofia e conceitos *lean manufacturing*

De acordo com Balardim (2019), *lean manufacturing* da tradução para o português significa manufatura enxuta, é uma forma figurativa de nomear um modelo de sistema de produção industrial, que consiste em “mitigar” custos, gastos e desperdícios.

Para Dennis (2008), a filosofia *lean manufacturing* se resume em um termo simples de menos é mais, consiste em aplicar melhorias na produção, focando em utilizar menos espaço, menos matéria prima, menos tempo, menos dinheiro, menos defeitos, e menos desperdício, com foco na qualidade e satisfação do cliente.

Dennis (2008) também explica que, quem começou a aplicar teorias científicas para melhorar processos produtivos foi o engenheiro norte-americano Frederick W. Taylor no início do século XIX. O sistema de Taylor baseou-se em criar um planejamento de produção, escolhendo pessoas qualificadas para encontrar melhores métodos de trabalho com base em análises de tempo e movimento, e os operadores limitavam-se em realizar operações repetitivas de ciclo rápido.

No mesmo período, o engenheiro e empresário fundador da Ford Motor Company, Henry Ford, buscava uma maneira de criar uma linha de produção ágil para a montagem de seus automóveis. A padronização e a intercambiabilidade de componentes fizeram seu objetivo se tornar realidade, criando em 1908 uma linha de montagem para seu veículo chamado de Modelo T. com padronização do processo, diversas melhorias puderam ser realizadas no projeto, diminuição e simplificação de peças, que reduziram custos de fabricação. A ideia de manter o produto em movimento na linha de montagem, fazendo com que ele chegasse até o operador, eliminando movimentações e esforços desnecessários, sequenciando os

processos e criando um ritmo de produção (DENNIS, 2008).

De acordo com Dennis (2008), esses dois idealistas revolucionários, Frederick W. Taylor e Henry Ford, formaram a base do conceito de produção em massa. Shingo (1996), resume esses conceitos à uma forma de transformar a matéria prima em um produto final, percorrendo uma série de procedimentos em um tempo e espaço determinado e com um fluxo contínuo de materiais.

Mesmo com a produção em massa dominando o mercado na época, Dennis (2008), via alguns problemas nesse sistema de manufatura. Uma grande quantidade de retrabalho em produtos que não saíam com a qualidade desejada, falta de motivação e parceria na relação de colaboradores e empresas, alto consumo de matéria prima e máquinas com custos elevados.

Porém, algo melhor vinha surgindo no Japão. Logo após a segunda guerra mundial, o país enfrentava uma forte crise econômica, o que fez grandes empresas focarem seus esforços na qualidade dos produtos e melhoria contínua do seu sistema de manufatura, com o objetivo final de satisfazer o seu cliente. Foi então que surgiu Taiichi Ohno, um engenheiro da empresa de automóveis Toyota, que foi o idealizador do sistema de manufatura enxuta ou sistema Toyota de produção. Esse novo modelo de produção consiste em motivar todos os colaboradores a idealizar melhorias nos procedimentos feitos na linha de produção, com foco na melhoria contínua do processo, diminuir defeitos de fabricação, melhoria da qualidade, redução de custos, eliminação ou redução no descarte de materiais e união entre o colaborador e empresa (DENNIS, 2008).

Segundo Balardim (2019), o termo *lean manufacturing* ainda não era citado na época, e na verdade, foi o livro “A Máquina que Mudou o Mundo” publicado na década de 1990 pelos autores James Womack, Daniel Jones e Daniel Ross, que popularizou o sistema que passou a ser um sistema modelo para as produtoras de automóveis da época, e até hoje é visto como o melhor modelo para um sistema de produção industrial.

Segundo Tubino (2015), empresas precisam definir um planejamento estratégico para obter melhores resultados a fim de cumprir com a sua missão. As empresas, no momento de definir seu planejamento, devem observar sua área de atuação e encontrar seus pontos fortes e fracos, para que possam criar maneiras de obter vantagens sobre a sua concorrência, buscando o contexto mais favorável e de resultado positivo. Adotar as práticas do sistema de manufatura enxuta (Filosofia

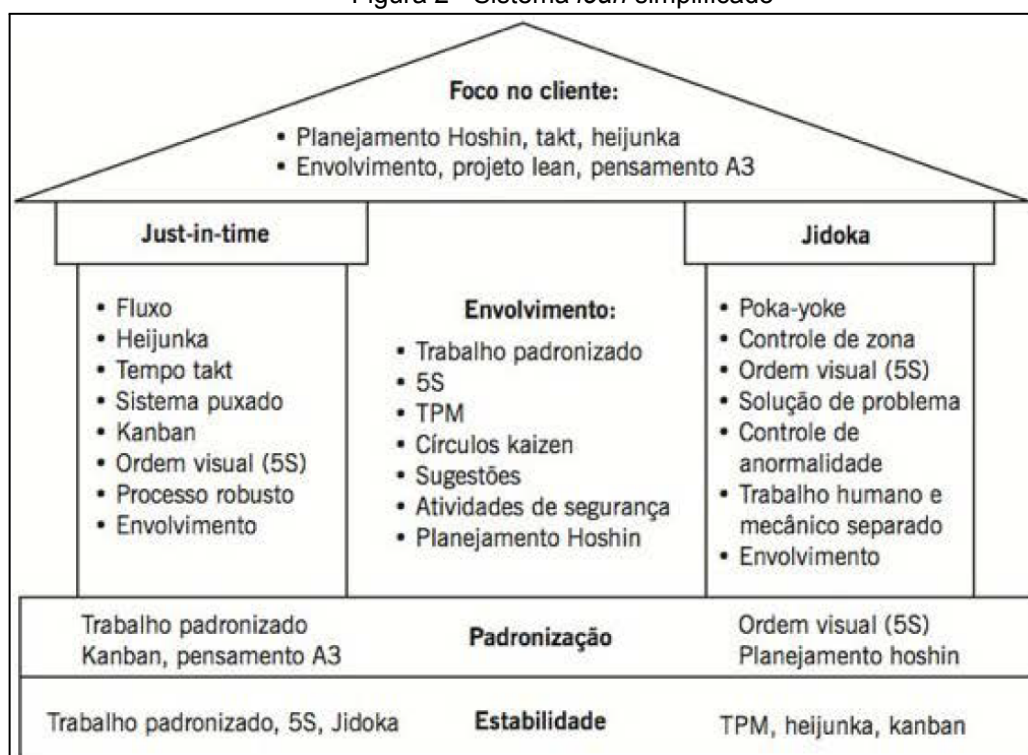
lean) ou sistema Toyota de produção é um meio de tornar as empresas competitivas no mercado corporativo atual.

2.3 Ferramentas lean

Dennis (2008) explica que o sistema de manufatura enxuta é como uma filosofia, uma série de conceitos difíceis de serem aplicados como um todo. O que se tem feito é utilizar ferramentas que são alicerces desse sistema para obter bons resultados, aos poucos otimizar o sistema de produção utilizado e implementar uma mentalidade aos colaboradores.

A tendência é escolher algumas ferramentas para aplicar nos procedimentos produtivos de pouco a pouco. Ferramentas como *kaizen*, 5S, takt time e diagrama de *ishikawa* são a base inicial para a implementação da manufatura enxuta.

Figura 2 - Sistema *lean* simplificado



Fonte: Dennis (2008)

O sistema *lean manufacturing* possui cinco conceitos principais que são explicados através de uma imagem de uma casa, Figura 2, onde possui dois níveis como fundamento, a estabilidade e padronização. A casa possui duas colunas que sustentam o teto, essas colunas são o Just in Time e o Jidoka, em seguida tem o teto onde é representado pelo cliente, o foco principal do sistema de manufatura enxuta. Cada conceito tem suas ferramentas que auxiliam a implementação com sucesso (DENNIS, 2008).

Para Balardim (2019) o sistema de manufatura possui cinco objetivos para implementação total, os objetivos são, redução de custos, melhoria contínua, maior capacidade produtiva, agilidade de produção e melhorias no ambiente de trabalho.

E os princípios fundamentais são: foco no cliente, fluxo contínuo de produção, produção puxada (conforme a demanda de venda) e perfeição, ou seja, fazer bem feito da primeira vez, com meta em zero defeitos (BALARDIM, 2019).

2.3.1 Jidoka

De acordo com a explicação de Dennis (2008), a etimologia da palavra Ji-Do-Ka é separada por três sílabas, que em Japonês quer dizer, automatização do movimento humano. Essa ferramenta foi criada por Sakichi Toyoda em suas máquinas de tear “automatizadas”, possibilitando com que o colaborador pudesse cuidar de um número maior de máquinas.

