



INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO

Campus Recife

Departamento de Engenharia Mecânica

Bacharel em Engenharia Mecânica

Anderson Torres de Lima Silva

**REDUÇÃO DO CUSTO SETORIAL COM O INSERTO SOMX 084005 UM MC 5020
UTILIZADO NA USINAGEM DO FURO DA CAIXA SATÉLITE DE UM
DIFERENCIAL: UM ESTUDO DE CASO**

Recife, Pernambuco

2024

ANDERSON TORRES DE LIMA SILVA

**REDUÇÃO DO CUSTO COM O INSERTO SOMX 084005 UM MC 5020 UTILIZADO
NA USINAGEM DA CAIXA SATÉLITE DE UM DIFERENCIAL: UM ESTUDO DE
CASO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Graduação em Bacharel em Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Tiago de Sousa Antonino.

Recife, Pernambuco

2024

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Danielle Castro da Silva CRB4/1457

S586r

2024 Silva, Anderson Torres de Lima

Redução do custo setorial com o inserto SOMX 084005 um MC 5020 utilizado na usinagem do furo da caixa satélite de um diferencial: um estudo de caso. / Anderson Torres de Lima Silva. --- Recife: O autor, 2024.

56f. il. Color.

Trabalho de Conclusão (Curso Superior Tecnológico em Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Pernambuco, Recife, 2024.

Inclui Referências.

Orientador: Prof. Dr. Tiago de Sousa Antonino.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeira a Deus por toda a força que me foi dada para concluir o curso apesar das dificuldades.

Agradeço também a meus pais Sergio e Jacilene que me deram apoio durante toda a jornada, me incentivando sempre a nunca desistir dos meus sonhos, tornando possível tudo que conquistei.

Agradeço a minha noiva Luzanira por todo apoio, gentileza, carisma e confiança que depositou em mim, desde o início da faculdade até os momentos atuais.

Agradeço a meus amigos da faculdade que me auxiliaram durante toda a jornada da graduação, principalmente no início onde foi meu ponto de maior dificuldade.

Agradeço ao professor José Ângelo Peixoto da Costa que me incentivou desde o início do curso a adentrar no mundo da engenharia mecânica.

Agradeço ao professor Tiago de Sousa Antonino por ter me ajudado com o desenvolvimento do meu trabalho de conclusão de curso, sendo fundamental na minha formação.

E agradeço a todos que de forma geral, me auxiliaram durante todo meu trajeto profissional e acadêmico.

“A educação é a arma mais poderosa
que você pode usar para mudar o
mundo”
(Nelson Mandela)

RESUMO

No cenário atual das indústrias nacionais e internacionais existe uma necessidade por inovação objetivando pontos como crescimento contínuo, inserção em diferentes mercados de trabalho e adequação as necessidades atuais da sociedade. O uso de ferramenta da qualidade é imperativo nesse cenário para garantir a competitividade e obter o sucesso a curto e longo prazo, além de outras vantagens advindas das ferramentas como: desenvolvimento tecnológico, redução de custos, exigências do mercado, competição global e sustentabilidade. Para esse estudo de caso em uma indústria metalúrgica as ferramentas da qualidade foram utilizadas para detectar pontos de melhoria no processo e tomar decisões afim de reduzir a quebra de inserto utilizado na calibração de furo de uma caixa satélite de diferencial utilizada no Onix GM. Esse estudo possui uma metodologia que atua com o mapeamento de toda linha de produção e através das análises dos indicadores PQCDS – Produção, qualidade, custo, delivery e saúde em conjunto de ferramentas da qualidade como GUT, Pareto, Ishikawa, 6M'S e brainstorming para analisar situações e dados, realizar tomadas de decisão. Através dessas ferramentas de MASP, a causa raiz do problema foi detectada, soluções foram propostas e postas em prática e assim o sucesso foi alcançado no quesito redução de quebra de inserto. Através da melhoria implantada todos os outros tornos CNC da fábrica poderão utilizar da mesma metodologia para identificar previamente o problema e atuar corretivamente. O método para identificar o problema e corrigir o mesmo pode ser realizado por funcionários da própria organização em suas atividades rotineiras sem necessidade de investimentos, dessa forma, o trabalho realizado foi considerado de baixo custo além da economia gerada devido à redução na aquisição mensal de insertos.

