

**PRODUÇÃO TÉCNICA E TECNOLÓGICA – PTT****TEMA: USO DA FERRAMENTA DMAIC: ALTO ÍNDICE DE FALHAS NO PROCESSO DE PARAFUSAMENTO DE *HEAT SINK***

<b>Nome do discente</b>	<b>Juan Gabriel de Albuquerque Ramos</b>
<b>Orientador</b>	<b>Jandecy Cabral Leite</b>
<b>Data de ingresso:</b> 23/03/2020	<b>Natureza da produção: Ferramenta DMAIC</b>
<b>Data de conclusão:</b> 14/12/2022	<b>Financiamento, se houver:</b> Não se aplica

**1 - Apresentação do Produto ou Serviço, incluindo justificativa, relevância, descrição sumária, nível de desenvolvimento, ineditismo e inovação representada:**

Para ter sucesso, posicionar-se de forma vantajosa em relação à concorrência e aumentar o interesse do consumidor pelos produtos e serviços oferecem, a empresa deve certificar-se de controlar e garantir a qualidade. O que vende deve ser constantemente aprimorado para atender às exigências do mercado e às expectativas dos clientes. Por isso, implementa uma abordagem de qualidade que reúne e organiza todos os aspectos da operação da empresa com vista a atingir os objetivos de qualidade (MARANHÃO, 2006).

A gestão da qualidade é fundamental para o crescimento e desempenho de qualquer empresa. Também é um recurso valioso na luta por conexões com o cliente, pois se esforça para fornecer uma melhor experiência de atendimento ao cliente. A qualidade deve ser mantida em todos os níveis para que seu negócio prospere (MORAIS; GODOY, 2006).

**1.1 Contribuição e Relevância da Aplicação**

A relevância da pesquisa dar-se-á através da gestão da qualidade que reside em seu potencial para auxiliar as empresas a melhorar a confiabilidade, durabilidade e desempenho de seus produtos. Esses elementos ajudam uma empresa a se destacar da concorrência (CERQUEIRA e NETO, 1991). A implementação de uma abordagem de qualidade dentro de uma empresa visa controlar, garantir e planejar a gestão em um sistema de qualidade em uma indústria. Consiste em melhorar o nível de qualidade dos produtos e serviços. Isso está intrinsecamente ligado aos processos e procedimentos de produção. Na verdade, os procedimentos de qualidade fazem parte do processo de melhoria contínua. Visa otimizar os sistemas de gestão, as práticas profissionais e a satisfação do cliente.

Graças à implementação de um sistema de gestão da qualidade, qualquer indústria garante o acompanhamento dos indicadores de qualidade. Isso também permite definir a abordagem geral da qualidade (o desempenho das auditorias internas) para detectar áreas para melhorar a qualidade. O gerente da qualidade é geralmente a primeira pessoa responsável pela gestão da qualidade dentro da empresa. Ele monitora a qualidade e segurança dentro da organização, define a política de qualidade e garante a melhoria contínua da qualidade. Em termos de qualidade, os principais objetivos são aumentar a satisfação do cliente e, de forma mais geral, permitir que a empresa ganhe em eficiência e desempenho. No entanto, o cliente não é a única parte a ficar satisfeita ao desenvolver e aplicar uma abordagem de qualidade; fornecedores, acionistas, mas também o pessoal da empresa também deve ser levado em consideração (WEBB, 2006).

Uma abordagem de qualidade e suas diretrizes devem ser claras e acessíveis a todos internamente. Será difícil para qualquer pessoa no negócio cumpri-las se não as compreender. O sucesso da abordagem de qualidade também depende do grau de envolvimento do pessoal como um todo. As chefias asseguram a aplicação das diretrizes e

ouvem os colaboradores, enquanto estes desempenham as suas funções respeitando escrupulosamente os procedimentos, tendo oportunidade de partilhar as suas sugestões (MESQUITA e ALLIPRANDINI, 2003).

Este estudo se justifica a partir de uma problemática de uma indústria situada em Manaus, que produz placas e painéis de automóveis. Dentre as diversas etapas da produção, a confecção das placas é um item sensível, especialmente quando os componentes eletrônicos mais caros já foram inseridos e a placa precisa receber a inserção de algum elemento mecânico externo. Em nosso caso específico, a placa do painel automotivo recebe, ao final da produção, um dissipador de calor (heat sink), que é uma chapa metálica a ser parafusada na placa. Como já dito, este processo delicado, se for executado sem os cuidados devidos, pode causar a perda da placa inteira. Dentro desta questão, o presente trabalho demonstra, por meio um estudo de caso, dentro de uma empresa do setor de Manufatura do Polo Industrial de Manaus, a eficácia da ferramenta DMAIC na detecção do índice de falhas no processo de parafusamento de heat sink de uma placa de painel automotivo. Pretende-se mostrar que o DMAIC pode ser uma ferramenta eficaz para solução de problemas e melhoria de processos.

## 2- Descrição do desenvolvimento, técnicas e bases teóricas:

### 2.1 GESTÃO DA QUALIDADE

#### 2.1.1 Estratégias de qualidade

As indústrias modernas estão na pista de um mercado altamente competitivo, buscando conquistar clientes. Para que uma empresa ou indústria tenha vantagem competitiva, um dos principais critérios é garantir a boa qualidade de seus produtos e serviços. O desenvolvimento de uma estratégia de qualidade apropriada exige levar em consideração vários fatores (SOUZA et al., 2019):

**Ambiente externo:** progresso político, cultural, tecnológico, mudanças nas necessidades do consumidor, volatilidade do mercado, aumento da competitividade, integração, globalização, falta de recursos energéticos.

**Ambiente interno:** que está associado às capacidades da produção, intimamente ligado a habilidades e competências em gestão, marketing, design, pesquisa e tecnologia. A implementação da estratégia da qualidade requer uma estratégia de produto definida.

os fatores mais importantes que determinam o sucesso da estratégia do produto são (TÓFOLI, 2011).

O nível de elasticidade da renda e preço da demanda por produtos manufaturados;

Conhecimento sobre as necessidades e preferências dos clientes Informações sobre tamanho do mercado e seu alcance; A capacidade de entender o design dos produtos e remover suas fraquezas e ameaças;

O aumento das ações de avaliação e compra do consumidor, independente do canal utilizado, tem provocando uma revolução nos processos e setor de fabricação. O consumidor hoje, tem a sua disposição canais online e offline onde podem encontrar produtos que estejam procurando e que entregam respostas para seu problema, atendendo a suas necessidades.

Para alcançar tal objetivo para atender ao cliente, há estratégias que podem ser aplicadas (SOUZA et al., 2019): Ouvidoria para o cliente, é importante que o fabricante atenda e escute seu cliente, uma vez que virá dele a avaliação do uso do produto;

Redução do tempo de ciclo dos pedidos e retrabalho automatizando preços, cotações e aprovações de clientes com um único sistema integrado, o que irá minimizar possíveis erros na produção;

O rastreamento dos níveis de qualidade do produto em tempo real e o estabelecimento de metas individuais e de equipe para melhorá-los funcionam quando cada funcionário vê como o que está fazendo é importante;

Os novos projetos de produtos devem ter rigorosas revisões de qualidade e prontidão de engenharia antes de serem liberados para produção;

Usar dados de qualidade em tempo real para trazer urgência à necessidade de melhorar;

Uso de auditorias de Qualidade para encontrar possíveis falhas na linha de produção e obter melhorias;

Utilizar dados em tempo real para medir e reduzir o custo total da qualidade e melhorar a satisfação do cliente, alcançado tomada de decisões mais rápidas;

Fluxos de trabalho sob supervisão para que possíveis falhas sejam sanadas rapidamente.

## 2.2 GESTÃO DE PRODUÇÃO

A produção é um processo científico que envolve a transformação da matéria-prima (entrada) no produto ou serviço desejado (saída) por meio da adição de valor econômico (TODOROV, 2021). A produção pode ser amplamente categorizada nos seguintes com base na técnica:

Produção por separação: Envolve a saída desejada é alcançada por meio da separação ou extração de matérias-primas. Um exemplo clássico de separação ou extração é o petróleo em vários produtos combustíveis (RITZMAN et al., 2004);

Produção por modificação ou melhoria: envolve a mudança nos parâmetros químicos e mecânicos da matéria-prima sem alterar os atributos físicos da matéria-prima. O processo de recozimento (aquecimento em altas temperaturas e, em seguida, resfriamento), é um exemplo de produção por modificação ou melhoria (TODOROV, 2021).

Produção por montagem: a produção de carros e computadores são exemplos de produção por montagem (RITZMAN et al., 2004). A gestão da produção envolve o planejamento, organização, direção e execução das atividades produtivas. O objetivo final de qualquer solução de gerenciamento de produção é converter uma coleção de matérias-primas em um produto acabado. Algumas pessoas se referem à gestão da produção como a reunião dos 6 "Ms" (ANDRADE et al., 2010):

Mens (homens);

Money (dinheiro);

Machines (máquinas);

Materials (materiais);

Methods (métodos);

Marketing (mercados).

Esses constituintes se reúnem para fornecer aos consumidores e empresas os produtos de que precisam ou desejam. Os princípios de gerenciamento da produção são frequentemente chamados de princípios de gerenciamento da operação e são projetados para facilitar a produção de bens com a qualidade e quantidade exigidas. A gestão da produção corresponde a todas as atividades de planejamento, lançamento e controle da produção, desde o plano estratégico até o fornecimento do produto acabado para distribuição (RITZMAN et al., 2004). O planejamento da produção começa com o Plano Industrial e Comercial (PIC) que traduz os objetivos estratégicos em um plano de carga / capacidade balanceado por família de produtos. O objetivo é antecipar as oscilações da demanda e ter tempo suficiente para dotar o sistema industrial e logístico dos recursos e meios necessários para atender à demanda futura (SOUZA, 2009).

Em um ambiente econômico que se tornou tão competitivo, as questões financeiras são cruciais. O preço de venda dos produtos depende cada vez mais da demanda do mercado e continua fortemente influenciado pela concorrência. Para se manterem competitivas e, sobretudo, para garantir uma margem de lucro adequada na venda dos seus produtos, o principal recurso das empresas industriais é a redução dos custos de produção (ANDRADE et al., 2010).

O campo de atuação da gestão da produção na empresa é vasto, abrange muitas atividades e apela a profissionais de diversas áreas da formação. As restrições encontradas são de vários tipos:

Financeiro (produzir a um custo ótimo), custo de materiais e consumíveis, custo de armazenamento de trabalho em andamento e produtos semiacabados, custo de gerenciamento de loja, custo de horas de trabalho adicionais, custo de tempo de inatividade, etc. formando uma parte integrante de o preço de custo, controlando este último, é também garantia para a comercialização dos produtos acabados (SOUZA, 2009).

**Temporário:** (produção no prazo, garantia de entrega just-in-time), evita rupturas de estoque, evita inflar estoques de produtos acabados. Porque isso tem um impacto direto na satisfação do cliente (perda de pedidos) ou no preço de custo do produto acabado devido aos custos adicionais de armazenamento (ANDRADE et al., 2010).

Mecânica (manutenção preventiva e gestão de paradas), antecipar quebras e fornecer soluções alternativas em caso de parada da máquina (SOUZA, 2009). Qualidade (produzir com o mínimo de defeitos possível, o mínimo desperdício), um produto de boa qualidade contribui para a fidelização do cliente, transmite a imagem de marca da empresa. (ANDRADE et al., 2010).

Planejamento: garantir um fluxo contínuo de fluxos, detectar e remover gargalos no circuito de produção. Neste nível, também se trata de definir um plano de produção, definir as faixas de operação, programar as operações e, finalmente, gerenciar a distribuição das tarefas ao longo do processo de fabricação (PEINADO et al., 2007).

Em particular do ponto de vista logístico, a organização da gestão da produção aposta na implementação de soluções que vão ao encontro destes diversos constrangimentos. Notavelmente (CORRÊA et al., 2011).