Mas quem aprimorou e desenvolveu melhor sua aplicação foi o engenheiro Shigeo Shingo, isso possibilitou que as linhas de produção fossem mais automatizadas, necessitando cada vez menos interferência humana. Com a aplicação dessa ferramenta, trouxe a possibilidade de desenvolver seus colaboradores para cuidarem de mais máquinas e inspecionar a qualidade do produto com mais atenção. Reduzindo a quantidade de defeitos e o custo da não qualidade, uma vez que o defeito poderia ser notado antes mesmo de acontecer (DENNIS, 2008).

2.3.2 *Just in Time*

De acordo com Dennis (2008), o sistema de manufatura enxuta é utilizado para padronização de processos, fazendo com que a produção tenha um tempo estabelecido para a entrega do produto final. E isso pode ser representado pelo sistema de produção *Just in Time* (na hora certa).

O *Just in Time* é a ferramenta certa para melhorar um sistema de produção, pois mantém um rápido atendimento dos pedidos dos clientes, dizendo a hora, a quantidade, e o tempo certo de produzir. Traz benefícios de nivelamento da produção e mantém um controle de defeitos para um sistema produtivo com fluxo contínuo (DENNIS, 2008).

Chiavenato (2005) explica que esse sistema de produção oferece benefícios de aumento da produtividade por meio da eliminação dos desperdícios de movimento e deslocamento. E ainda afirma que, produzir no tempo certo, também

se refere a uma diminuição de estoques, estocando apenas o que será consumido, redução do tempo de manufatura, redução na parada de máquinas para configurações ou manutenções, e com tudo isso, uma melhora na qualidade de produção (CHIAVENATO, 2005).

2.4 Kaizen

De acordo com Graeml e Peinado (2007), o *kaizen* é um conceito da filosofia Japonesa que significa melhoria contínua. Trata-se de uma metodologia que busca o aprimoramento contínuo, e que pode ser aplicada tanto no ambiente pessoal quanto profissional. No âmbito profissional busca-se a melhor eficiência, economia e confiabilidade, seja em produtos, processos ou serviços.

Este conceito de melhoria desenvolve uma cultura motivacional entre os colaboradores, fazendo-os aplicar ferramentas como diagrama de *ishikawa*, ciclo PDCA, 5S, entre outras, para um aperfeiçoamento contínuo em todas as atividades da empresa (GRAEML; PEINADO, 2007).

Segundo Imai (2011), o *kaizen* é uma filosofia de vida, que pode ser aplicada no trabalho, em casa e até mesmo nas pessoas. Não é uma fórmula mágica ou uma “receita de bolo”. É visto como um “guarda-chuva”, conforme a Figura 3, onde descreve práticas e ferramentas que auxiliam as empresas a estarem em constante mudança em busca da máxima eficiência.

Figura 3 - *kaizen* na visão de guarda-chuva



Fonte: Imai (2011)

Essas práticas são voltadas para pessoas, ou grupos de pessoas, trazendo por exemplo, um sistema de sugestões, onde todos os colaboradores participam e contribuem com ideias, e seus gestores incentivam-os a se envolver cada vez mais com os processos de melhoria da empresa (IMAI, 2011).

Na visão de Imai (2011), existem diversos tipos de *kaizen*, que podem ser aplicados de inúmeras maneiras e em qualquer situação. Os principais modelos de *kaizen* são os voltados para a administração, para o grupo e orientado para pessoas.

2.4.1 *Kaizen* voltado para administração

Segundo Imai (2011), este pode ser considerado como a principal aplicação do *kaizen*, está localizado nas áreas de estratégia e logística de uma empresa. É responsável por um planejamento de aprendizado e incentivo sobre o programa aos colaboradores, pois tem o objetivo de identificar e eliminar perdas de movimentos e de tempo dos operários nos processos produtivos nos quais estão inseridos. Para isso, é utilizado um grupo de *kaizen*, formado por colaboradores da área administrativa e colaboradores da área produtiva, que buscam melhorar continuamente as situações propostas.

2.4.2 *Kaizen* voltado para o grupo

Para Imai (2011), nesse modelo voltado para o grupo, o *kaizen* é representado por grupos selecionados especificamente para a resolução de melhorias. A principal ferramenta utilizada é o ciclo PDCA, no qual ajudará os grupos a cumprir os objetivos de analisar o desempenho dos processos, identificar melhorias e solucionar problemas.

Esses grupos podem ser montados de acordo com suas diretrizes, criando uma divisão que os diferenciam de acordo com seus objetivos, existem grupos de controle de qualidade, zero defeito, zero movimento, zero desperdício, grupo de sugestão e grupos de segurança (IMAI, 2011).

2.4.3 *Kaizen* orientado para as pessoas

De acordo com Imai (2011), orientação do *kaizen* para pessoas, significa mostrar para a empresa que treinar e incentivar seus colaboradores a proporem melhorias nos devidos processos que executam é a melhor forma de melhorar continuamente seu sistema de produção.

Elaborar maneiras de ouvir os colaboradores, de premiar um colaborador por uma ideia sugerida, ou um *feedback* positivo, podem ser fundamentais para a motivação e autoestima do grupo de colaboradores da empresa. Essa abordagem pode trazer benefícios de produtividade, comprometimento, assiduidade, entre outros (IMAI, 2011).

2.4.4 Ciclo PDCA

Deming (1990), explica que em 1950, apresentou uma nova metodologia de estudo dos processos produtivos de uma empresa, onde visava o planejamento estratégico, experimentos, análises estatísticas e metodologia administrativa para melhorias na qualidade. Seu foco era voltado para a satisfação do cliente, a curto, médio e longo prazo, e foi assim que surgiu a aplicação do ciclo PDCA, que até então era uma teoria do estatístico americano Walter Andrew Shewhart.

Segundo Anjos *et al.* (2012), o ciclo PDCA é um método que auxilia empresas a tomar decisões estratégicas em relação a um processo de melhoria de fabricação e distribuição de um produto. Devido ao gerenciamento contínuo, somado às ferramentas da qualidade aplicadas nas quatro fases do ciclo PDCA, as empresas contemplam o benefício de chegar aos seus objetivos de maneira mais eficaz e com um processo dinâmico.

O ciclo PDCA, para Deming (1990), pode ser considerado uma ótima ferramenta em um sistema de gestão da qualidade, pois possui um método de aplicação em etapas, que produzem resultados positivos, atendendo as expectativas das empresas. Este método é constituído em quatro etapas, sendo elas:

- Plan (Planejamento): É a etapa de planejamento, onde é discutido e analisado o processo a ser melhorado, ou o problema a ser solucionado. Nesta etapa também se define as metas e expectativas a serem alcançadas.
- Do (Execução): Etapa onde o planejamento é colocado em prática, podem ser por meio de testes, simulações ou experimentos. Esta etapa também é uma fase de observação, onde todos envolvidos no processo obtêm análises e dados da execução do plano.
- Check (Verificação): A terceira etapa nada mais é do que a verificação dos dados e análises coletadas na execução do planejamento. Onde é feito comparativos para checar se o novo procedimento atingiu as metas e expectativas anteriormente estabelecidas no planejamento.

- Action (Ação): É a última etapa do ciclo, aqui cabem ajustes no procedimento ou se caso houver, padronizações nos demais setores, ou atualização nos documentos e normas da empresa (DEMING, 1990).

Uma maneira simplificada para visualizar essa ferramenta está na Figura 4, um exemplo visual de Imai (2011) de como se organiza a ferramenta do PDCA.

Imai (2011) também diz que o PDCA é realmente um ciclo contínuo de melhoria, é uma ferramenta usada para criar novos padrões de processo, tornando empresas competitivas no mercado, com foco em superar novos desafios, revisando e substituindo decisões que tragam a melhoria contínua, tornando real a frase “fazer mais com menos”.

Figura 4 - Sistema simplificado do ciclo PDCA



Fonte: Imai (2011) editado (2019)

2.4.5 Ferramenta 5S

Segundo Chiavenato (2005), a ferramenta 5S foi criada no Japão na década de 1950 por Kaoru Ishikawa, e teve origem após a segunda guerra mundial, devido a necessidade do país se reorganizar, pois vivia uma crise de competitividade econômica.

De acordo com Kamers (2022), o 5S é uma ferramenta conhecida por ajudar na organização da empresa e incluir o colaborador no processo organizacional do setor. Porém, a ferramenta não é apenas utilizada para organizar o setor produtivo, mas trata-se de uma cultura, uma ferramenta de gestão para melhorar diversos pontos de uma empresa, não só melhorias de processo, mas também, melhorias comportamentais.