Palavras-chave: Ferramentas da qualidade; processo de fabricação; diferencial; MASP, KPI, Melhoria Contínua, Torneamento.

ABSTRACT

In the current scenario of national and international industries, there is a need for innovation aiming at aspects such as continuous growth, entry into different markets, and adaptation to the current needs of society. The use of quality tools is imperative in this scenario to ensure competitiveness and achieve short and long-term success, in addition to other advantages derived from the tools such as: technological development, cost reduction, market demands, global competition, and sustainability. For this case study in a metallurgical industry, quality tools were used to identify areas for improvement in the process and make decisions to reduce the breakage of inserts used in the calibration of a differential satellite box used in the GM Onix. This study has a methodology that involves mapping the entire production line and, through the analysis of PQCDs indicators - Production, Quality, Cost, Delivery, and Health - along with quality tools such as GUT, Pareto, Ishikawa, 6M'S, and brainstorming to analyze situations and data, make decisions. Through these MASP tools, the root cause of the problem was detected, solutions were proposed and put into practice, and thus success was achieved in reducing insert breakage. Through the implemented improvement, all other CNC lathes in the factory will be able to use the same methodology to identify the problem in advance and act accordingly. The method to identify and correct the problem can be carried out by employees of the organization in their routine activities without the need for investments; thus, the work performed was considered low-cost, in addition to the economy generated by the reduction in monthly acquisition of inserts.

Keywords: Quality tools; manufacturing process; differential; MASP, KPI, Continuous Improvement, Turning.

FIGURAS

Figura 1 - Hornsby Tractor	12
Figura 2 - Componentes de um diferencial	13
Figura 3 - Torno CNC utilizado na calibração de furo do diferencial	18
Figura 4 - Fixação do diferencial no torno	19
Figura 5 - Fixação por castanhas com acionamento hidráulico	20
Figura 6 - Fixação por pinça	20
Figura 7 - Torno CNC acoplado a um alimentador de barras	21
Figura 8 - PQCDs: Indicadores chave para organizações industriais	22
Figura 9 - Matriz GUT: Método e exemplo prático	24
Figura 10 - Diagrama de Pareto	25
Figura 11 - Diagrama de Ishikawa	25
Figura 12 - PQCDs: Problemas detectados	34
Figura 13 - Critérios para matriz de priorização GUT	35
Figura 14 - Resultado da matriz de decisão/priorização GUT	36
Figura 15 – Ficha técnica de insertos do setor de calibração de furo do diferencial	40
Figura 16 - Diagrama de Ishikawa formado	41
Figura 17 - Certificado de matéria prima do diferencial	42
Figura 18 - Suporte VDI utilizado atualmente no torno de calibração e suas complicações	44
Figura 19 - Posicionamento: ferramenta x peça para usinagem	45
Figura 20 - Posicionamento ferramenta x peça: Vista alternativa	45
Figura 21 - Exemplo de base articulada com relógio comparador	46
Figura 22 - VDI Bipartido: Conceito de fixação	47
Figura 23 - Esquema 2D: VDI Bipartido	47
Figura 24 - Fabricação do suporte VDI Bipartido	48
Figura 25 - Suporte VDI Bipartido: Protótipo	49
Figura 26 - Posicionamento do relógio e base magnética para avaliar o zeramento da torre	50
Figura 27 - Planos XY do suporte VDI e torre	50
Figura 28 - Instrução de trabalho para checagem do alinhamento da torre	52