A escolha da política de fornecimento de material: escolha das fontes de fornecimento, planejamento do pedido, entregas just-in-time;

A escolha da política de armazenamento: tipo e tamanho das lojas, terceirização de armazenamento;

**Política de manufatura:** produção contínua, produção descontínua, programação da produção, volume de produção em relação às metas de vendas;

**Política comercial:** gestão da rede física de distribuição, integração de métodos de gestão colaborativa, gestão da frota de veículos, controle dos custos de distribuição.

Uma solução de gerenciamento de produção eficiente também entregará produtos no momento em que são exigidos pelo mercado com o menor custo possível. Qualquer solução de gerenciamento de produção bem-sucedida requer a utilização ideal da capacidade de produção para reduzir os custos ao mínimo (PEINADO et al., 2007).

### 2.2.1 Vantagens do gerenciamento de produção eficaz

Existem vários benefícios na implementação dos princípios básicos do gerenciamento da produção; eles incluem uma boa reputação em um mercado específico e a capacidade de desenvolver novos produtos e colocá-los no mercado rapidamente (SOUZA, 2009). A redução de custos em todas as fases do processo de produção oferece o principal benefício de reduzir os custos gerais de uma empresa. Obviamente, um fabricante não quer incorrer em custos quando não há pedidos, e uma solução de gerenciamento de produção eficaz como a pioneira da Toyota - deve tornar isso uma meta alcançável (ANDRADE et al., 2010). Como as empresas que adotam os princípios de gestão da produção podem manter um controle rígido sobre seus custos, elas podem ter uma vantagem competitiva no mercado, e isso pode permitir que cresçam muito mais rapidamente do que seria o caso (CORRÊA et al., 2011).

Empresas como a Toyota foram capazes de enfrentar empresas como a Nissan e a Ford nos mercados internacionais porque sua solução de gestão de produção inovadora garantiu qualidade para o consumidor e menores custos para o negócio - e é por isso que

os princípios estão agora sendo implementados em indústrias de manufatura em todo o mundo (RITZMAN et al., 2004).

### 2.3 MAPEAMENTO DE PROCESSOS

O mapeamento de processos é uma ferramenta de gerenciamento usada para representar visualmente o fluxo de trabalho e as etapas e pessoas envolvidas em um processo de negócios. Esses mapas também são comumente chamados de fluxogramas ou diagramas de fluxo de trabalho. As organizações usam essa ferramenta para obter um melhor entendimento de um processo e melhorar sua eficiência (PACHECO et al., 2021). Ao criar diagramas fáceis de seguir, as partes interessadas podem identificar aspectos de um processo que podem ser melhorados. Isso inclui a identificação de gargalos em fluxos de trabalho e outras ineficiências, como tarefas repetitivas, ideais para autômatos (MOREIRA, 2011).

O mapeamento de processos oferece muitos benefícios. Mencionam-se vários benefícios em um nível abstrato - compreender melhor um processo e aumentar a eficiência.

Os benefícios mais específicos da criação de um mapa de processo incluem: Aumento na satisfação no trabalho. Os funcionários sabem o que esperar, quais são suas responsabilidades e apreciam a transparência que um mapa de processos oferece (PASCOAL, 2008);

Melhoria no desempenho dos funcionários. Os funcionários que entendem suas funções e onde encontrar ajuda quando precisam são mais produtivos (MOREIRA, 2011);

Amigo do usuário. Os mapas de processos de negócios são simples de seguir e são ideais para tarefas como treinamento de funcionários e sessões de brainstorming. O software BPM torna mais fácil projetar e testar processos, bem como compartilhá-los com a equipe (PACHECO et al., 2021);

Certificações. Auxilia as organizações a obter e manter certificações do setor;

Solução de problemas. Um mapa de processos de negócios permite que as organizações testem hipóteses e hipóteses, facilitando a identificação de problemas e soluções potenciais (MOREIRA, 2011).

Existem muitos tipos diferentes de mapas de processo. Qual deve ser utilizado depende do tipo de processo que se deseja mapear e quais são seus objetivos de negócios. Aqui estão alguns tipos comumente usados de mapas de processo: Um fluxograma básico é útil para criar um mapa simples que ilustra as entradas e saídas de um processo. Alguns casos de uso ideais para fluxogramas básicos incluem o planejamento de novos projetos, análise e gerenciamento de fluxos de trabalho e melhoria da colaboração entre os membros da equipe. Os fluxogramas podem ser criados manualmente usando os símbolos do mapa de processo que foi mencionada acima ou em questão de minutos usando um software de gerenciamento de processos de negócios (PACHECO et al., 2021).

Um mapa de processo de alto nível, ou mapa de cima para baixo, mostra como um processo funciona em um número limitado de etapas. Eles fornecem um instantâneo rápido do que um processo faz, mas não entram em detalhes sobre como um processo é executado. Mapas de processo de alto nível são ideais para discutir processos com liderança ou terceiros que não exijam especificações (MOREIRA, 2011).

Mapa detalhado do processo: os detalhes são úteis para compreender as complexidades de um processo. Ao contrário de um mapa de processo de alto nível, os mapas detalhados também incluem subprocessos; tornando isso mais útil para identificar ineficiências e para documentar pontos de decisão dentro de um processo (PASCOAL, 2008).

SIPOC é um acrônimo que ajuda as partes interessadas a identificar os elementos-chave de um processo. A sigla significa fornecedor - entradas - processo - saídas - cliente. O SIPOC se parece mais com uma tabela ou gráfico do que com um mapa. Listar os elementos-chave, no entanto, é um precursor importante para a criação de um mapa de

processo mais detalhado. Os diagramas SIPOC também ajudam a definir o escopo de processos de negócios complexos e são úteis para as partes interessadas ao discutir um processo (PACHECO et al., 2021).

Mapas de raia: as raias, ou mapas multifuncionais, são usados para mostrar "quem faz o quê". Eles separam as atividades em faixas ou canais de acordo com quem é responsável pela execução da tarefa ou processo. Os mapas de raia são úteis para fins de gerenciamento. Eles são ideais para treinar novos funcionários e aumentar a responsabilidade. Os mapas de raia também ajudam as partes interessadas a compreender os fluxos de trabalho e como eles se relacionam e interagem com outros processos de negócios (PASCOAL, 2008).

Os mapas do fluxo de valor mostram as etapas necessárias para entregar um produto ou serviço aos clientes. Eles utilizam um sistema de símbolos para ilustrar fluxos de informação e tarefas. Os mapas do fluxo de valor são particularmente úteis para identificar desperdícios dentro e entre os processos. Eles também desempenham um papel importante na identificação de oportunidades e no planejamento de projetos futuros (HAMANAKA et al., 2019).

Os mapas de processos usam representações visuais, como símbolos básicos para descrever cada elemento do processo. Alguns dos símbolos mais comuns são setas, círculos, diamantes, caixas, ovais e retângulos. Esses símbolos podem vir do Business Process Model and Notation (BPMN) ou Unified Modeling Language (UML), que são métodos gráficos de notação para mapas de processo. A maioria das organizações precisará usar apenas alguns dos símbolos mais comuns para completar um mapa de processo. Alguns desses símbolos incluem (PACHECO et al., 2021):

Um retângulo é usado para representar um processo específico e suas atividades e funções;

Uma seta é usada para mostrar a direção do fluxo e a conexão entre as etapas;

Um oval geralmente é usado para mostrar os pontos iniciais ou finais de um fluxo de processos;

Um diamante é usado para indicar um ponto de decisão. O processo continuará seguindo um caminho predefinido dependendo da decisão;

Um retângulo com uma extremidade arredondada é frequentemente usado como um símbolo de atraso, mostrando uma pausa no processo antes que o fluxo continue. O objetivo principal do mapeamento de processos de negócios é ajudar as organizações a se tornarem mais eficientes e eficazes na realização de uma tarefa ou objetivo específico. Ele faz isso fornecendo maior transparência em torno da tomada de decisões e do fluxo do processo, o que, por sua vez, ajuda a identificar redundâncias e gargalos dentro e entre os processos (PASCOAL, 2008).

Uma vez que os mapas de processo potencializam pistas e símbolos visuais, eles tornam mais fácil comunicar um processo a um público amplo. Isso pode levar a um maior engajamento, pois a documentação de formato longo pode ser mais tediosa para os proprietários criarem e para os usuários finais consumirem (HAMANAKA et al., 2019). Aproveitando modelos pré-fabricados dentro do software de mapeamento de processos, as equipes podem facilmente colaborar e debater maneiras de agilizar os processos de trabalho, permitindo a melhoria dos processos de negócios. Ao fazer isso, as empresas também podem lidar melhor com desafios específicos, como integração e retenção de funcionários ou vendas em declínio (MOREIRA, 2011).

### 2.3.1 Redução de perdas do setor industrial.

Antes de tudo, é necessário definir o termo produção. A literatura descreve o termo produção industrial como o processo de transformação de insumos materiais e não materiais em bens de maior produção. Devido às estruturas complexas das modernas instalações de produção, elas podem ser consideradas como sistemas. Pascoal (2008) define um sistema como um modelo de integridade com uma relação entre atributos (entradas, saídas, estados, etc.). Um meio ou um super sistema envolve essa estrutura.

O sistema de produção interage com seu ambiente natural, tecnológico, político, jurídico, econômico e sociocultural. A menor parte de um sistema de produção é o sistema operacional de trabalho independente. O REFA define um sistema operacional como um sistema que cumpre tarefas de trabalho como uma cooperação de pessoas e recursos (máquinas, materiais). Sete objetos de design adicionais são relevantes para essa interação. Isso inclui pessoas, recursos, atribuição de trabalho, fluxo de trabalho, entrada e saída, além de fatores ambientais (NEBL, 2007).

A interação desses fatores deve ser o mais eficiente possível. A eficiência pode ser dividida em eficiência técnica e eficiência de custos. A eficiência técnica é a condição em que nenhum fator de produção é desperdiçado. A eficiência econômica em termos de microeconomia pode ser vista como a realização da combinação de custo mínimo. Enquanto a eficiência econômica, nesse sentido, pressupõe eficiência técnica, a eficiência técnica não requer eficiência econômica.

A diferença entre a entrada e a saída de um sistema em funcionamento é considerada uma perda. Perdas podem ser incorridas pelo uso de todos os fatores de produção. É necessário definir os fatores de entrada com mais detalhes. Na literatura existente, os objetos de design em interação são declarados como fatores de produção. Os economistas internacionais veem os fatores conceituais de produção como os fatores econômicos (por exemplo, trabalho, capital, terreno e empreendedorismo) definidos por Smith e Ricardo (2007). Pesquisas de negócios na Alemanha sugerem outros fatores conceituais de produção.

Gutenberg (1972), como um dos primeiros autores, definiu esses fatores. Seu trabalho é fundamental para a descrição de dependências e processos dentro de um sistema de produção. Uma visão básica da produção é o menor elemento do sistema de produção. O sistema operacional funciona apenas com a existência dos objetos de design. Esses objetos de design podem ser classificados em grupos, como fatores elementares. Fatores elementares incluem pessoas ou mão-de-obra, máquinas e objetos de trabalho (material, suprimentos). Este grupo é apenas uma parte dos fatores majoritários de produção. Gutenberg (1972), divide esses fatores em dois grupos principais e estrutura os fatores de entrada de acordo com a disponibilidade e a independência. O primeiro grupo inclui os fatores conceituais de produção elementares. Estes são divididos em fatores potenciais e recursos consumíveis. Embora os fatores potenciais, como mão de obra e máquinas, afetem a capacidade técnica de produção, eles não fazem parte fisicamente do produto.