Para voltar a ter uma economia relevante no mercado, então foi onde surgiu os cinco sentidos, Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke. São na prática ferramentas que ajudam a tornar o meio produtivo mais limpo, organizado e com seus materiais bem posicionados, proporcionando um ambiente de trabalho mais produtivo, seguro e motivador (KAMERS, 2022).

Para Chiavenato (2005), a ferramenta 5S é simples, consiste em cinco tarefas que podem ser aplicadas diariamente em uma rotina organizacional, como exemplifica na Figura 5 abaixo.

Figura 5 - Ferramenta 5s



Fonte: Chiavenato (2005) editado (2022)

- **Seiri:** O primeiro senso significa **Utilização**, a ideia é verificar os itens que estão fora de lugar ou que não possuem utilidade, materiais como ferramentas, documentos, informes, etc. Deixar por perto só itens de importância e utilizados no dia a dia.
- **Seiton:** Esse é o senso de **Organização**, a ideia não é apenas manter o posto de trabalho organizado, mas também estimular a criação de lugares específicos para cada parte do processo. Assim, organizando o departamento como um todo.
- **Seiso:** Esse senso significa **Limpeza**, ele é responsável pela higiene no local de trabalho, contribui para segurança, produtividade e até uma melhor qualidade de vida do colaborador.
- **Seiketsu:** O significado é **Padronização**, esse deve ser um dos sentidos mais interessantes e difíceis de implementar, pois é responsável por criar um tipo de cultura dentro do departamento, como um padrão de valores, padrão

de procedimento ou de normas. Geralmente são criados vários planos, regras, ou palestras para conscientização em vários níveis da empresa.

- **Shitsuke**: E por último temos a **Autodisciplina**, isso significa que esse senso é responsável pelo autocontrole das outras etapas do 5S. É importante considerar métodos pedagógicos que ajudem no monitoramento e controle dos processos (CHIAVENATO, 2005).

Em geral, a ferramenta 5S traz o benefício de alta performance do setor produtivo, aliado com a segurança na execução dos procedimentos. Melhorar a organização, limpeza ou padronizar os processos produtivos do departamento ou da empresa faz com que os trabalhadores se sintam mais seguros e mais satisfeitos com o ambiente de trabalho, fazendo com que fiquem proativos, motivados e produtivos, minimizando fatores como acidentes de trabalho ou falhas humanas na execução das atividades diárias (KAMERS, 2022).

2.4.6 Diagrama de Ishikawa

Segundo Macedo (2010), o diagrama de Ishikawa foi criado em 1943 na universidade de Tóquio no Japão, Kaoru Ishikawa foi o idealizador dessa ferramenta, que teve como princípio facilitar a identificação e resolução de problemas encontrados na indústria.

De acordo com Graeml e Peinado (2007), o diagrama de Ishikawa é uma ferramenta de representação gráfica, que ajuda a explorar e identificar possíveis causas de uma determinada situação ou problema específico.

O diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito ou espinha de peixe, geralmente é elaborado através de uma reunião de *brainstorming*, onde os participantes vão ditando algumas causas e motivos para solucionar a situação proposta. Geralmente em manufaturas essas causas estão ligadas diretamente às seis áreas, mão de obra, materiais, medidas, máquinas, métodos e meio ambiente. A Figura 6 exemplifica como é organizado um diagrama de causa e efeito.

Figura 6 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: Campos (2004)

Segundo Campos (2004), este diagrama, também conhecido como “diagrama espinha de peixe”, foi criado para que todos os colaboradores pudessem ser inseridos no processo de melhoria e solução de problemas da empresa.

2.5 Tinta e seus componentes

Segundo Stoye e Freitag (1998), a tinta é um material utilizado em diversas superfícies, pode ser aplicada por diferentes métodos ou equipamentos, a forma mais conhecida da tinta é líquida, mas existem também tintas em pó.

A tinta é um revestimento que tem a finalidade de proteger superfícies de intempéries, corrosão e danos mecânicos, mas além de tudo trazem o benefício do aspecto visual, por terem diversas cores, as tintas podem oferecer um aspecto decorativo, como em automóveis, equipamentos industriais, eletrodomésticos e móveis (STOYE; FREITAG, 1998).

De acordo com Gnecco, Mariano e Fernandes (2003), a aderência das tintas ocorre através de ligações físicas, químicas ou mecânicas. As ligações físicas e químicas ocorrem através da interação das moléculas que existem na tinta e no material da superfície pintada, já a ligação mecânica é obtida através da rugosidade do material, mas ainda sim, associada à ligação física ou química.

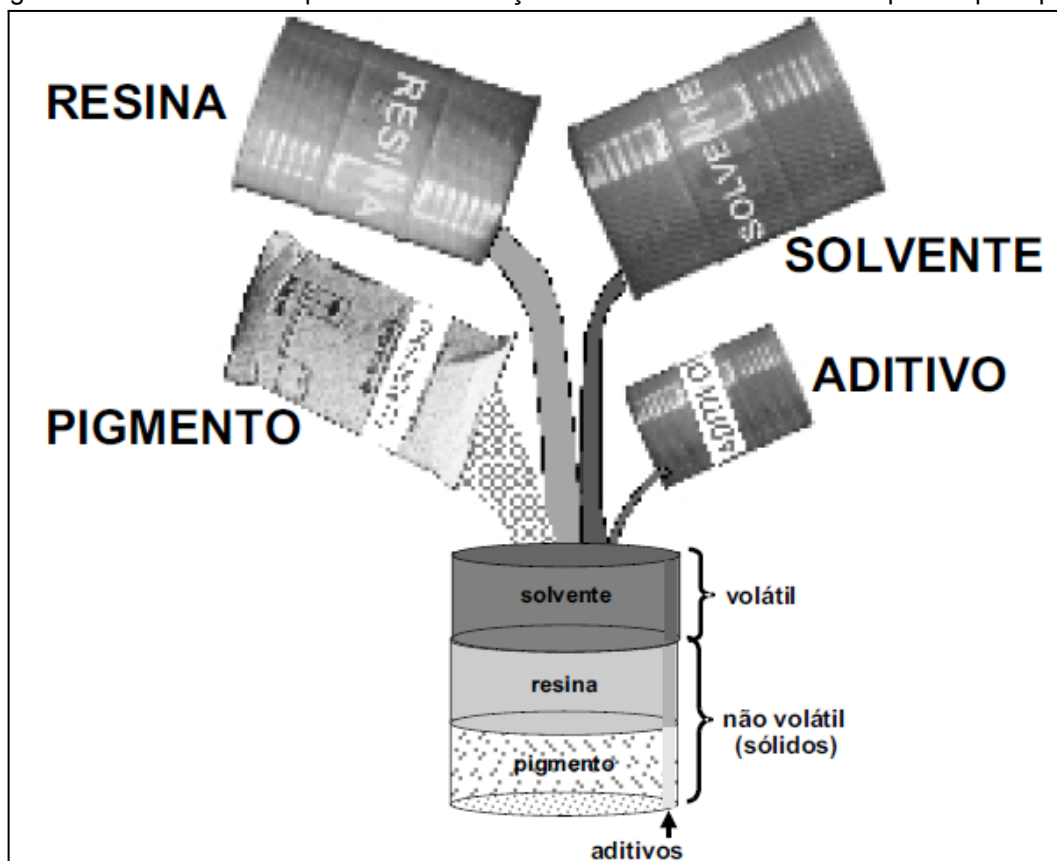
A tinta contém materiais poliméricos, o que torna a pintura um processo de

aplicação de polímeros mais importante. Na tinta é possível encontrar polímeros de poliéster, epóxi, acrílico, poliuretano, entre outros, sendo característica a maneira pela qual se classifica as tintas, impactando na decisão de escolha da tinta para cada ocasião.

As Tintas líquidas são habitualmente utilizadas desde o princípio da utilização de pintura, e com o avanço da indústria, passou-se a criar pigmentações com características cada vez mais peculiares. No que se refere a pintura de superfícies metálicas, a tinta é definida como uma composição líquida que ao contato com a superfície forma uma película aderente, onde seu processo de cura forma um revestimento sólido capaz de proteger essa superfície metálica de intempéries e corrosão (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2003).

Tintas em geral são compostas por diversos materiais, pigmentos, resinas, solventes e aditivos, composição que é definida com base na aplicação do material, nas propriedades desejadas, no material que será aplicado, nos resultados econômicos e ecológicos (STOYE; FREITAG, 1998). A Figura 7 exemplifica a composição das tintas.