TABELAS

Tabela 1 - Análise GUT do indicador "Produtividade"	35
Tabela 2 - Análise GUT do indicador "Custo"	36

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Custo com ferramental no setor de usinagem do furo do diferencial	15
Gráfico 2 - PPLH - Indicador de produtividade	29
Gráfico 3 - Reclamações do cliente interno	30
Gráfico 4 - Reclamações do cliente externo	30
Gráfico 5 - Sucata no período analisado	31
Gráfico 6 - Análise do custo geral do setor	32

Sumário

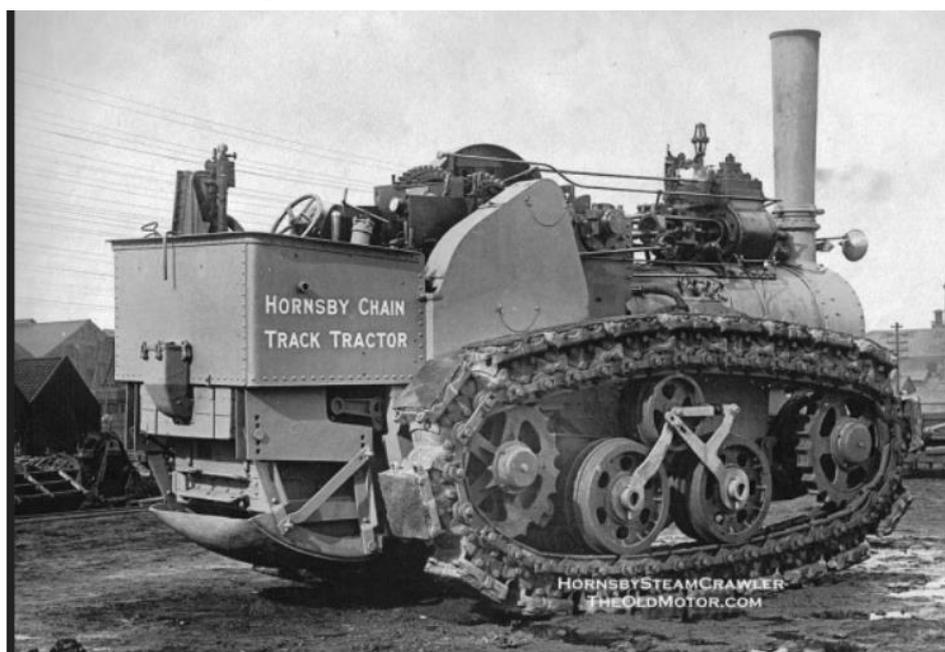
1 - INTRODUÇÃO	12
1.1 - Composição do diferencial	13
1.1.1 - Diferencial aberto - Open	13
1.1.2 - Diferencial autoblocante de embreagem	14
1.1.3 - Diferencial Torsen	14
1.1.4 - Generalidades	14
1.2 - Motivação	15
1.3 - Objetivo geral	16
1.4 - Objetivos específicos	16
2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 - Processos de fabricação e Ferramentas da qualidade	17
2.1.2 - Método de fabricação do diferencial	18
2.1.3 - Torneamento	18
2.1.3.1 - Fixação com Encosto e Castanha	19
2.1.3.2 - Fixação com Pinça	20
2.2 - Ferramentas da Qualidade	21
2.2.1 - KPI (Key Performance Indicator)	22
2.2.1.1 - KPI Produtividade	23
2.2.1.2 - KPI Qualidade	23
2.2.1.3 - KPI Custo	23
2.2.1.4 - KPI Delivery	23
2.2.1.5 - KPI Segurança	23
2.2.2 - Matriz de Prioridade GUT	23
2.2.3 - Diagrama de Pareto	24
2.2.4 - Diagrama de Causa e Efeito	25
2.2.5 - Brainstorming	26
2.2.6 - SMART	26
3 - METODOLOGIA	28
3.1 - Análise dos KPI'S (Key Performance Indicator)	28
3.1.1 - Produtividade	28
3.1.2 - Qualidade	29
3.1.2.1 - Reclamações de clientes internos	29