Eles estão presentes na produção para criar valor. Recursos consumíveis são principalmente materiais e suprimentos usados fisicamente para produzir bens de produção. Outra classificação possível é a categorização em fatores primários e derivados. Os fatores primários são semelhantes aos fatores elementares e à liderança de fatores, que, no entanto, não é um fator elementar. Fatores derivativos incluem atividades de planejamento, organização e controle do sistema de produção e do sistema de trabalho. Eles são responsáveis pela composição dos fatores elementares no processo de produção. Gutenberg (1972), como um dos primeiros autores, definiu esses fatores.

Seu trabalho é fundamental para a descrição de dependências e processos dentro de um sistema de produção. Uma visão básica da produção é o menor elemento do sistema de produção. O sistema operacional funciona apenas com a existência dos objetos de design. Esses objetos de design podem ser classificados em grupos, como fatores elementares. Fatores elementares incluem pessoas ou mão-de-obra, máquinas e objetos de trabalho (material, suprimentos). Este grupo é apenas uma parte dos fatores majoritários de produção. Gutenberg (1972), divide esses fatores em dois grupos principais e estrutura os fatores de entrada de acordo com a disponibilidade e a independência. O primeiro grupo inclui os fatores conceituais de produção elementares. Estes são divididos em fatores potenciais e recursos consumíveis. Embora os fatores potenciais, como mão de obra e

máquinas, afetem a capacidade técnica de produção, eles não fazem parte fisicamente do produto.

Eles estão presentes na produção para criar valor. Recursos consumíveis são principalmente materiais e suprimentos usados fisicamente para produzir bens de produção. Outra classificação possível é a categorização em fatores primários e derivados. Os fatores primários são semelhantes aos fatores elementares e à liderança de fatores, que, no entanto, não é um fator elementar. Fatores derivativos incluem atividades de planejamento, organização e controle do sistema de produção e do sistema de trabalho. Eles são responsáveis pela composição dos fatores elementares no processo de produção (GUTENBERG, 1972).

Com o tempo, outros fatores principais foram adicionados, como gerenciamento, ambiente e medida. A energia como fator adicional pertence aos fatores elementares e é classificada como suprimento. A tabela 1 mostra os fatores de produção mencionados e os respectivos autores. Para uma definição adicional das perspectivas do score card e do mapa estratégico, os fatores materiais, máquinas, mão de obra e energia são consideradas essenciais para o método do score card. É possível expandir as perspectivas por outras dimensões, como atividades de controle ou organização. Dependem das perdas identificadas e dos dados registrados. Atualmente, a indústria está enfrentando um aumento nos preços de materiais e energia, o que cria a necessidade urgente de evitar perdas no processo de produção. Especialmente as empresas do setor básico e de processo enfrentam esse desafio. Para ter uma produção eficiente, é necessário identificar todas as perdas na produção. A OHNO (2010), fundadora do sistema de produção da Toyota, determinou que as montadoras americanas e alemãs são mais produtivas do que as empresas japonesas. Ele observou que a falta de desempenho foi causada por desperdício ou perda no sistema de produção. Ele definiu sete principais perdas de produção:

Superprodução;

Esperando;

Movimentos desnecessários;

Transportando;

Sobre processamento;

Inventário desnecessário.

Além dessas fontes originais de perda, fontes adicionais foram identificadas. Estes podem ser encontrados em serviços e produção. Além das sete principais perdas – conhecidas como Muda, Ohno define duas fontes adicionais interligadas de perda de desempenho, a saber, Muri e Mura. Muri significa sobrecarga e Mura descreve a irregularidade (BICHENO e HOLWEG, 2008). A filosofia de manutenção produtiva total (TPM) descreve outro pacote de perdas para medir o desempenho das máquinas. Nakajima (2006) sugere o indicador geral de eficácia do equipamento (OEE) para medir o desempenho da máquina. Esse valor combina a disponibilidade, desempenho e perdas de qualidade. Além dessas perdas devido ao desempenho das máquinas, o TPM inclui perdas de trabalho e administração humanos. Um caso descreve perdas na indústria de processo que são quase iguais às OEE (SUZUKI, 2005).

Para projetar o novo modelo de scorecard, é necessário encontrar um link entre a FOP e as perdas. Biedermann (2001) sugere uma classificação de perdas com base em mão de obra, máquinas, energia e material. Essa estrutura foi ampliada pelas perdas e fatores de produção mencionados acima. As primeiras dependências entre esses dois fatores são definidas por possíveis influências (GRAM, 2011). Nessa base, é possível elaborar um sistema métrico para reduzir as perdas na produção. O apêndice resume todas as perdas mencionadas neste estudo. Para esse fim, a abordagem do scorecard precisa de uma adaptação.

## **MELHORIA CONTÍNUA DE PROCESSOS**

Nos dias atuais, melhorar a qualidade é um problema recorrente para as empresas. A otimização desse processo muitas vezes é responsabilidade do gerente de melhoria



contínua. A melhoria contínua é uma abordagem essencial para garantir a sustentabilidade dos sistemas de gestão e a melhoria do desempenho (MESQUITA e ALLIPRANDINI, 2003). Num contexto em constante mudança, cada vez mais exigente e com o aumento da concorrência, é fundamental que cada empresa implemente ações que lhe permitam melhorar continuamente. Essas ações respondem a oportunidades de melhoria e devem trazer resultados quantificáveis para toda a organização. A empresa é um sistema vivo, e a abordagem de melhoria contínua ajuda a estruturar essa dinâmica, definindo uma estrutura para a implementação dessas ações (JUNIOR, DE LIMA e STOCO, 2020).

A abordagem de melhoria contínua consiste em realizar ações permanentes e sustentáveis para melhorar todos os processos da empresa, eliminando falhas e fortalecendo os ativos que geram valor. Isso permite reavaliar regularmente as práticas integradas, questionar os processos e desenvolver a empresa de forma sustentável (GONZALEZ e MARTINS, 2007). A integração de um processo de melhoria contínua na cultura da sua empresa permitirá aumentar gradualmente o crescimento e desempenho em todos os níveis da organização, reduzir custos e melhorar a eficiência, produtividade e rentabilidade da sua empresa. A melhoria contínua também é um dos principais princípios do padrão do Sistema de Gestão da Qualidade ISO 900.

Aqui está um modelo de melhoria contínua que permite que uma empresa se estruture e crie um ambiente que estimule o desenvolvimento dos colaboradores. Este modelo é composto por seis elementos (LOUSAS, 2018). A visão (objetivos estratégicos), que garante que cada ação seja justificada e contribua para alcançar o resultado esperado; A organização, que considera o colaborador pelo seu justo valor e permite que ele se desenvolva. O programa de melhoria, que determina e prioriza as ações (inovação, workshop kaizen, método 5S, método SMED ou outros, pequenas sugestões de melhorias etc.);

Treinamento, que permite que as ações sejam realizadas;

Acompanhamento do progresso por meio de indicadores de desempenho (clientes, resultados e processos);

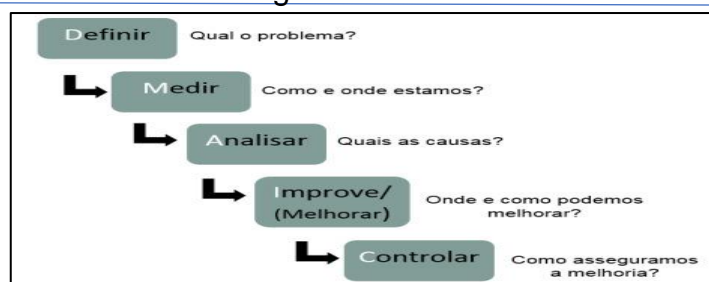
Reconhecimento do trabalho realizado pelos funcionários.

## **DMAIC**

O ciclo DMAIC, em inglês (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), é um processo ou método comum que os membros das equipes de melhoria podem utilizar para facilitar o seu trabalho. É uma ferramenta flexível, para que as melhorias aconteçam e sejam sustentadas. A metodologia DMAIC é o resultado da junção de duas metodologias: Lean, originada no Japão nos anos 50 e aperfeiçoada pela Toyota e o Six Sigma, originado nos anos 80 com a Motorola e aperfeiçoado pela General Electric (GE). A primeira trazia o foco no aumento da velocidade do processo e a segunda, na sua precisão e acurácia (ARAUJO et al., 2006). Os principais benefícios da utilização do Six Sigma é, conseguir reduzir custos organizacionais, aumentar a qualidade dos produtos/serviços/processos, reter e fidelizar clientes, eliminar atividades que não agregam valor, prover maior envolvimento das equipes e, principalmente, realizar uma mudança cultural (PEINADO et al., 2007).

O Lean Six Sigma (LSS) é, portanto, uma metodologia disciplinada de melhoria, onde o foco está na eliminação, ou ao menos na redução a níveis mínimos, de defeitos e desperdícios, e no aumento da velocidade dos processos. Em suma, fazer mais com menos e melhor (VERGUEIRO, 2002). O DMAIC é uma metodologia predeterminada e decomposta em cinco etapas. padronizadas definir, medir, analisar, implementar e controlar (KUAN, 2012). Analisando essas etapas, nota-se que as cinco etapas são interdependentes. Cada etapa tem um efeito cumulativo sobre a anterior. (MANDAL, 2012).

Figura 1- DMAIC



Fonte: TRESOLDI (2019).

As etapas do DMAIC são apresentadas nos itens a seguir.

**Definir:** A etapa definir inicia com a indicação da equipe bem como suas obrigações, o escopo do projeto, o cronograma, a finalidade e o impacto financeiro previsto. (MIM, 2014). O processo inicia-se identificando e definindo o processo, o problema ou a oportunidade de melhoria a ser implementada. É recomendado apontar os processos críticos responsáveis pela origem de resultados insatisfatórios nesta etapa, como por exemplo: reclamações de clientes e internas, altos custos de mão de obra, custos de não qualidade, alto índice de scrap, etc.

**Medir:** De acordo com Lin et al; (2013), o intuito desta fase é estabelecer técnicas para coletar dados acerca do desempenho atual do setor em estudo. A coleta é feita através de análises qualitativas e quantitativas mediante a indicadores de desempenho, análises de sistema de medição, entrevistas, etc. Segundo Kuan (2012) é nesta etapa que são definidos aspectos críticos para a qualidade, em variável de processo. Os dados coletados devem conter informações que evidenciem oportunidades de melhoria. Aspectos do processo que não foram notados anteriormente devem ter especial atenção já que nunca foram identificados como possível falha. Os dados levantados serão imprescindíveis para ratificar e quantificar o problema e/ou a oportunidade, visando determinar as prioridades e as tomadas de decisões.

**Analisar:** Segundo Jaglan (2012), a fase analisar tem como finalidade, indicar variáveis que podem interferir nos indicadores do processo. Por essa razão, os dados coletados na etapa anterior (Medir) são examinados por meio de ferramentas estatísticas que contribuem para as análises. O principal objetivo desta fase é definir a causa raiz do problema, sendo de extrema importância a elaboração de um plano de ação que interfira de forma direta na causa real do problema, e não somente nos possíveis efeitos (MIM, 2014).

**Melhorar:** Após todas as informações serem analisadas e os possíveis problemas apresentados, define-se a melhor ação com objetivo de diminuir os níveis de falha do processo. Segundo Santos (2006), a confirmação de melhoria do processo está relacionada a uma solução adequada para eliminar e prevenir que ocorram novos problemas.

**Controlar:** Na última etapa do processo DMAIC é validada a implantação da melhoria, a solução dos problemas, a comprovação dos benefícios, executadas as modificações necessárias no processo em geral e implantadas as ferramentas de controle necessárias (MATOS, 2003).