Figura 7 - Desenho do esquema da formulação de tinta com suas matérias primas principais



Fonte: Gnecco, Mariano e Fernandes (2003)

Para Stoye e Freitag (1998), cada componente da tinta tem uma função específica. Os aditivos, por mais que sejam usados em pequenas parcelas na composição da tinta, são responsáveis por melhorar o fluxo da tinta, melhora o molhamento e pigmento da superfície a ser pintada e acelera a cura da tinta (secagem).

O aglutinante (agente ligante) é considerado o agente mais importante na composição da tinta, pois determina o método de aplicação, o comportamento de secagem e endurecimento, a aderência à superfície que será pintada, propriedades mecânicas, a resistência ao intemperismo e a agentes químicos (STOYE; FREITAG, 1998).

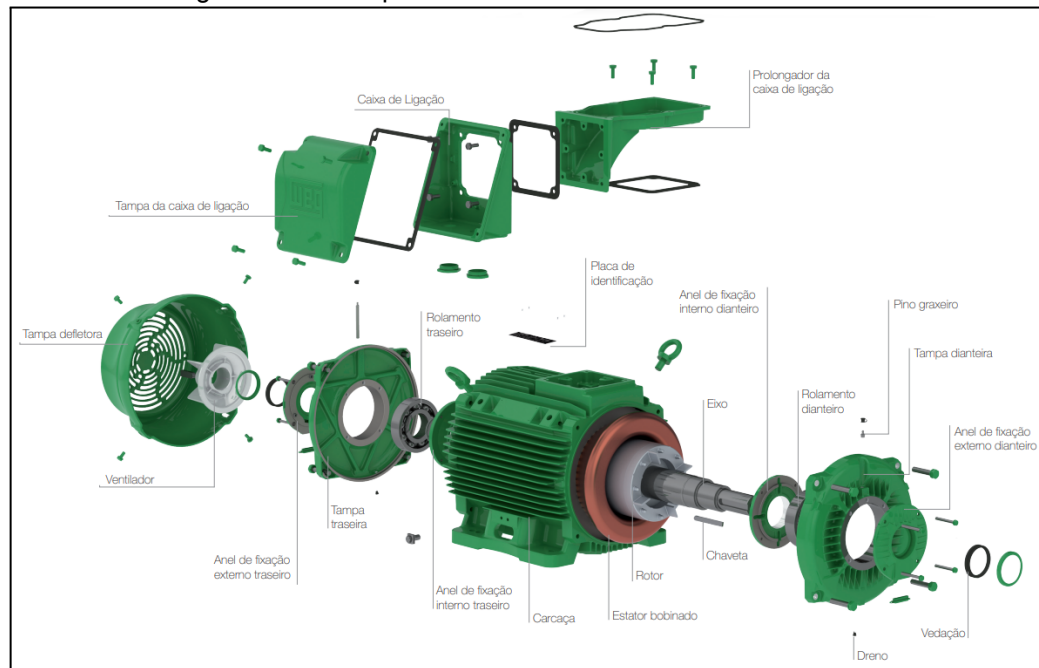
Conforme diz Gnecco, Mariano e Fernandes (2003), o pigmento tem a função de proteção anticorrosiva, dar cor a tinta, impermeabilizar a superfície pintada, opacidade, e pode melhorar as características físicas da película de tinta. Já os solventes têm a tarefa de solubilizar a resina e controlar a viscosidade da tinta.

2.6 Importância da pintura em motores elétricos

Como foi visto anteriormente, tintas no geral servem para proteger a superfície de intempéries e agentes corrosivos. Segundo Weg Tintas Ltda. (2022), motores elétricos são montados com várias peças e variados materiais, tendo o metal como um dos principais. Esses motores por vezes ficam expostos ao tempo, ao clima, água, chuva, produtos químicos e etc, portanto a pintura se faz necessária para que esses motores elétricos tenham sua superfície protegida e segura, a fim de aumentar sua vida útil.

Constituído por diversos componentes, como mostra a Figura 8, o motor elétrico possui componentes como ventilador, bobina, estator, rotor, eixo entre outros, possui uma carcaça de ferro fundido (FoFo), por sua vez a carcaça de FoFo é o componente que fica mais exposto ao meio ambiente, e por isso poderá sofrer danos por intempéries ou corrosão devido à interação química ou eletroquímica do meio ambiente, levando o material a deterioração, desgaste prematuro, oxidação, mudança estrutural e perda das propriedades metálicas (WEG TINTAS LTDA, 2022).

Figura 8 -Vista explodida de um motor elétrico convencional



Fonte: Weg Motores Ltda (2022).

3 METODOLOGIA

Este capítulo descreve os métodos utilizados para pesquisa bem como para realização dos experimentos.

O trabalho foi desenvolvido em uma empresa do ramo metalúrgico, situada em Jaraguá do Sul, Santa Catarina. Sendo uma das maiores do país no seu segmento, é uma empresa que busca além da melhoria contínua, incentivar seus colaboradores a dar ideias de melhorias.

A busca por diminuir seus gastos, desperdícios, e a zero poluição é uma realidade na empresa, e o tema sustentabilidade vem cada dia tomando mais força. Também é uma meta para empresa implementar melhorias nos setores, que visam simplificar os processos, diminuir os custos, ter mais produtividade e etc. Visto estes fatores, o colaborador do setor observou a possibilidade de desenvolver uma melhoria do processo de isolamento de componentes para a pintura de motores elétricos industriais, mostrando na prática como aplicar os conhecimentos adquiridos no curso superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica.

Sendo assim, neste capítulo serão apresentados a metodologia e os materiais utilizados para tornar o experimento possível. Também será abordado como é executado o processo atual de isolamento de componentes para a pintura, e como foi elaborado o novo processo.

Por fim serão mostradas as etapas da coleta dos dados de cada procedimento e ainda, como será feita a análise comparativa entre o método atual e o proposto, juntamente com imagens ilustrativas para melhor entendimento.

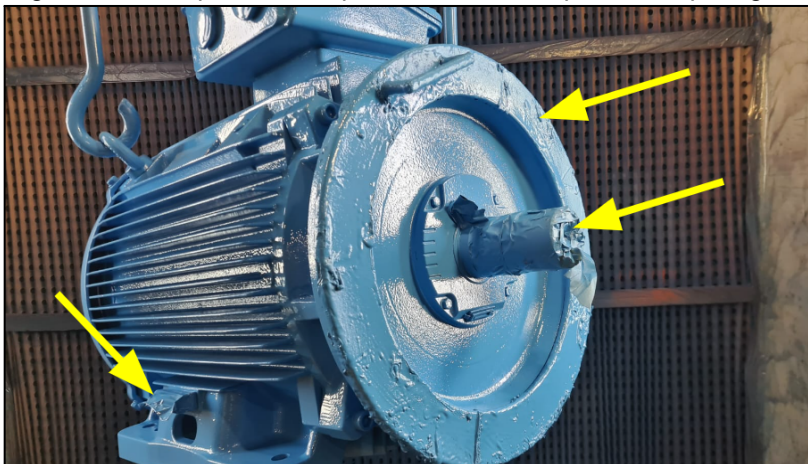
Sendo assim, este trabalho se classifica como um estudo de caso, pois segundo Gil (2008), um estudo de caso apresenta e aborda conhecimentos detalhados de determinadas atividades ou tarefas através da comprovação por investigação ou experimentação de um caso ou situação.

3.1 Procedimento atual de isolamento de componentes

No procedimento atual, os componentes dos motores são isolados com uma fita adesiva protetora ou com uma película de graxa, assim evitando que algumas partes sejam pintadas, assim como o exemplo da Figura 9. Essas partes não pintadas, são componentes do motor que serão acoplados em máquinas ou que possuem uma funcionalidade elétrica, por exemplo um aterramento, portanto se pintadas, podem atrapalhar a funcionalidade e desempenho do motor. Esse

processo ocorre no setor de pintura e embalagem do motor, onde é o final de todas as linhas de produção da fábrica de motores.

Figura 9 - Exemplo dos componentes isolados por fita crepe e graxa



Fonte: Do Autor (2023)

Devido ao grande consumo de fitas adesivas nesse procedimento, este trabalho de pesquisa focou somente no processo de isolamento do componente de aterramento, pois dentre os componentes é o único presente em todos os motores e por vezes contendo mais de uma unidade em cada motor. Por isso foi feita uma melhoria para este componente em específico e nos resultados finais será apresentado um valor percentual para ter como base em outros componentes do motor elétrico.

Na Figura 10 pode-se ver quatro sequências de imagens que exemplificam como é feito de forma manual e com fita crepe o isolamento do componente de aterramento do motor, onde o colaborador que pinta os motores é responsável pelo isolamento do componente com a fita crepe.