3.1.2.2 - Reclamações de clientes externos	30
3.1.2.3 - Sucata	30
3.1.3 - Custo	31
3.1.4 - Delivery	32
3.1.5 - Segurança	33
3.2 - Matriz de priorização – GUT	34
3.2.1 - Avaliação dos indicadores Produtividade e Custo	35
3.2.2 - Priorização do indicador mais crítico	36
3.3 - Diagrama de Pareto	37
3.4 - Diagrama Causa e Efeito	40
3.4.1 - Análise da Mão de Obra	41
3.4.2 - Análise do Meio Ambiente	42
3.4.3 - Análise da Máquina	42
3.4.4 - Análise da Matéria Prima	42
3.4.5 - Análise da Medida	43
3.4.6 - Análise do Método	43
3.5 - Avaliação da Máquina	43
3.5.1 - Porta ferramenta	43
3.5.2 - Desalinhamento na torre	44
3.6 - Soluções Propostas	46
3.6.1 - Suporte VDI Bipartido	46
3.6.1.1 - Fabricação do Suporte VDI Bipartido	48
3.6.2 Alinhamento da torre do torno CNC	49
4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS	51
4.1 - Alinhamento da torre do torno CNC	51
4.1.1 – Instrução de trabalho para detecção do desalinhamento	51
4.2 - Suporte VDI Bipartido	52
4.3 - Análise Econômica	53
4.3.1 - Custo com implementação	53
4.3.2 - Economia com os insertos	54
5 - CONSIDERAÇÕES	55
REFERÊNCIAS	56

1 - INTRODUÇÃO

Os primeiros automóveis 4 rodas tinham apenas uma das rodas ligadas ao motor, gerando excessivo trabalho naquela roda ligada (COSTA, 2019), dessa forma surgiu a necessidade de um dispositivo que minimizasse esse problema de carga excessiva em uma das rodas. O diferencial é um dispositivo mecânico que distribui por igual nas duas rodas o torque gerado pelo motor, assim, as rodas giram em diferentes velocidades durante as curvas. O diferencial foi criado pelo inventor francês Onesiforo Pecqueur em 1827 (FLETCHER, 1983), e, utilizando a ideia do francês a *Hornsby In Grantham (Hornsby Tractors)* criou seu primeiro trator, **Figura 1**, com esse dispositivo mecânico que distribui as velocidades conforme a necessidade nas curvas, trator esse utilizado para atender as necessidades do exército britânico (FLETCHER, 1983).

Figura 1 - Hornsby Tractor



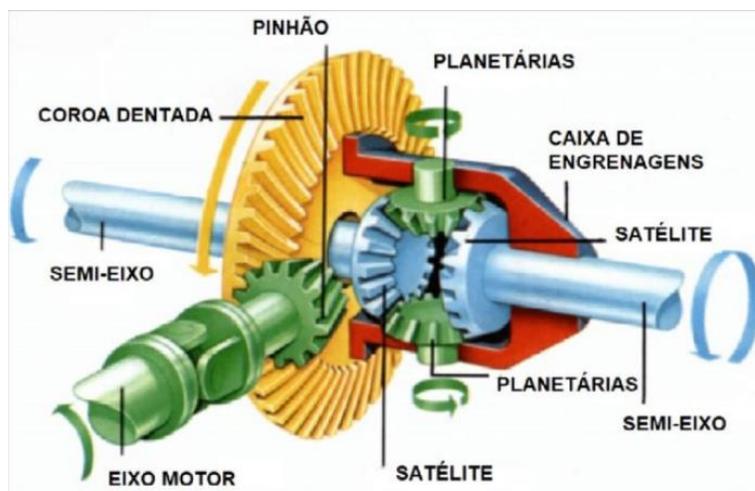
Fonte: bangshift, 2023.