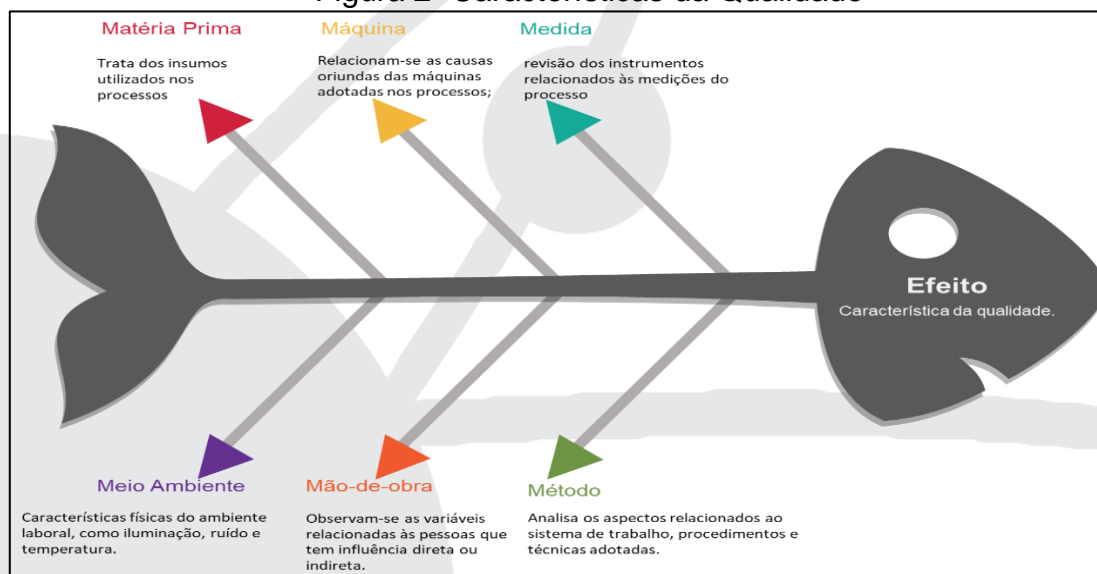
## PRINCIPAIS FERRAMENTAS ÚTEIS

### Diagrama de Causa e Efeito

Chamado de também espinha de peixe ou Diagrama de Ishikawa, o diagrama de Causa e efeito representa a visualização de um processo de solução de problemas no qual as causas de um problema são procuradas analiticamente, decompondo as causas-raiz até que a raiz do problema seja alcançada. O diagrama de causa e efeito pode dar uma contribuição valiosa durante a análise no estado em que se encontra. Ele pode determinar sistematicamente e detalhadamente as causas dos problemas, bem como para a análise dos processos. O diagrama de Ishikawa foi desenvolvido pelo cientista japonês Kaoru

Ishikawa no início da década de 1940 e mais tarde nomeado em sua homenagem. Esta técnica foi originalmente usada na gestão da qualidade para analisar problemas de qualidade (origem: abordagem espinha de peixe) e suas causas. Hoje também pode ser transferido para outras áreas problemáticas e se espalhou pelo mundo. (BALLESTEROALVAREZ,2010).

Figura 2- Características da Qualidade



Fonte: BALLESTERO-ALVAREZ (2010)

### Matriz GUT

A Matriz GUT é uma ferramenta de priorização de resolução de problemas. O GUT é um acrônimo que separa os problemas por (PESTANA, 2016):

- Gravidade;
- Urgência;
- Tendência;

A técnica surgiu em 1981, graças ao trabalho de dois especialistas em resolução de problemas: Charles H. Kepner e Benjamin B. Tregoe. Eles colocaram a matriz em prática devido à necessidade de orientação mais detalhada sobre questões complexas. A ideia foi priorizar os desafios, levando em consideração os impactos positivos e negativos no negócio. Como citado, a matriz GUT consiste em três elementos, sendo eles (COSTA, 2017):

- Gravidade - Sabe-se que um pequeno problema pode se tornar um grande problema se não for resolvido prontamente. Portanto, o primeiro ponto é a gravidade, em que se analisa a verdadeira extensão do problema, bem como seu potencial de geração de impactos negativos;
  - Urgência - Este está atrelado ao tempo, ou seja, à prioridade do problema, levando em consideração os prazos para que o problema seja resolvido. Se algo é urgente, se tem menos tempo para resolver – e vice-versa;
  - Tendência - Avaliar a probabilidade de o problema piorar se nada for feito para resolvê-lo. Para isso, é necessário levar em conta um padrão de desenvolvimento (tendência).

Todos esses elementos são subdivididos em escalas que variam de 1 a 5; onde 1 representa uma situação leve, enquanto 5 indica algo complexo, cada acrônimo tem sua classificação, são elas (PESTANA, 2016):

- Gravidade: 1) Sem gravidade; 2) Pouco grave; 3) Grave; 4) Muito grave; 5) Extremamente grave;
- Urgência: 1) Pode esperar; 2) Pouco urgente; 3) Urgente, merece atenção no curto prazo; 4) Muito urgente; 5) Necessidade de ação imediata;

- Tendência: 1) Não mudará; 2) Vai piorar em longo prazo; 3) Vai piorar em médio prazo; 4) Vai piorar em curto prazo; 5) Vai piorar rapidamente.

Ao utilizar a matriz GUT, fica mais fácil entender os pontos fortes e fracos da gestão de um determinado negócio e o que precisa ser melhorado e resolvido para que o negócio não seja afetado (AGUIAR, 2014).

O uso da matriz servirá de base para que se possa alinhar o planejamento às necessidades empresariais da melhor forma possível. Com isso, é possível gerenciar o empreendimento com mais eficiência, independente da complexidade do negócio. Além disso, a matriz é uma fonte de informações para que se possa agir contra as falhas constantes a fim de mitigá-las (COSTA, 2017).

### Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto, assim como o diagrama de Ishikawa e outras ferramentas de Lean Production, é um gráfico que representa a importância das diferenças causadas por um determinado fenômeno e é útil para visualizar os elementos relevantes de um sistema (SILVA, 2019).

O diagrama de Pareto, composto por uma série de barras cuja altura contém a frequência ou impacto dos problemas onde na linha de abcissa se contra as causas e na linha ordenada sua incidência em porcentagem. O gráfico é útil para analisar a dinâmica de um tipo de atividade e agrupá-la de acordo com os efeitos observados (RODRIGUES, 2015).

Através do diagrama é possível associar causas e efeitos, permitindo identificar as prioridades de intervenção em bases objetivas, e não em sensações devido à urgência do momento. O gráfico destaca, entre uma série de causas, aquelas que têm maior impacto no fenômeno considerado. Pode ser uma ferramenta útil e suporte para a resolução de problemas (NEUMANN et al., 2013).

Esta ferramenta destaca os aspectos mais relevantes do que está sendo analisado permitindo a visualização em um relance juntamente com as tabelas dinâmicas e a função de busca vertical, representa um método visual e imediato de análise e visualização de dados (SILVA, 2019). De fácil utilização e compreensão a ferramenta 5W2H nada mais é do que a nomenclatura das sete perguntas em inglês: What? (O quê?), Where? (Onde?), Who? (Quem?), Why? (Por quê?), When? (Quando?), How? (Como?) e How Much? (Quanto custa?). Com vasta utilização como meio de planejamento e organização de plano de ação, a ferramenta consiste em um conjunto de orientações de ações que devem ser executadas e implementadas para controle e desenvolvimento de projetos desenvolvidos (BRUM, 2013). A metodologia, de acordo com Brum (2013), consegue promover respostas curtas e diretas para estruturação de um planejamento de ação, de forma a facilitar o gerenciamento de processos e informações.

Figura 3- Diagrama de Pareto

Passos	Conteúdo das respostas	Exemplo de perguntas
What	Ações necessárias ao tema analisado	-O que deve ser ou está sendo feito? -Quais os insumos do problema/processo? -O que se pretende extrair do problema/processo? -Quais os métodos, materiais e tecnologias que devem ser utilizados?
Why	Justificativas das ações	-Por que ocorre este problema? -Por que executar desta forma? -Para que atuar neste problema?
Where	Locais influenciados pelas ações	-Onde ocorre/ocorreu o problema? -Onde é preciso atuar para corrigir o problema?
Who	Responsabilidades pelas ações	-Quem são os agentes envolvidos? -Quem conhece melhor o processo? -Quais pessoas deverão executar o plano de ação?
When	Definir prazos	-Quando começar e terminar? -Quando deverão ser executadas cada etapa do plano?
How	Métodos a serem utilizados	-Como será executado o plano? -Como registrar as informações necessárias? -Como definir as etapas do processo?
How Much	Definir orçamento	-Quanto será o custo envolvido? -Quanto custará os recursos necessários? -Quanto custa corrigir o problema?

Fonte: BRUM (2013)

### 3 - Apresentação do produto (fotografia, *PrintScreen*, imagens em geral para apresentar o produto ou processo):

#### Da aplicação da Metodologia 3 MATERIAIS E MÉTODOS

##### 3.1 MATERIAIS

Para o presente trabalho foram utilizados os seguintes materiais: Computador, com MATLAB instalado, para o desenvolvimento da lógica Fuzzy e escrita do trabalho. Paquímetro, para medição de peças. Medidor de torque e ângulo, fornecido pela empresa, acoplado na parafusadeira.

##### 3.2 MÉTODOS

A presente pesquisa é um estudo de caso, que visa aplicar a ferramenta DMAIC em um procedimento específico, que é o parafusamento de placas eletrônicas de um painel automotivo de uma empresa do Polo Industrial de Manaus.

Segundo Lakatos (2011) uma grande utilidade dos estudos de caso é verificada nas pesquisas exploratórias, como o presente estudo.

##### 3.2.1 Caracterização da empresa.

A empresa onde o estudo foi aplicado está sediada no Polo Industrial de Manaus.

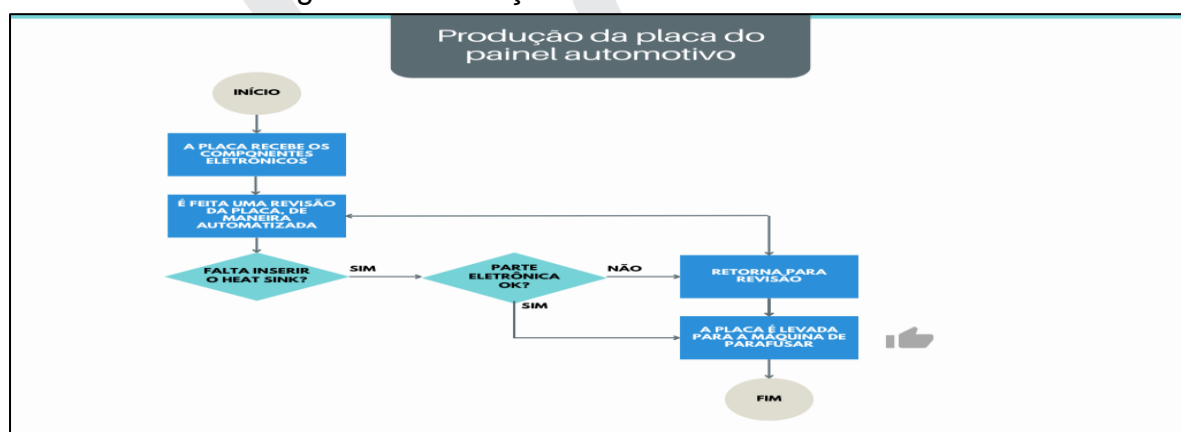
Embora tenha sido fundada no Brasil em 1998, esta unidade foi instalada em Manaus no ano de 2009. A empresa opera no setor de Manufatura de outros equipamentos e componentes elétricos automotivos. O faturamento anual da empresa é de cerca de R\$ 171.000.000,00 (cento e setenta e um milhões de reais). O nome da fábrica não será divulgado por ausência de autorização para tal, por isso, ela será denominada Empresa neste estudo.

##### 3.2.2 Procedimentos da pesquisa

Para a realização deste estudo, foi necessário realizar primeiramente uma visita à empresa. Através de um dos engenheiros, foram apresentadas algumas situações-problema que aconteciam na produção da fábrica, e dentre aqueles evidenciados, escolhemos o problema com parafusamento das placas, pois era o problema que tinha ferramentas de fácil acesso à disposição.