Figura 10 - Exemplo de isolamento dos componentes para a pintura



Fonte: Do Autor (2023)

Após o componente ser isolado, o motor vai para a cabine de pintura, e em seguida é retirada a fita que protegia o componente de aterramento, descartando-a na lixeira específica para materiais sólidos descartados, e assim segue rumo a outras etapas do descarte do material, até chegar ao aterro sanitário. A Figura 11 mostra as etapas descritas neste parágrafo.

Figura 11 - Exemplo das etapas no processo de pintura



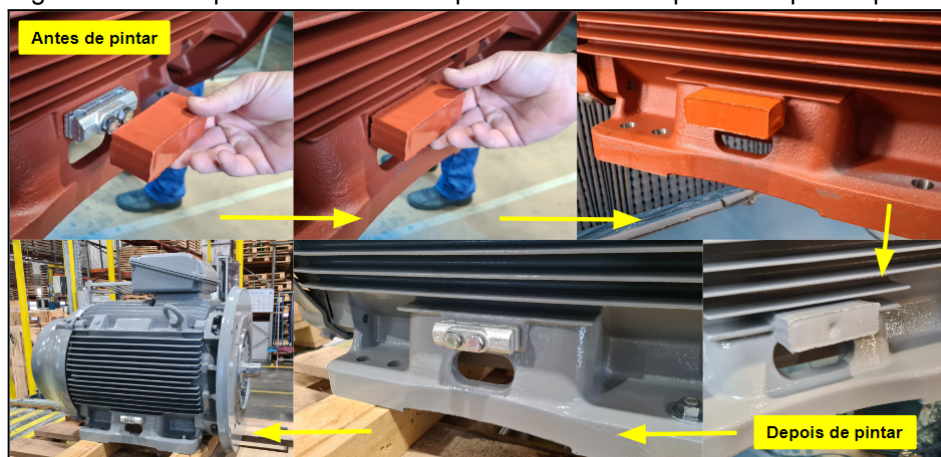
Fonte: Do Autor (2023)

O motor recebe uma inspeção visual para ver a qualidade da pintura e em seguida é embalado.

3.2 Método proposto para isolamento de componentes

Neste novo método, foi fabricado um dispositivo de silicone que servirá como uma capa isolante do componente de aterramento, onde apenas o dispositivo de silicone será suficiente para a proteção do componente, tirando a necessidade de utilização de fitas e o descarte do material no lixo. A Figura 12 ilustra como é o novo método de isolamento dos componentes para a pintura.

Figura 12 - Exemplo do novo método para isolar os componentes para a pintura



Fonte: Do Autor (2023)

3.3 Construção do dispositivo

O dispositivo foi elaborado mediante ideias do autor deste trabalho, que é também colaborador da empresa, por meio de constantes observações foi possível perceber que o silicone é um material maleável, e não possui aderência a tinta.

Sendo assim, por meio de pesquisas e observações realizadas durante o desenvolvimento deste trabalho, foi elaborado pelo autor um projeto do molde do dispositivo utilizando o *software SolidWorks*, o que permitiu uma melhor visualização sobre o desenvolvimento deste dispositivo.

A fabricação do dispositivo de silicone, aconteceu em quatro etapas: 1) Construção do molde; 2) fundição do silicone (líquido); 3) cura e 4) desmoldagem. A Figura 13 ilustra as etapas descritas neste parágrafo.

Figura 13 - Exemplo das etapas no processo de fabricação do dispositivo



Fonte: Do Autor (2023)

3.3.1 Silicone

Segundo Redelease (2023), o BS Adesivo Rígido é uma borracha de silicone vermelho óxido. A borracha de silicone vermelho super rígida é um produto de bicomponentes, sendo eles a borracha líquida e o catalisador, com boa resistência térmica e propriedades dielétricas, a borracha de silicone é muito utilizada na confecção de molde para fundição de metais (Chumbo, Estanho, Zamak e etc.) podendo ter uma resistência térmica de até 360 °C.

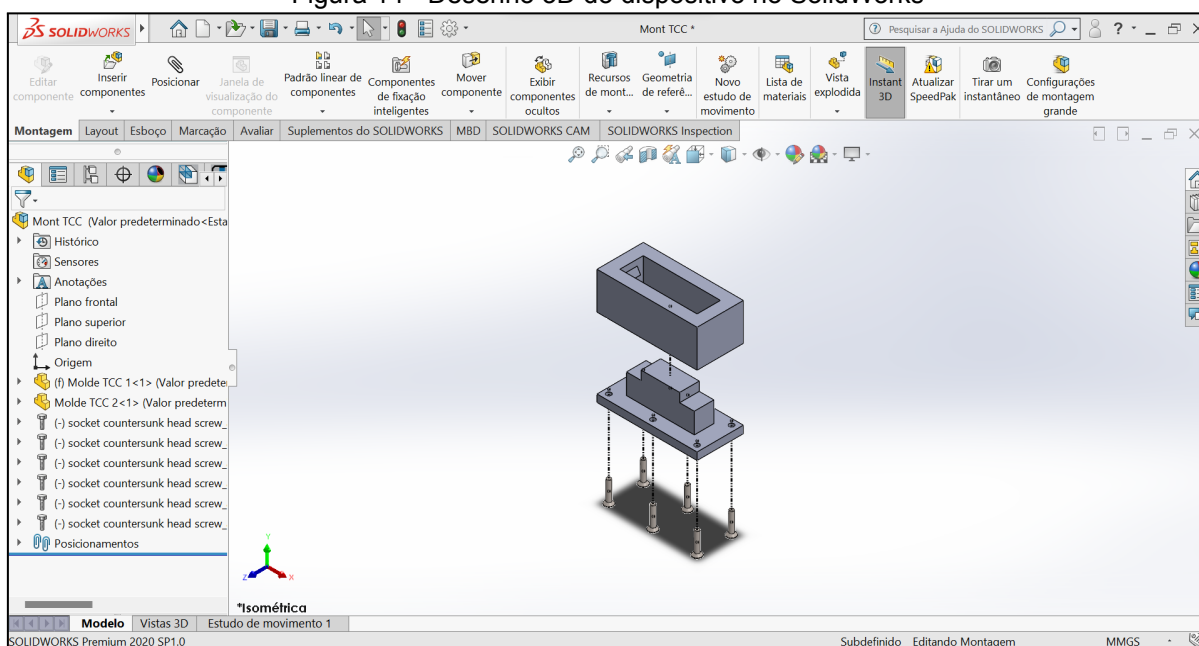
Suas propriedades fazem desse material uma solução para evitar o descarte de fita no processo de pintura de motores elétricos, pois além da tinta não aderir ao

material, Redelease (2023) afirma que a borracha de silicone tem dureza de 45 a 55 *shore*, resistência à tração de 2 a 3 N/m, alongamento de ruptura de 80% à 100% e resistência ao rasgo de 4,8 à 5,3 N/mm. A borracha de silicone também traz o benefício de não precisar ser descartada, uma vez que pode-se adicionar a peça que está danificada a uma nova fabricação do dispositivo. Para isso, basta apenas cortar a borracha de silicone em pequenos pedaços e adicionar um pouco mais de borracha de silicone líquida nova, para que elas se reorganizem e se transformem em uma só novamente.

3.3.2 Molde

O molde foi desenhado primeiramente em um croqui onde foram obtidas todas as principais medidas para projetar o dispositivo. Em seguida, foi utilizado o *SolidWorks*, ferramenta computacional (*software*) utilizada para desenhos de peças e componentes em 3D. Esta ferramenta ajuda a visualizar melhor o projeto final da peça, e corrigir detalhes, para que o modelo ficasse o mais assertivo possível em relação ao tamanho e medidas de encaixe. Na Figura 14 pode-se ver um exemplo do modelo desenhado em 3D no *SolidWorks* e para mais detalhes confira no Apêndice A os detalhamentos do molde em desenho.

Figura 14 - Desenho 3D do dispositivo no SolidWorks



Fonte: Do Autor (2023)

Por fim, foi utilizado uma fresadora convencional da marca Diplomat que está instalada no laboratório de usinagem do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), em Jaraguá do Sul, para usinar o molde em resina. O material do molde é em resina pelo custo-benefício que ele oferece, além de ser um material fácil de usar, é resistente mecanicamente e tem um custo inferior ao metal ou madeira. Na Figura 15 é apresentado o molde do dispositivo.