1.1 – Composição do diferencial

O diferencial é composto pelos seguintes itens:

- Engrenagem satélite;
- Engrenagens planetárias;
- Eixo de apoio das engrenagens satélites
- Semi-eixos
- Coroa
- Pinhão
- Caixa do satélite diferencial

Figura 2 - Componentes de um diferencial



Fonte: Zotti, 2020.

Existe mais de um tipo de diferencial, e eles possuem um diferente tipo de funcionamento. A seguir, uma breve explicação sobre.

1.1.1 - Diferencial aberto - Open

De acordo com (CROLA,2009), esse é o tipo mais comum, sendo utilizado por grande parte dos carros. Com esse tipo de diferencial, cada roda terá o mesmo torque aplicado. Ele permite que as rodas girem de forma independente, sendo ideal para curvas em estradas secas. Um defeito nesse tipo de diferencial, é que em superfícies

escorregadias pode ocorrer de uma das rodas (a com menos tração) gire de forma livre, ocasionando na ausência de movimento e tração.

1.1.2 - Diferencial autoblocante de embreagem

Esse tipo de diferencial é capaz de mudar o torque da roda de maior tração e assim limitar o escorregamento da roda que possui menor tração (CROLA,2009). A desvantagem para esse tipo de diferencial é que existe um limite no torque transmitido para a roda que necessita de maior tração (devido ao maior atrito existente).

1.1.3 - Diferencial Torsen

Uma variação do diferencial autoblocante de acordo com CHOCHOLEK. Basicamente, esse diferencial funciona como um diferencial open com uma distribuição meio a meio de torque, porém se necessário, o eixo de maior tração pode receber até 75% do torque se necessário (CHOCHOLEK, 1988).

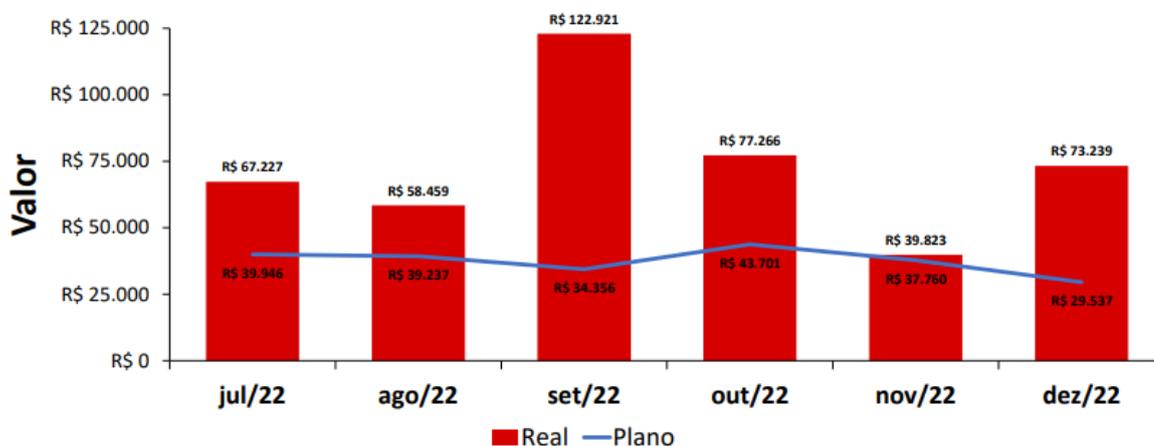
1.1.4 - Generalidades

Devido à complexidade do conjunto, a caixa satélite precisa ser fabricada seguindo normas rígidas para que nenhum problema ocorra na montagem do conjunto, e conseqüentemente no funcionamento do veículo que irá comportar o diferencial. Porém, além da qualidade garantida que o produto necessita ter, o custo é outro item de suma importância para o contínuo crescimento de qualquer fábrica. Uma forma de realizar essa análise é através do acompanhamento periódico de indicadores, que irão fornecer dados sobre o andamento das metas com todos os custos relacionados a fabricação daquele produto.