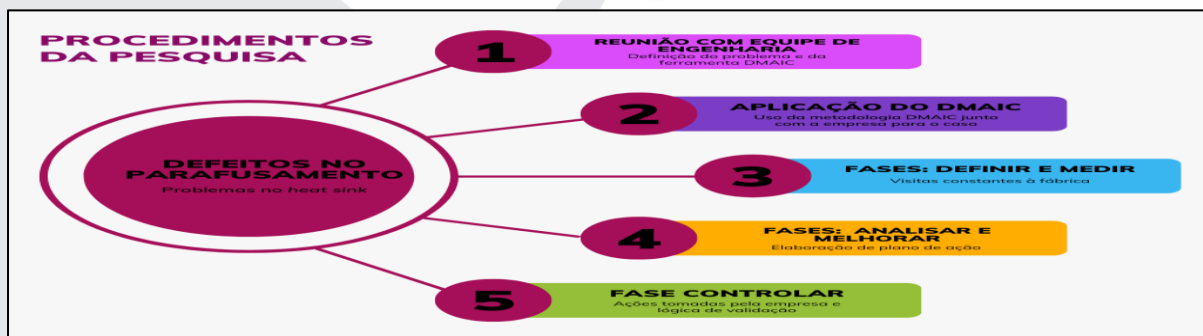
Assim, fomos convidados pelo time de engenharia da empresa para aplicar a ferramenta DMAIC, que já era uma solução conhecida por eles, para o acompanhamento do caso. De maneira resumida, apresentamos o processo de produção da placa eletrônica e o local onde se encontrava o problema.

Figura 04- Produção da Placa Painel Automotivo



Como é possível verificar, não há revisão da parte mecânica, que é o parafusamento. Além disso, o heat sink é fornecido por uma empresa externa, a quem é dada todas as especificações para tal. Cabe destacar que o heat sink é importante para a placa pois ele é responsável por auxiliar na dissipação do calor, evitando que determinados componentes fiquem sobreaquecidos, o que poderia danificá-los ou gerar resultados eletrônicos inadequados. Como já apresentado, neste processo de parafusamento, quando a placa estava já montada e com os elementos mais caros do painel inseridos (processadores, sensores eletrônicos e etc.), uma falha fazia com que o parafuso não fosse devidamente inserindo, quebrando a placa. Identificado o problema, passamos a aplicar a ferramenta DMAIC para sua análise, desenvolvimento e proposta de soluções.

Figura 05- Procedimentos da Pesquisa



Como ilustrado acima, o primeiro passo foi reunir com a equipe de engenharia da Para esse estudo, utilizamos a ferramenta DMAIC como método. Como já citado, o DMAIC é uma metodologia disciplinada de melhoria, onde o foco está na eliminação, ou ao menos na redução a níveis mínimos, de defeitos e desperdícios, e no aumento da velocidade dos processos. Para o presente caso, entende-se que esta metodologia é a mais adequada, além de também ser de fácil domínio do pesquisador. Assim, definida a metodologia, apresentamos a seguir o desdobramento de sua aplicação.

#### 4.1 DEFINIR (DEFINE)

A primeira parte da aplicação da ferramenta DMAIC é justamente definir o problema. Dessa forma, foi identificado um alto índice de rejeitos no processo relacionado ao parafusamento do *heat sink*, afetando o rate hora e o scrap. A figura 4.1 abaixo mostra a parafusadeira, local onde aconteceu o problema.

#### 4 - Apresentação dos reflexos econômico e sociais (geração de riqueza/saúde, qualidade de vida e redução de assimetrias regionais, dentre outros):

##### RESULTADOS E REFLEXOS

Para obtermos os reflexos econômicos e sociais, utilizamos a ferramenta DMAIC como método. Como já citado, o DMAIC é uma metodologia disciplinada de melhoria, onde o foco está na eliminação, ou ao menos na redução a níveis mínimos, de defeitos e desperdícios, e no aumento da velocidade dos processos. Para o presente caso, entende-se que esta metodologia é a mais adequada, além de também ser de fácil domínio do pesquisador. Assim, definida a metodologia, apresentamos a seguir o desdobramento de sua aplicação.

A primeira parte da aplicação da ferramenta DMAIC é justamente definir o problema. Dessa forma, foi identificado um alto índice de rejeitos no processo relacionado ao parafusamento do *heat sink*, afetando o rate hora e o scrap. A figura 4.1 abaixo mostra a parafusadeira, local onde aconteceu o problema.

Figura 6 - Parafusadeira



A figura acima mostra o gabinete onde a empresa faz o parafusamento da placa. De modo resumido, explicamos o procedimento: a peça automotiva, que compõe o painel dos veículos que a empresa fabrica, é basicamente feita de componentes eletrônicos tais como microprocessador, display, elementos lógicos, componentes resistivos, capacitivos, transistores e etc. Depois de todo o procedimento próprio de fabricação desses circuitos, a peça é retirada da linha e levada para o gabinete, onde alguns aparafusamentos serão realizados, entre eles o do dissipador de calor em questão. Neste ponto da produção, já bem adiantado, é que os responsáveis identificaram falhas no dimensionamento dos furos, pois as peças começaram a quebrar devido ao processo mecânico do parafusamento.

### MEDIR (MEASURE)

No processo de medição, foi levantada a hipótese de que o heat sink poderia ter sido fabricado fora das especificações determinadas em projeto. A figura a seguir, nos mostram que o diâmetro do furo onde deveria ser inserido o parafuso é de 2,2 milímetros, com margem de mais ou menos 0,12 milímetros de erro (etiqueta 0205 na figura). Dessa forma, de posse do projeto, que representa as dimensões ideais da peça, pode-se comparar o projeto com a peça física.

Figura 7- Dimensional nas peças Heat Sink

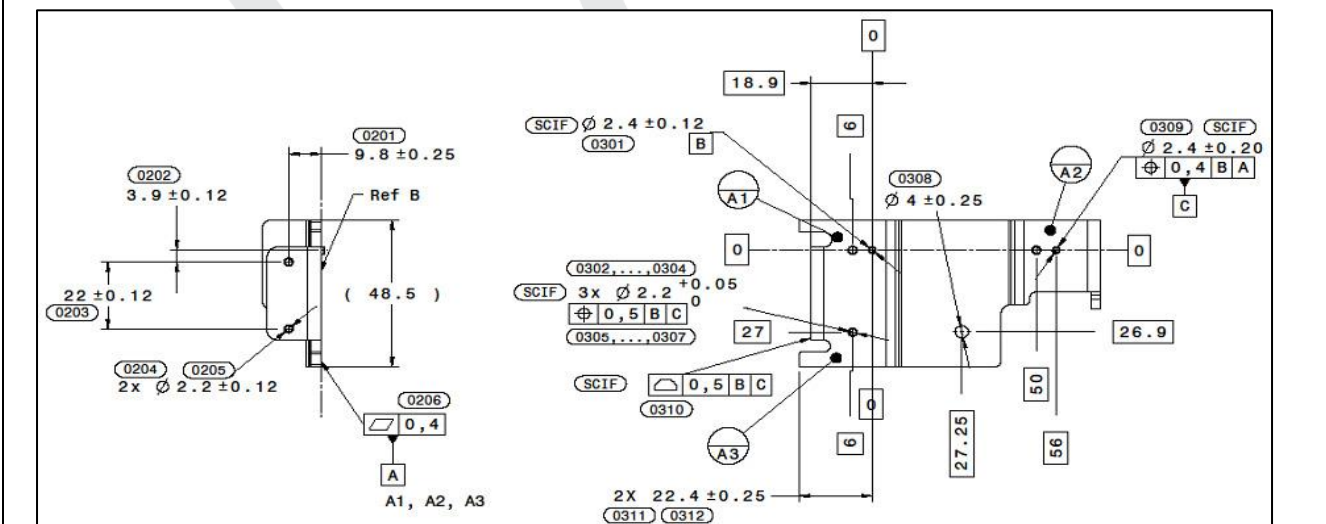
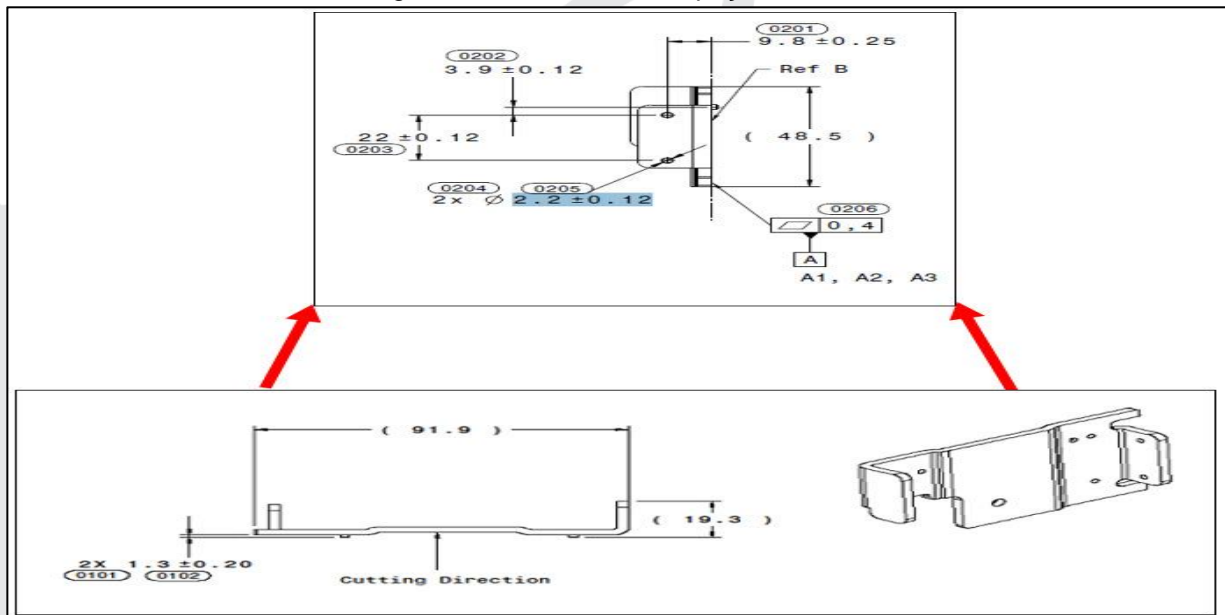


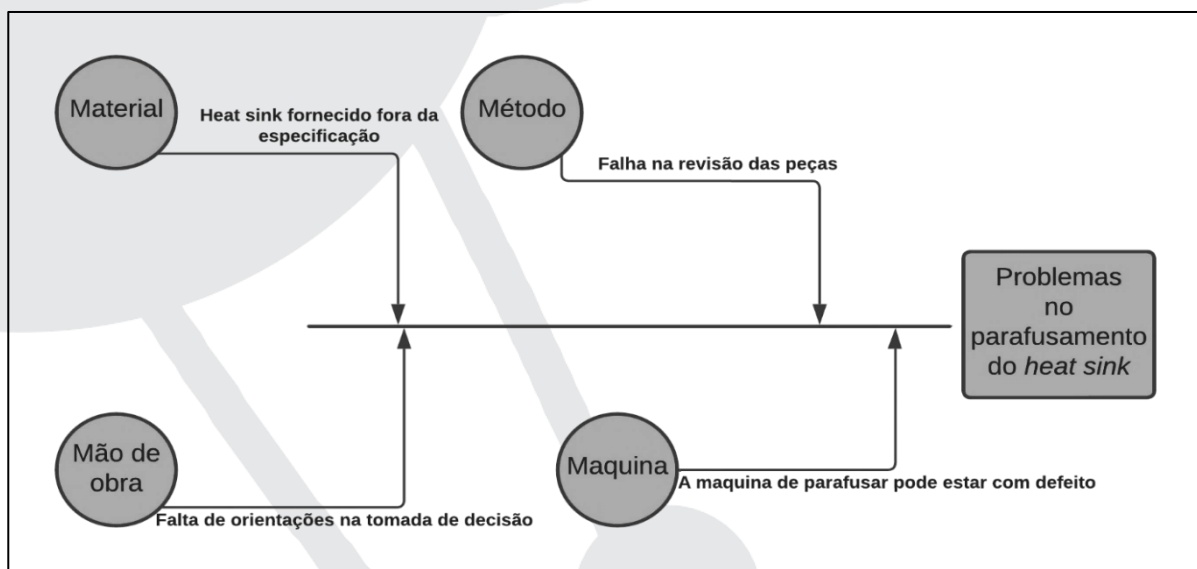
Figura 8.- Dimensional nas peças Heat Sink



### ANALISAR (ANALYZE)

Seguindo com a ferramenta DMAIC, foi realizada a etapa de análise de dados (Analyze), onde foi realizada análise dos fatores que podem causar parafuso espanado. Para melhor representar estes fatores, utilizamos um diagrama de causa e efeito, conforme figura 9.