Figura 15 - Fotografia do molde do dispositivo usinado em resina



Fonte: Do Autor (2023)

3.4 Kaizen

Como explicado anteriormente, a empresa metalúrgica sediada em Jaraguá do Sul, é uma grande incentivadora da melhoria contínua, da busca por redução de custos, descartes, defeitos e esforços. Por isso, utiliza o *Kaizen* como uma forma de incentivar seus colaboradores a buscarem melhorias no seu posto de trabalho ou na área em que atuam. Atualmente disponibiliza um sistema de cadastro de *kaizens*.

O autor deste trabalho e colaborador da empresa trabalha inspecionando e testando motores. No sentido de fazer uma ligação entre os conhecimentos adquiridos no curso superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica e as necessidades no ambiente industrial, teve-se a ideia de utilizar uma “capa protetora” de silicone para proteger componentes metálicos da pintura, pois observa-se que o descarte de resíduos sólidos poderia ser evitado ou até mesmo extinto.

Assim, como trabalho de pesquisa optou-se em fazer um trabalho de *Kaizen* para melhorar este procedimento, buscando dados e análises, para verificar e comprovar que esta mudança trará resultados positivos para a empresa, não

somente em custos, mas também para a política de sustentabilidade.

A aplicação do *kaizen* foi feita através da própria linha de produção onde o colaborador atua, tendo em vista a possibilidade de acompanhar o novo procedimento e coletar os dados para a análise, e assim replicar o procedimento para as demais linhas.

Atualmente, a empresa disponibiliza um sistema de cadastro de ideias intuitivo, onde o próprio colaborador pode cadastrar ideias, que podem ser acompanhadas e aprovadas pelo seu gestor. O setor de produção conta com duas fábricas que utilizam fita para isolar componentes, sendo quatro linhas de montagem, com capacidade de produção de 360 motores, e média de produção de 280 motores diariamente dividido entre dois turnos.

O dispositivo para isolamento do componente de aterramento, entregou uma base percentual de custo, tempo e quantidade de material descartado. Isso ajudou a ter uma base teórica do impacto causado se aplicassem o mesmo método para outros componentes (graxeiras, parafusos, eixos, flanges e etc).

3.5 Coleta de Dados e Cálculos

3.5.1 Coleta de dados

Para coleta de dados foram utilizados diversos equipamentos, para cada contexto, sendo que em algumas situações não foram encontrados equipamentos específicos para medição ou coleta, devido a não acessibilidade ou indisponibilidade no momento em questão.

A seguir é apresentada a relação de equipamentos e materiais utilizados e a descrição de como estes foram utilizados na fase de coleta de dados.

- Cronômetro: Utilizado para a coleta do *Takt-Time*, ou seja, para cronometrar os tempos de cada procedimento de isolamento do componente de aterramento do motor elétrico.

Figura 16 - Fotografia do Cronômetro



Fonte: Do Autor (2023)

- Balança Alfa Instrumentos: Com indicador de passagem de 3104C e capacidade de até 120 Kg, a balança da alfa instrumentos foi utilizada para coletar o peso do balde, tanto ele vazio, quanto com ele cheio de fita retirada do componente de aterramento após a pintura do motor elétrico.

Figura 17 - Imagem ilustrativa da Balança Alfa instrumentos



Fonte: Alfa Instrumentos (2021)

- Trena: Esse item foi utilizado para medir o comprimento (centímetros ou metros) de fita que é utilizada para cobrir o componente de aterramento do motor elétrico no processo de isolamento para pintura.
- Balde: Foi utilizado como padrão um balde plástico para quantificar o volume de fita em relação a quantidade de motores que preencheram este volume, também foi utilizado para quantificar o peso (gramas ou quilogramas) de fita crepe que é descartada do processo.

As demais informações, como capacidade de produção diária, média de produção diária, quantidade de linhas, turnos e etc, foram informações coletadas da própria empresa metalúrgica, que no caso, exerce o direito de sigilo e a não obrigação de apresentar referências em relação aos dados fornecidos.

3.5.2 Cálculos de Quantidades

Para fazer os cálculos de quantidade de material utilizado e descartado, tempo, custo de fabricação e de descarte, foram utilizadas fórmulas matemáticas, pesquisa de custo pelo fornecedor e acompanhamento do experimento na prática, cronometrando o procedimento ou medindo os comprimentos e pesos de ambos os materiais.

A seguir é apresentada em tópicos, a descrição detalhada de cada método utilizado para calcular, medir e obter os dados necessários para o experimento.

Para quantificar o comprimento de fita utilizado para isolar cada componente de aterramento, foi necessário fazer o procedimento e desfazê-lo, assim, se obteve um comprimento médio de fita que é utilizado para o isolamento deste componente. Logo em seguida, foi possível calcular quantos metros de fita são utilizados por dia, por semana, por mês, por um ano e por cinco anos. A dedução da fórmula deste cálculo se resulta no exemplo da Figura 18.

Figura 18 - Dedução do cálculo para quantidade de fita crepe

<p>Quantidade total de fita (QTF)</p> $QTF = Cf \cdot Qm \cdot T$ <p><i>Cf</i>: Comprimento de fita por motor <i>Qm</i>: Quantidade de motores por dia <i>T</i>: Tempo em dias durante o período avaliado</p>

Fonte: Do Autor (2023)

Na obtenção da quantidade de material descartado foi utilizado um balde preenchido com os dois materiais separadamente, onde primeiramente foi pesado o balde vazio e depois o balde cheio de material descartado, assim obtendo o

resultado através da diferença entre os dois pesos, confira na Figura 19 que está abaixo.

Figura 19 - Dedução do cálculo para obtenção da quantidade de fita descartada

<p>Quantidade total de fita descartada (QTD)</p> $QTD = (Bv - Bc) . Qb . T$ <p><i>Bv</i>: Balde vazio (Kg) <i>Bc</i>: Balde cheio (Kg) <i>Qb</i>: Quantidade de baldes por dia <i>T</i>: Tempo em dias durante o período avaliado</p>

Fonte: Do Autor (2023)

Esses foram os cálculos, métodos e materiais utilizados neste trabalho, todos os dados apresentados foram buscados internamente e externamente da empresa, buscando ser o mais realista e condizente com as condições que serão encontradas no experimento dentro do chão de fábrica.

No Capítulo 4 são apresentadas as análises e discussões dos resultados obtidos no trabalho.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos foram positivos. Foi possível notar que o dispositivo de silicone torna o processo mais barato financeiramente se comparado com a utilização de fita. Apesar do método atual ser mais simples, pelo fato de apenas enrolar a fita no componente de aterramento, ao invés de elaborar um dispositivo e fabricá-lo em silicone, o custo da utilização de fita e o desperdício do material, fazem com que o novo método feito com o dispositivo de silicone, seja mais eficaz.

Além do custo ser inferior, por ser de silicone o dispositivo pode ser reutilizado, pois a tinta não adere ao material e o desperdício de resíduos sólidos é menor, o procedimento de isolamento do componente de aterramento é ágil e rápido. Quando testado, os pintores bem como gestores da fábrica aprovaram a ideia dando inclusive algumas dicas de melhoria no projeto e funcionalidade do dispositivo.

O material de silicone é bom e funciona perfeitamente, mas após alguns dias de teste o dispositivo começou a ficar quebradiço, o que aponta para a necessidade de um silicone mais resistente.

A seguir são apresentados os resultados do experimento.

4.1 Tempo dos processos

O tempo utilizado para executar cada procedimento foi obtido por meio da cronometragem dos dois procedimentos, onde o tempo para executar o isolamento do componente de aterramento com fita crepe resultou em 12,58 segundos e o tempo para isolar o mesmo componente com o dispositivo de silicone foi de 3,35 segundos, dando uma diferença de 9,23 segundos entre os dois métodos. Se considerar a capacidade máxima diária e a média diária de produção, respectivamente de 280 a 360 motores, haverá então uma economia de tempo entre 43 e 56 minutos por dia.

4.2 Quantidade de material

4.2.1 Método atual

No método atual é utilizado aproximadamente 100 metros de fita crepe todos os dias, sendo estimado portanto a utilização aproximada de 104 mil a 133 mil metros de fita crepe a cada cinco anos. O quadro 1 detalha melhor a quantidade de

fita crepe utilizada.