Figura 9- Diagrama de causa e efeito.



Nesta análise, identificamos que uma causa relacionada a material pode ser o fornecimento do heat sink fora das especificações. Vale destacar que a empresa não fabrica este dissipador metálico, mas o recebe de um fornecedor terceirizado, que deve seguir o projeto de maneira adequada. Dito isso, pode-se relacionar como uma possível causa de método a falha na revisão das peças. Se a peça é oriunda de um fornecedor externo, deveria existir um procedimento de revisão que verificasse se o produto foi entregue conforme especificado. Além disso, relacionamos com uma possível causa de máquina algum possível defeito que o gabinete apresentado pode possuir, resultando numa má operação de parafusamento. Finalmente, relacionado a mão de obra, relacionamos como possível



causa a falta de orientações na tomada de decisão do processo, tendo em vista que podem não existir parâmetros claros sobre como proceder quando surge um defeito deste tipo na placa.

### IMPLEMENTAR (IMPROVE)

Nesta fase da nossa metodologia, recebemos da empresa a confirmação de que a causa raiz do problema foi no material, especificamente no heat sink produzido fora das especificações.

Figura 10- Furo lado externo de uma peça de dissipador



Como é possível ver na figura 10, a seguir, uma simples medição demonstra que o projeto do dissipador de calor. Apresentada anteriormente. Observamos que o furo, por onde é feito o parafusamento da peça, foi fabricado fora das margens de tolerância superior (2,2 + 0,12 mm). Assim ficou comprovado que o defeito na peça é uma das causas raízes do problema. Além disso, associamos nesta pesquisa um problema de falha na revisão das peças como uma das causas do problema. Assim, foi criado o seguinte plano de ação.

Plano de ação

O quê?	Por quê?	Como?	Onde?	Quem?	Quando?	Quanto?
Confecção do heat sink dentro das normas	A falha causou paralisação na produção	Reenvio das especificações e do projeto dimensional da peça	Fabricante externo	O fabricante externo deverá providenciar a fabricação das peças novas	Imediato	Valor já contratado, sem necessidade de adicional
Revisão interna das peças	A falta de revisão causou uso de peça inadequada	Utilizar instrumentos de medição adequados (paquímetro, etc.)	No recebimento das peças dentro da empresa	Time de Engenharia e Qualidade	Imediato, no recebimento das peças	Sem custos adicionais.

Como já explicitado na seção anterior, este estudo de caso utiliza a ferramenta DMAIC.

Nas fases anteriores, foi possível observar que:

- Definir: alto índice de rejeitos no processo relacionado ao parafusamento do heat sink.
- Medir: o heat sink pode ter sido fabricado fora das especificações.
- Analisar: entre as causas potenciais, identificamos duas - a peça defeituosa.

### CONTROLAR (CONTROL)

Na fase de controle, faz-se necessário acompanhar o plano de ação e estabelecer critérios

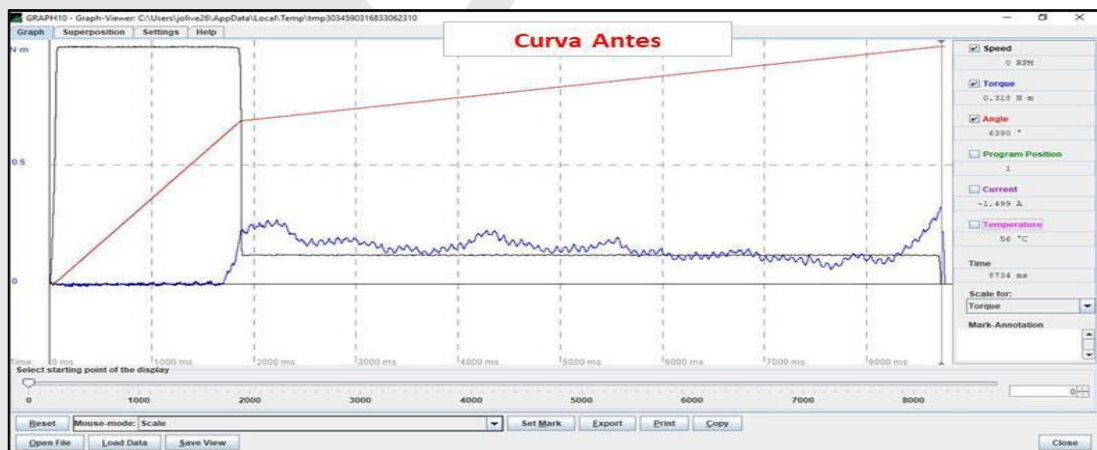
para o controle. Desse modo, com o plano de ação proposto na tabela 1, foram realizadas as seguintes ações de controle:

### Análise gráfica de torque e ângulo

Uma das formas de se verificar se o parafusamento está sendo feito de maneira adequada é observando se existe torque neste processo, uma vez que, com um furo acima do especificado o atrito entre o parafuso e o heat sink será mínimo. Isto foi comprovado através de uma peça defeituosa, foi fabricada fora das especificações por um fornecedor externo e há falha na revisão deste item.

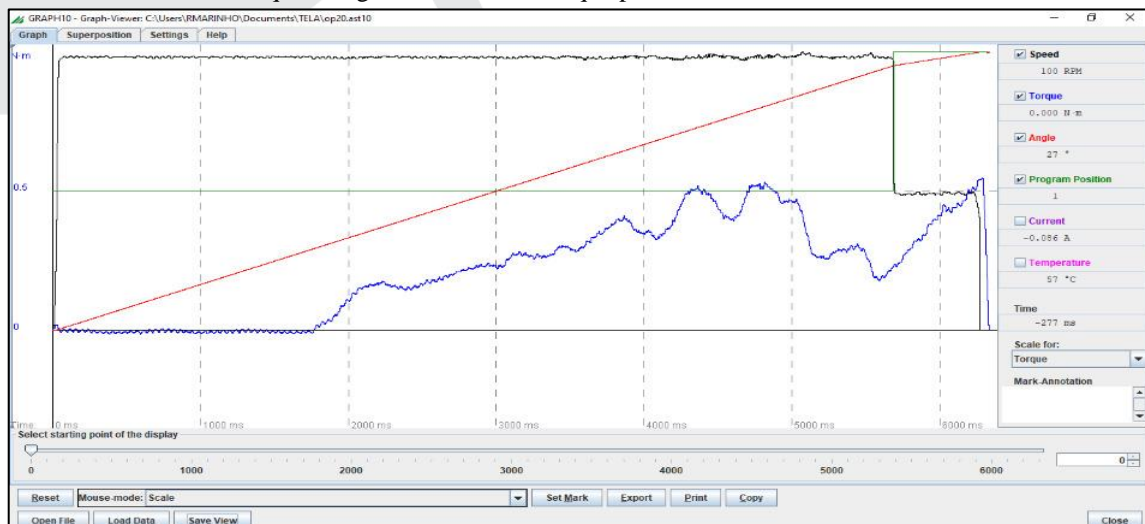
Implementar: Foi criado um plano de ação para solucionar a questão. Tendo sido exposta, de maneira resumida, a utilização da ferramenta DMAIC até aqui, trataremos como resultados e discussão os dados obtidos da execução do plano de ação, bem como o que foi obtido na fase de Controle.

Figura 11- Plano de Ação



A figura 11, a nos revela que o torque da parafusadeira é baixo (linha azul), comprovando que a peça defeituosa não consegue ser fixada na placa. Além disso, o ângulo (linha vermelha), não desenvolve uma única reta (ou seja, um mesmo coeficiente angular), o que nos indica que o parafuso <espanou>, danificando a placa. Após uma seleção de peças dentro das especificações, foi feito um novo gráfico, com heat sink adequado, e que está mostrado na figura 12.

Figura 12- Nova curva de torque x ângulo controlando torque para abertura de rosca no heat sink e controle de ângulo.



Observa-se que o torque aumentou, indicando que o parafusamento aconteceu de maneira adequada. Além disso, a curva de ângulo formou uma reta com coeficiente angular definido, comprovando que a parafusadeira realizou seu procedimento dentro do esperado.

**Acompanhamento dos novos heat sink fabricados.** Seguindo o proposto no plano de

ação, a empresa passou a inspecionar, de maneira amostral, a qualidade dos novos dissipadores de calor. Dessa forma, a cada mil unidades, foi deliberado que 10 seriam inspecionados. Além disso, o fornecedor externo deu garantias de cumprimento do projeto. **Acompanhamento do índice de falhas.** A empresa forneceu a seguir, onde é apresentado o resultado das intervenções para solução do problema. Como apresentado na tabela 2, e de acordo com o início das ações de controle e solução de problemas em dezembro/2021, a empresa pode perceber também uma redução de perdas financeiras decorrentes do defeito com o dissipador. Vale destacar que a placa danificada custa cerca de US\$10,30, mas que segundo a empresa, o prejuízo causado pelo defeito de cada placa é cerca de 8 vezes maior. Assim, podemos afirmar que em novembro de 2021, a empresa teve uma perda, só com este defeito de 37 parafusamento, da ordem de US\$128.000,00 que na cotação da época, correspondia a cerca de R\$700.000,00.

### 5 - Descrição da participação do solicitante em caso de ser co-autor

Como já abordado, o Modelo, O Uso da Ferramenta DMAIC: Alto Índice de Falhas no Processo de Parafusamento de Heat Sink- foi desenvolvido na dissertação de mestrado Juan Gabriel de Albuquerque Ramos, sob orientação do Professor Dr. Jandecy Cabral Leite.

### 6 - Descrição do estágio de andamento da utilização do produto/serviço

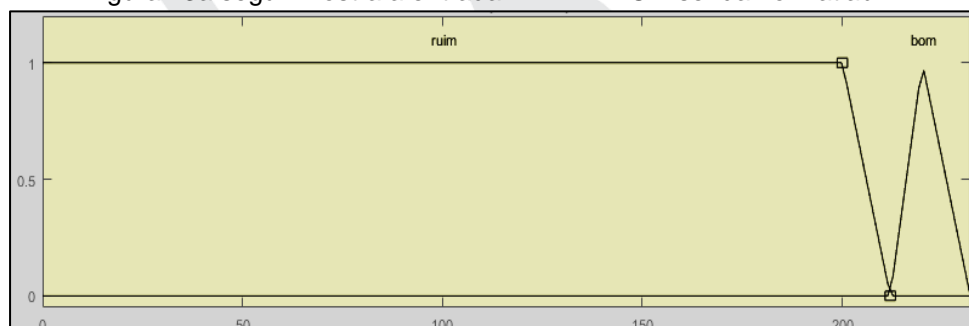
#### VALIDAÇÃO DA FASE CONTROLAR

Na fase de controle, a empresa nos apresentou um sistema de controle, presente na parafusadeira e até então não utilizado de maneira eficaz pela mesma. Este sistema permite controlar e acompanhar, inclusive graficamente, o torque e o ângulo do equipamento, de modo que a operação de parafusamento pode ser devidamente analisada sob o aspecto da ação da máquina. Assim, para evitar que uma falha no processo de inspeção do heat sink possa ocasionar novas perdas, utilizamos a lógica Fuzzy para validar o procedimento que foi adotado. Essa lógica é apresentada de maneira detalhada em Pontes (2022).

**Definição do conjunto Fuzzy:** Para estabelecimento do sistema fuzzy, as variáveis de entrada foram definidas por meio da identificação dos fatores que foram mais claros no processo de solução do problema de parafusamento: o diâmetro do furo onde o parafuso deve ser inserido, o torque necessário para o parafusamento e o ângulo em que o parafusamento acontece. Em conjunto com a equipe de engenharia da empresa, ficaram definidas as seguintes funções de pertinência. Definição das regras de inferência. Após a etapa de fuzzificação dos parâmetros de entrada, é necessário aplicar o conjunto de regras fuzzy. Nesta etapa é necessário determinar as regras do processo decisório do sistema.

**Simulação no MATLAB:** Com os conjuntos fuzzy definidos e as regras de inferências definidas são realizadas as simulações no software Matlab, versão Student R2019A, com a utilização do aplicativo gráfico Fuzzy Toolbox para visualização das condições possíveis para cada um destes fatores e o risco de realizar o parafusamento na placa. As regras definidas neste estudo são construídas regras para o sistema de inferência Fuzzy.

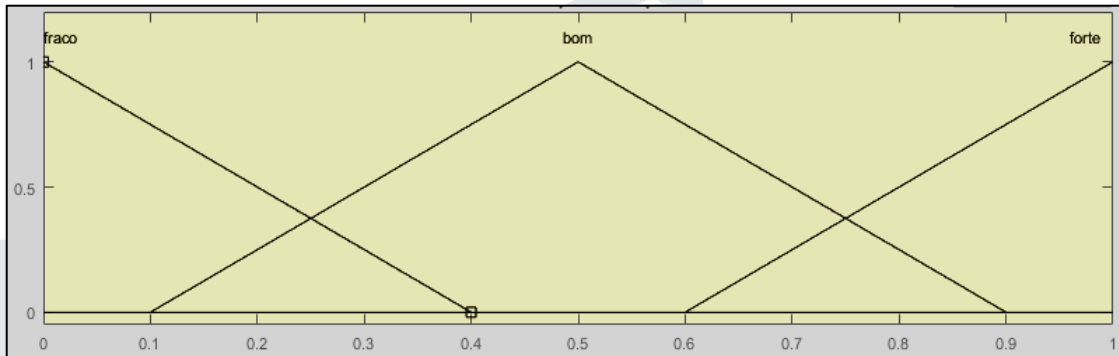
Figura 13a seguir mostra a entrada DIAMETRO inserida no Matlab.



Como já descrito ao longo da pesquisa, o diâmetro é parâmetro fundamental para um bom parafusamento, pois o parafuso precisa ter contato com o furo e gerar certo atrito.

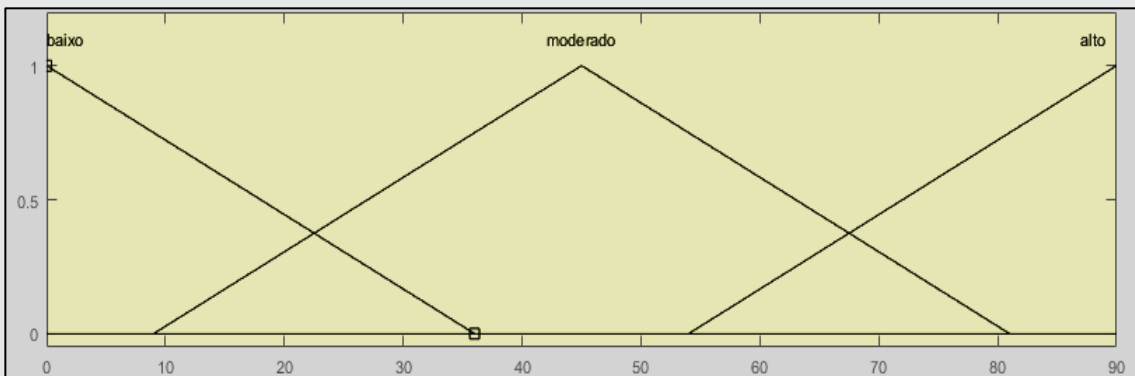
Nesse caso, qualquer diâmetro fora da especificação gera risco para o processo. A especificação ideal do furo é  $2,2 + 0,12$  mm.

A figura 13b seguir apresenta a entrada TORQUE.



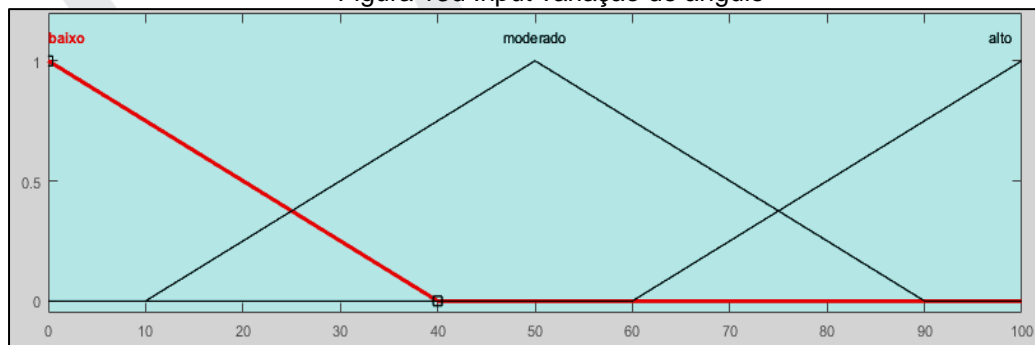
O torque padrão para este tipo de parafusamento é de 0.5N.m desta forma foi possível construir as condições acima para o torque, considerando que um torque só seria muito prejudicial se fosse forte e associado aos outros fatores fora da especificação.

A figura 13c seguir apresenta a entrada VARIAÇÃO DE ÂNGULO.



Em nossa análise, uma variação de ângulo acima de 45 graus no parafusamento poderia indicar um defeito. Por isso, construímos essa entrada considerando que variações de ângulo no parafusamento podem ocorrer, com limite de 90°, que seria a placa totalmente virada, impossibilitando o parafusamento. Cabe destacar que a máquina que executa o parafusamento é capaz de ajustar a placa para um parafusamento ideal. A figura 13d mostra a representação da saída RISCO DE PARAFUSAMENTO, onde será inferido se a placa pode ser danificada ou não. Segundo o acordado com o time de engenharia da empresa, um risco de até 50% (moderado) seria considerado aceitável para o prosseguimento do processo de parafusamento.

Figura 13d Input variação de ângulo

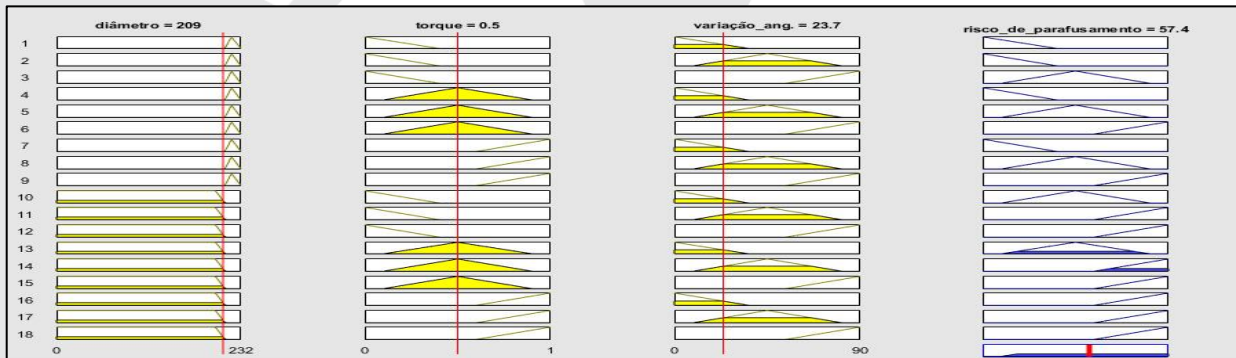


### Análise da tomada de decisão

Por meio dos resultados obtidos, foi possível constatar que o diâmetro da peça é o principal fator de risco para defeitos no parafusamento. De acordo com a lógica fuzzy, é possível inferir que mesmo que o torque esteja adequado e não haja variação de ângulo no processo, sem um *heat sink* fabricado conforme as especificações do projeto, o risco sempre

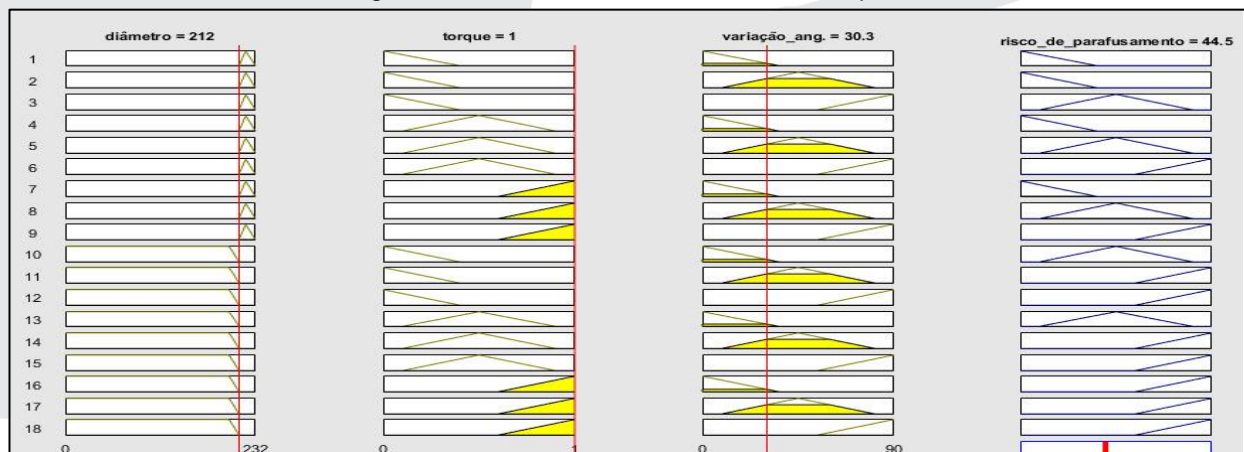
ficará acima dos 50% aceitáveis pela empresa. O modelo fuzzy adotado possui os dados de análise exibidos no visualizador de regras possibilitando a interpretação do processo de inferência e demonstrando as funções que refletem no resultado do sistema. Variando os valores das entradas, é possível analisar a saída do modelo proposto, alcançando um valor que possibilita uma correta análise da eficiência do método adotado para apoio na tomada de decisão no que tange ao tipo de estratégia sugerida pelo cruzamento das variáveis de entrada. A figura 14 a seguir evidencia que, mesmo com uma variação angular baixa e um torque ideal, se o diâmetro não estiver dentro da especificação, o risco de parafusar essa placa é acima do tolerado pela empresa.

Figura 14- Cenário com diâmetro fora dos padrões de projeto

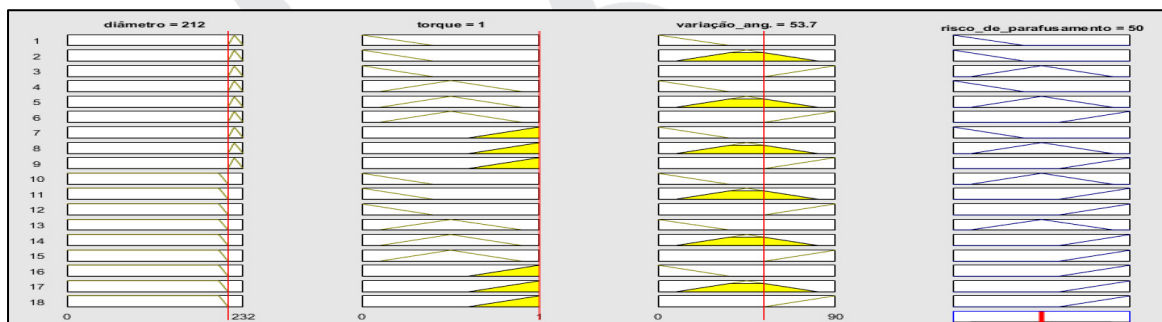


Por outro lado, a figura 15 evidencia que quando consideramos o diâmetro da peça dentro dos padrões do projeto, é possível verificar que o torque não é um fator tão importante, pois a sua variação não gera maiores impactos no risco.