Quadro 1 - Dados da quantidade de fita comprada

QUANTIDADE DE FITA CREPE UTILIZADA						
Condição/Motores (m)	Quant.	1 dia (m)	1 sem. (m)	1 mês (m)	1 ano (m)	5 anos (m)
CAPACIDADE MÁXIMA / 360 motores	0,31 m	112	558	2.232	26.784	133.920
MÉDIA DE PRODUÇÃO / 280 motores	0,31 m	87	434	1.736	20.832	104.160

Fonte: Do Autor (2023)

4.2.2 Método Novo

Para a implementação do novo método, foi adquirido 1kg de material de silicone, com isso o material foi suficiente para fabricar 10 dispositivos. Foi estimado que a fábrica necessitará de aproximadamente 20 dispositivos por linha, e foi calculado uma margem próxima de 50% a mais, para casos de mal uso ou extravio do material. O quadro 2 mostra a quantidade estimada de material a ser utilizado ao longo dos 5 anos.

Quadro 2 - Cálculo da quantidade de silicone

QUANTIDADE DE SILICONE			
Condição / Motores	Quant.	1 ano (Kg)	5 anos (Kg)
CAPACIDADE MÁXIMA / 360 motores	100	33	120
MÉDIA DIÁRIA DE PRODUÇÃO / 280 motores	100	33	93

Fonte: Do Autor (2023)

4.3 Quantidade de Resíduo sólido descartado

4.2.1 Método atual

Conforme explicado anteriormente, para a obtenção da quantidade de material descartado, foi utilizado um balde com peso de 0,22 kg como mostra a Figura 20. Esse balde foi preenchido de fita até a superfície. Foi contabilizada a quantidade necessária de motores produzidos de modo a preencher o balde.

Figura 20 - Medição do balde



Fonte: Do Autor (2023)

Em seguida foi verificado novamente o peso com o balde preenchido de fita e obtido o valor de 0,60 kg, como pode ser observado na Figura 21, que diminuindo pelo peso do balde, obtemos 0,38 kg de fita crepe descartada a cada 67 motores produzidos. O quadro 3 expressa detalhadamente o cálculo de material descartado.

Figura 21 - Medição do material descartado.



Fonte: Do Autor (2023)

Quadro 3 - Cálculo da quantidade de material descartado em quilogramas

QUANTIDADE DE FITA CREPE DESCARTADA NA FÁBRICA							
Condição / Motores	Baldes p/ dia	Quant.	1 dia (Kg)	1 sem. (Kg)	1 mês (Kg)	1 ano (Kg)	5 anos (Kg)
CAPACIDADE MÁXIMA / 360 motores	1 Balde = 67 mot. $360/67 = 5,37$ Baldes	0,38 Kg por Balde	2,04	10,21	40,84	490,03	2.450,15
MÉDIA DIÁRIA DE PRODUÇÃO / 280 motores	1 Balde = 67 mot. $280/67 = 4,18$ Baldes	0,38 Kg por Balde	1,59	7,94	31,76	381,13	1.905,64

Fonte: Do Autor (2023)

4.2.2 Método Novo

Como proposto no trabalho, o novo método tem o objetivo de diminuir o descarte de resíduos sólidos, assim descartando apenas o resíduo de tinta e não o material usado para isolar o componente de aterramento. Portanto, nos resultados, obteve-se uma redução aproximada de 54% no descarte de resíduo sólido, e ainda a substituição da fita crepe pelo dispositivo de silicone que pode ser reutilizado constantemente.

Para a obtenção da quantidade de material descartado, foi utilizado um copo plástico que foi preenchido de resíduo de tinta que é descartado cada vez que é pintado um motor. Logo após foi pesado e obteve o valor de 2,6 g ou 0,0026 kg. A Figura 22 exemplifica a pesagem da amostra e o quadro 4 expressa detalhadamente o cálculo de material descartado.

Figura 22 - Medição do material descartado



Fonte: Do Autor (2023)

Quadro 4 - Cálculo da quantidade de material descartado em quilogramas

QUANTIDADE DE FITA CREPE DESCARTADA NA FÁBRICA						
Condição / Motores	Quant.	1 dia (Kg)	1 sem. (Kg)	1 mês (Kg)	1 ano (Kg)	5 anos (Kg)
CAPACIDADE MÁXIMA / 360 mot.	2,6 g por motor	0,94	4,68	18,72	224,64	1.123,20
MÉDIA DIÁRIA DE PRODUÇÃO / 280 mot.	2,6 g por motor	0,73	3,64	14,56	174,72	873,60

Fonte: Do Autor (2023)

4.2.3 Comparação dos métodos

Na comparação dos dois métodos para isolamento do componente de aterramento, pode-se observar alguns detalhes diferentes entre os dois. Primeiramente, a Figura 23 mostra uma redução no volume de material a ser descartado.

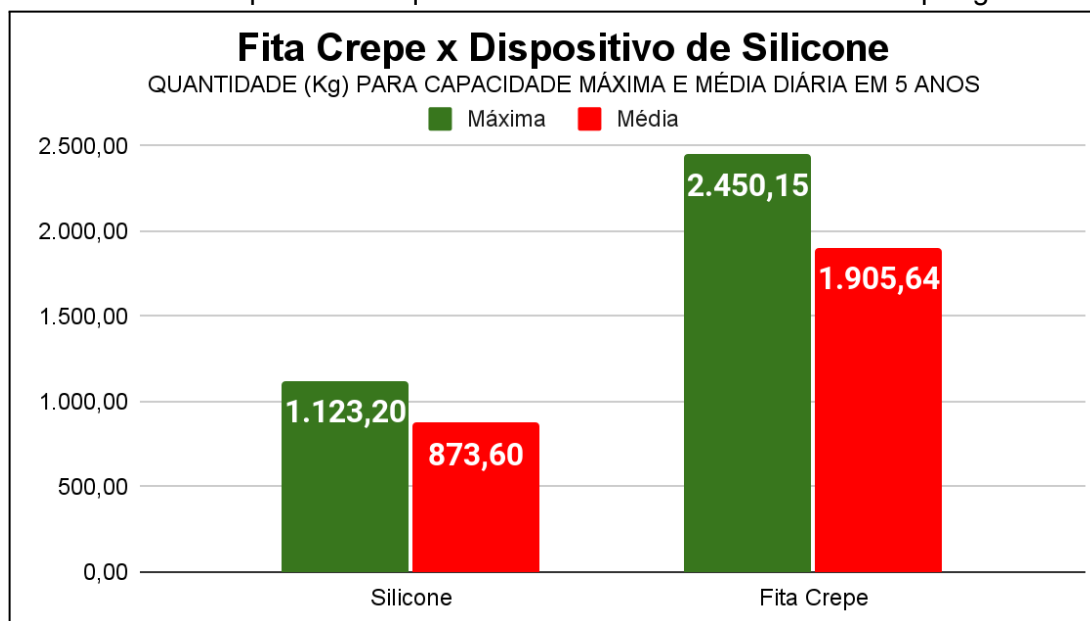
Figura 23 - Comparação de material descartado.



Fonte: Do Autor (2023)

Em relação a quantidade de material descartado quando comparamos com a unidade de medida em peso também é possível notar diferença, o método com o dispositivo reduz o peso de material descartado, isso é uma vantagem quando consideramos que o custo de descarte de materiais em aterros industriais é dado pelo peso do material a ser descartado. O gráfico 1, é um comparativo entre os dois métodos.

Gráfico 1 - Comparativo da quantidade de material descartado em quilogramas



Fonte: Do Autor (2023)

4.4 Custos dos métodos

Devido a variabilidade de valores de materiais em diferentes regiões do país, e a variação da moeda em relação à inflação, o custo da utilização de fita crepe ou a fabricação dos dispositivos de silicone, torna-se difícil calcular um valor exato do quanto custa cada método de isolamento.


Considerando os valores atuais, estima-se que o novo método de isolamento de componentes por meio do dispositivo de silicone, tem uma redução em termos percentuais de 54% aproximadamente, em relação ao método utilizado atualmente.

4.5 Kaizen

Como citado no capítulo anterior, a empresa disponibiliza um sistema intuitivo em que o colaborador consegue cadastrar suas ideias, e assim seu gestor acompanha a execução e aprova o *Kaizen*. Uma das etapas finais o colaborador elabora um relatório com informações de ganho para a empresa, área impactada, imagem e explicação do antes e depois e qual o intuito da melhoria, ou seja, se o *Kaizen* vai melhorar a produtividade, custo, organização, segurança e etc.

Conforme a Figura 24 do modelo de relatório usado na empresa, este documento foi gerado pelo colaborador do *Kaizen* deste trabalho, mostrando a melhoria, o antes e depois, a área impactada, e qual o intuito desta melhoria.