Figura 15 Cenário com diâmetro bom e torque máximo



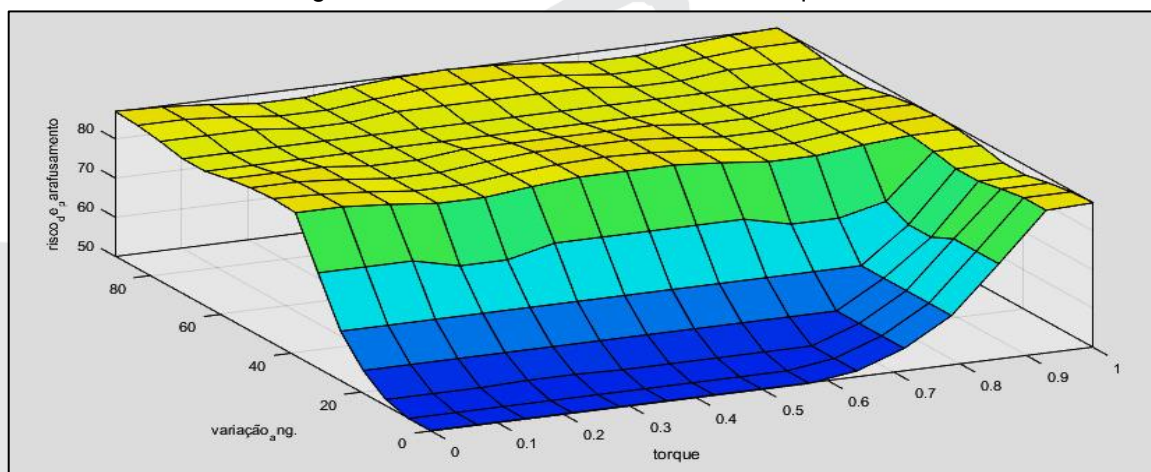
Por fim, foi detectado que a máxima variação angular que pode acontecer no processo de parafusamento, caso o torque seja elevado é de 53,7°, conforme ilustrado na figura 16.



A Figura 16 ilustra a janela de superfície gerada pelo MATLAB do modelo de estudo proposto, onde pode-se observar que, considerando o diâmetro do furo como dentro dos

parâmetros, o melhor cenário para o parafusamento acontecer é com a máquina sob baixo torque e baixa variação angular no processo.

Figura 16 Cenário com diâmetro bom e torque máximo



Dessa forma, com base nos resultados obtidos neste estudo de lógica fuzzy, podemos orientar a equipe de engenharia da empresa com os seguintes aspectos:

1. O fornecimento de um dissipador de calor de acordo com o projeto é elemento fundamental para o processo de parafusamento, pois como pode ser visto pela inferência fuzzy, qualquer falha no diâmetro do furo gera um risco acima do tolerável para este procedimento.

2. A máquina de parafusar possui um sistema de controle de torque e ângulo que precisa ser levado em consideração. É necessário acompanhar se estas variáveis estão em uma região considerada ótima, isto é: baixo torque e pequena variação angular. Para isso, a empresa precisará dispor de ações para automatizar esse controle junto da parafusadeira.

3. As recomendações e ações do time de engenharia são de caráter preventivo, de tal modo que é possível evitar a perda da placa depois de tal modo que é possível evitar a perda da placa depois de confeccionada.

## 7 – Referências (apenas as mencionadas no neste documento):

- ANDRADE, J. H. de; FERNANDES, F. C. F.; NANTES, J. F. D. **Avaliação do nível de integração entre PDP E PCP em ambiente de projeto e fabricação sob encomenda.** In: XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30. São Carlos, 2010. Anais... Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia de Produção 3 ABEPRO, 2010, p. 01-11.
- BICHENO, J.; HOLWEG, M. **The Lean toolbox: The essential guide to Lean transformation,** Picsie Books, 2008.
- CERQUEIRA, A.; NETO, B.P. **Gestão da qualidade princípios e métodos.** São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1991.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações:** manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2011. 690p COSTA.
- GONZALEZ, Rodrigo Valio Dominguez; MARTINS, Manoel Fernando. **Melhoria contínua no ambiente ISO 9001: 2000:** estudo de caso em duas empresas do setor automobilístico.
- GRAM, M. **Efficient production by avoiding the sources of loss in plant operation: Identified sources of loss in production and maintenance, and their influence on the factors of production,** TÜV Media, 2011.
- Production, v. 17, p. 592-603, 2007.
- Engenharia da Produção. Instituto A Vez do Mestre 3 Universidade Candido Mendes. Rio de Janeiro, RJ, 2009.

Gestão & Produção, v. 10, p. 17-33, 2003.

GUTENBERG, E. **Fundamentals of Business Economics**, Springer, 1972.

HAMANAKA, Raíssa Yuri y SOARES, Filipi Miranda. **A relação entre o mapeamento de processos e a modelização no contexto da gestão do conhecimento: estudo de caso aplicado em uma biblioteca digital**. Investig. bibl [online]. 2019, vol.33, n.81.

JUNIOR, Marcelo Pompermayer; DE LIMA, André; STOCO, Wanderson Henrique. **Busca de Melhoria Contínua em Processo Produtivo: Aplicações das Ferramentas de Gestão da Qualidade**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 3, p. 10621-10634, 2020.

MARANHÃO, M. **ISO Série 9000: manual de implementação: versão 2000: o passo-a-passo para solucionar o quebra-cabeça da gestão**. 8 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006. Xv, 2012p. 2006.

MESQUITA, Melissa; ALLIPRANDINI, Dário Henrique. **Competências essenciais para melhoria contínua da produção: estudo de caso em empresas da indústria de autopeças**.

MORAIS, A. P.; GODOY, L. P. **Qualidade em serviços: uma abordagem conceitual**. Bauru/SP, UNESP. 2006.

MOREIRA, D. A. (2011). **Administração da produção e operações**. São Paulo, Ed. Cengage Learning.

NEBL, T. **Production Management**, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2007.

no.1 Caldas Jan./June 2020 Epub Feb 04, 2021.

OHNO, T. **Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production**, Campus Verlag GmbH, 2010.

OHNO, T. **Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production**, Campus Verlag GmbH, 2010.

PACHECO, D. A. J; MARTELETTI, C; SILVEIRA, R. M. **Challenges for inventory management in consumer goods distribution companies**. Rev. Lasallista Investig. vol.17

PASCOAL, J. A. (2008). **Gestão estratégica de recursos materiais: controle de estoque e armazenagem**. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Universitário de João Pessoa-UNIPÊ, 62 p.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de projetos**. Gestão & Produção [online]. 2021, v. 28, n. 3.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. **Administração de Produção e Operações**. 1 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004. 431p.

serviços. 1 ed. Curitiba: UnicenP, 2007. 750p.

SMITH, Adam; RICARDO, David K. **Subramaniam, Capital Theory and Economic Analysis**. Gyan Books, 2007.

SOUZA, F. R. S. **Planejamento e controle da produção**. Monografia em Especialista em

SOUZA, J. V. T; FARIAS, M. S. **Health quality management in relation to patient safety: literature review**. Sanare (Sobral, Online). 2019.

TODOROV, Maria do Carmo Assis. **Competências do Secretariado Executivo na gestão de**

TÓFOLI, E. T. **Proposta de um modelo de alinhamento da metodologia seis sigma com o gerenciamento matricial de receita**. 2011.

**8 – Apêndice – comprovante que a pesquisa foi aplicada**

**APÊNDICE A**

Visteon


**DECLARAÇÃO**

Manaus-AM, 13 de março de 2023.

**APLICAÇÃO DE PESQUISA**

Declaramos para os devidos fins que JUAN GABRIEL DE ALBUQUERQUE RAMOS, matrícula aplicou o trabalho intitulado **USO DA FERRAMENTA DMAIC: ALTO ÍNDICE DE FALHAS NO PROCESSO DE PARAFUSAMENTO DE HEAT SINK**, na empresa **VISTEON AMAZONAS**, resultado do seu Projeto de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia/ITEGAM.

Atenciosamente,

  
Antônio Carlos de Castro da Silva  
CPF: 578.356.242-49  
Engenheiro Responsável



9 – Link seguido da print do artigo relacionado ao PTT:



ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

# IJDR

International Journal of Development Research  
Vol. 12, Issue, 12, pp. 60763-60772, December, 2022  
<https://doi.org/10.37118/ijdr.25942.12.2022>



RESEARCH ARTICLEOPEN ACCESS

## USE OF THE DMAIC TOOL: HIGH FAILURE RATE IN THE HEAT SINK BOLTING PROCESS

**\*Juan Gabriel de Albuquerque Ramos and Jandecy Cabral Leite**

<sup>1</sup>Academic of the Postgraduate Program in Engineering, Process Management, Systems and Environmental (PPEMSE) at the Institute of Technology and Education Galileo from Amazônia - ITEGAM. Avenue Joaquim Nabuco No 1950, Downtown. ZIP CODE: 69.020-030. Manaus-AM, Brazil; <sup>2</sup>Professor and researcher of the Professional Master's in Engineering, Process Management, System and Environmental at the Institute of Technology and Education Galileo from Amazônia - ITEGAM. Avenue Joaquim Nabuco No 1950, Downtown. ZIP CODE: 69.020-030. Manaus-AM, Brazil

### ARTICLE INFO

---

**Article History:**  
Received 19<sup>th</sup> September, 2022  
Received in revised form  
20<sup>th</sup> October, 2022  
Accepted 2<sup>nd</sup> November, 2022  
Published online 25<sup>th</sup> December, 2022

---

**Key Words:**  
DMAIC; Loss reduction; Improvement;  
Production management.

---

**\*Corresponding author:**  
Juan Gabriel de Albuquerque Ramos

### ABSTRACT

---

The DMAIC methodology has the potential to detect flaws in production processes and point out improvements for the results. In this sense, the general objective of this research seeks to point out through a case study how the use of DMAIC within a company in the manufacturing sector of other assorted electrical equipment and components, evaluating the high failure rate in the heat sink screwing process, can be an effective tool to leverage and improve the company's production processes, thus resulting in greater profitability. Thus, the specific objectives seek to present and conceptualize what is quality management, conceptualize what is production management and how the application of its primary principles result in advantages for an effective production management, elucidate what and how a process mapping occurs in accordance with the process engineering. To present and conceptualize what the continuous improvement of processes is and what its main tools are, to conceptualize what the DMAIC methodology is, and finally, to conduct a case study in a company that produces and supplies automotive parts, pointing out how the use of DMAIC can be a great differential, in order to reduce failures in production processes and leverage profitability. In order to reach the objectives, bibliographical research was carried out to survey the theoretical basis and, subsequently, a case study was applied in Company X. Finally, it is suggested that a new case study be conducted, where the DMAIC methodology can be applied again, in order to demonstrate its effectiveness in manufacturing companies.

---

Copyright©2022, Juan Gabriel de Albuquerque Ramos and Jandecy Cabral Leite. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Juan Gabriel de Albuquerque Ramos and Jandecy Cabral Leite. 2022. "Use of The Dmaic Tool: High Failure Rate In The Heat Sink Bolting Process". International Journal of Development Research, 12, (12), 60763-60772.