Figura 24 - Exemplo de Relatório de aprovação do *Kaizen*

Relatório de melhoria - Quick Kaizen			
Área responsável		Área impactada	Equipe
Unidade:		Unidade:	Coordenador:
Depto:		Depto:	Membros:
Seção:		Seção:	Gestor:
Título: Dispositivo para isolamento do aterramento para a pintura.		Implantado em:	
Situação antes da melhoria (Kaizen)		Descrição da melhoria (Kaizen)	
Anteriormente o pintor isolava o componente com fita crepe, e depois descartava o material.		Agora utiliza-se um dispositivo de silicone para isolar o componente de aterramento.	
			
Investimentos	Categoria	Resultados (ganhos obtidos)	Padronização
R\$ 0,00	<input type="radio"/> Qualidade	Obteve-se uma melhora no tempo de preparação das peças, com uma redução de 9 segundos por motor. Redução do consumo de fita crepe, redução de aproximadamente 70% do custo com o material para isolamento do componente de aterramento, e redução do volume de resíduos sólidos descartados.	Há criação/alteração de norma? <input type="radio"/> Não <input type="radio"/> Sim
Ganho real	<input type="radio"/> Custo (produtividade)		Há criação/alteração em TLT? <input type="radio"/> Não <input type="radio"/> Sim
R\$ 0,00	<input type="radio"/> Atendimento		Há criação/alteração em sistema? <input type="radio"/> Não <input type="radio"/> Sim
Ganho potencial	<input type="radio"/> Moral		Há criação/alteração em outro aspecto? <input type="radio"/> Não <input type="radio"/> Sim
R\$ 0,00	<input type="radio"/> Segurança (saúde e ergonomia)		

Fonte: Do Autor (2023)

No âmbito da empresa em que foi realizada esta pesquisa, este documento foi analisado pelos gestores sendo a melhoria aprovada, assim, dando continuidade a aplicação em toda a seção, sendo esta implementação em norma e treinamento aos colaboradores ao entorno deste procedimento. Também será analisada a possibilidade de incluir a melhoria para os demais componentes que precisam ser isolados da pintura, como, eixo, flange e graxeiros.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que este trabalho atingiu o objetivo geral de “por meio do *kaizen*, elaborar e aplicar um novo procedimento que aumente a produtividade e reduza o descarte de resíduos sólidos no isolamento de componentes de um motor elétrico”.

Durante a elaboração do dispositivo, foram necessárias alterações no projeto do molde, para facilitar a desmoldagem, e também a medida interna do molde, para melhorar o encaixe com o componente de aterramento.

Os testes foram acompanhados com os pintores, técnicos e gestores da área impactada, e ambos aprovaram o trabalho. Algumas melhorias foram pontuadas quanto ao projeto e funcionalidade, que em questão, serão passadas ao fornecedor responsável pela fabricação do dispositivo, mas em geral, todos concordaram que ele cumpre com o objetivo, e melhora o processo de isolamento do componente de aterramento.

Com o dispositivo de silicone obteve-se uma melhora no tempo de preparação das peças, com uma redução de 9 segundos por motor, chegando a economizar quase uma hora por dia. Obteve-se também redução no consumo de fita crepe, uma vez que para o componente de aterramento não é mais necessário o uso de fita.

Foi reduzido também aproximadamente 54% do custo com o material para isolamento do componente de aterramento, e também uma redução de aproximadamente 54% no descarte de resíduos sólidos do procedimento.

Com esse estudo é notado que outras melhorias podem ser feitas nesse processo de isolamento de componentes para pintura, pois além do aterramento, um motor elétrico tem flange, eixo, graxeira e outros componentes que não podem ser pintados e precisam de um procedimento de isolamento da pintura.

Por último, todo conceito e literatura já vista, que é posta em prática tem suas variações, devido ao contexto e a particularidade da devida situação, e isso faz com que se crie uma adaptação ao modelo. Portanto os resultados podem não apresentar exatidão, e podem ter variações em trabalhos futuros, pois como dito no início, este é um trabalho de caráter exploratório.

REFERÊNCIAS

ALFA INSTRUMENTOS (São Paulo). **Balança - Bancada Mod. B**. 2021. Disponível em: <https://www.alfainstrumentos.com.br/produto/balanca-de-bancada/>. Acesso em: 24 ago. 2023.

ANJOS, Marcelo Carvalho dos *et al.* O uso do método PDCA e de ferramentas da qualidade na gestão da agroindústria no Estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 15, p. 75-83, jan. 2012. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1295/1017>. Acesso em: 06 jun. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos - Classificação. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2004. 71 p. Disponível em: <https://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001**: Sistema de Gestão Ambiental - Requisitos com orientações para uso. 3 ed. Brasil: Abnt, 2015. 53 p. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/slr/cel/N3127.pdf>. Acesso em: 25 maio 2023.

BALARDIM, Eduardo. **Lean Manufacturing**: O que é, Objetivos e Princípios. 2019. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/lean-manufacturing/>. Acesso em: 31 maio 2023.

BRASIL. Constituição (1998). Lei nº 12305, de 02 de agosto de 2010. Dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Brasília, DF, 2010. Legislação Federal. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 10 de maio de 2023.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC - Controle da Qualidade Total**: no estilo japonês. 8. ed. Nova Lima: Indg TecS, 2004. 269 p.

CHIAVENATO, Idalberto. **Administração de Materias**: uma abordagem introdutória. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2005. 166 pgs.

DEMING, William Edwards. **Qualidade**: a revolução da administração. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990. 367 p.

DENNIS, Pascal. **Produção Lean Simplificada**: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 220 p. Disponível em: <https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9nicas-de-pesquisa-social.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2023.

GNECCO, Celso; MARIANO, Roberto; FERNANDES, Fernando. **Tratamento de Superfície e Pintura**. Rio de Janeiro: Ibs/Sbca, 2003. 96 p. Disponível em:

http://mkestruturasmetalicas.com.br/mk-manuais/Manual_Tratamento_Superficie_Pin_tura.pdf. Acesso em: 01 ago. 2023.

GRAEML, Alexandre Reis; PEINADO, Jurandir. **Administração da Produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: Unicenp, 2007. Disponível em: <http://www.paulorodrigues.pro.br/arquivos/livro2folhas.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2023.

IMAI, Masaaki. **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo**. 7. ed. São Paulo: Imam, 2011. 236 p.

KAMERS, Douglas. **Técnica 5S na empresa: o que é, os benefícios e a implantação**. 2022. Disponível em: https://cmb.ind.br/blog/tecnica-5s-na-empresa-o-que-e-os-beneficios-e-a-implantacao/?gad=1&gclid=CjwKCAjwge2iBhBBEiwAfXDBR6UY8EBJ_3s3PI2OOZC6J_GLwJKROs6Jvd4vRQxpP5NBrDImGvyxRRoCjnYQAvD_BwE. Acesso em: 13 jun. 2023.

MACEDO, Lilian Cristina. PROPOSTA DE ADAPTAÇÃO DO DIAGRAMA DE CAUSAS E EFEITOS COMO FERRAMENTA DE ENSINO EM SAÚDE AMBIENTAL PARA O CURSO DE ENFERMAGEM. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**: FEAMA, Ariqueme, v. 1, n. 1, p. 94-101, 11 out. 2010. Disponível em: <https://revista.faema.edu.br/index.php/Revista-FAEMA/article/view/14>. Acesso em: 15 jun. 2023.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. Casa ONU Brasil - Complexo Sergio Vieira de Mello (org.). **A ONU e o Meio Ambiente**. 2020. Setor de Embaixadas Norte. Brasília. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91223-onu-e-o-meio-ambiente> Acesso em: 10 maio 2023.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. (org.). **O que são os ODS?** Disponível em: <https://www.undp.org/pt/brazil/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 25 maio 2023.

REDELELEASE (Sorocaba). **Borracha de Silicone**. São Paulo: Redelease, 2023. 18 p. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1_ohA9jggFfSYqK1S9iqUEMalb56Bcgoa/view. Acesso em: 16 ago. 2023.

SHINGO, Shingeo. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996. 284 p.

STOYE, Dieter; FREITAG, Werner. **Paints, Coatings and Solvents**. 2. ed. Weinheim: Wiley-Vch, 1998. 30 p. Disponível em: <https://download.e-bookshelf.de/download/0000/6030/84/L-G-0000603084-0002364830.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2023.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manufatura enxuta como estratégia de produção: a chave para a produtividade industrial**. São Paulo: Atlas, 2015.

WEG TINTAS LTDA. (Santa Catarina). **Treinamento de pintura industrial com tintas líquidas**. 6. ed. Jaraguá do Sul: Weg Tintas Ltda, 2022. 122 p. Disponível em: https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h7c/h96/Apostila-DT-12-Tinta-l-quida_2018.pdf. Acesso em: 01 ago. 2023

APÊNDICE A – Detalhamento do molde do dispositivo de silicone.