Em uma Fábrica Multinacional Japonesa que trabalha com processos de usinagem para fabricação de engrenagens, discos, coroas, pinhões e diferenciais, foi observado que o custo com inserto estava muito elevado no setor de usinagem do furo do diferencial (**Gráfico 1**). Após uma análise mais profunda, observou-se que um inserto estava com apenas $\frac{1}{4}$ de sua vida útil, resultando em um gasto elevado com

ferramenta. Após detectar esse problema ações foram tomadas afim de detectar os problemas causando a redução na vida útil do inserto, e assim, sanar esse problema.

Gráfico 1 - Custo com ferramental no setor de usinagem do furo do diferencial



Fonte: O Autor, 2023.

1.2 - Motivação

Em fábricas que utilizam o torneamento como processo de manufatura é de suma importância que o custo com inserto (ferramenta de corte) seja o mínimo possível, com dois intuitos: aumentar o lucro e vender o produto ao cliente com o preço competitivo.

Ao analisar os indicadores do setor de calibração de furo da caixa satélite na empresa em questão, foi observado que o custo com inserto alcançava cerca de 50% com o custo mensal do setor. Problema esse ocasionado devido a uma demanda acima do planejado com o inserto SOMX 084005 UM MC 5020. Dessa forma, esse problema precisará ser sanado para atingirmos 2 objetivos principais: Reduzir os custos do setor, e atingir as metas SDG (Sustainable Development Goals) que foram estabelecidas pela ONU, que devem ser atendidas até 2030. Através da redução do uso do inserto, reduziremos também a quantidade de material a ser descartado, que tem grande impacto ambiental.

1.3 - Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é reduzir o custo setorial com o inserto SOMX 084005 UM MC 5020, responsável pela operação de usinagem do furo da caixa satélite de um diferencial utilizado nos carros ônix e spin.

1.4 - Objetivos específicos

- Levantamento bibliográfico sobre o diferencial e o processo de fabricação utilizado no mesmo;
- Levantamento bibliográfico sobre as ferramentas da qualidade que serão utilizadas;
- Avaliação dos indicadores do polo fabril;
- Avaliação da máquina responsável pela calibração de furo;
- Utilizar ferramentas da qualidade para detectar o problema;
- Propor solução para o problema.

2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse tópico, iremos explicar sobre o processo de usinagem utilizado para usinar o furo do diferencial e sobre as ferramentas de qualidade que serão utilizadas para analisar dados e situações que envolvem tomada de decisão baseada em priorização, ferramentas essas que ajudam a justificar o motivo da escolha.

Esta fase do trabalho está relacionada com a concepção teórica da literatura. O objetivo desta parte é descrever melhor os diferentes tipos de processos mecânicos de fabricação usados para fabricar o produto sob investigação. Também mostrar as principais ferramentas da qualidade, suas respectivas aplicações dentro da indústria automotiva e métodos de avaliação para análise e solução de problemas. Esta parte do trabalho proporciona uma melhor compreensão das ferramentas utilizadas para desenvolver o tema proposto e a justificativa para as escolhas realizadas ao longo deste trabalho.

2.1 - Processos de fabricação e Ferramentas da qualidade

Os processos de fabricação na área da mecânica se referem a várias técnicas em conjunto de procedimentos que são utilizados para criação de peças e/ou componentes mecânicos a partir de uma matéria prima bruta. Consiste na remoção ou adição de material com o intuito de formar uma peça tomando como base especificações técnicas fornecidas por normas.

As ferramentas da qualidade dentro da indústria automotiva consistem em técnicas e métodos utilizados na melhoria dos processos, produtos e serviços da organização, com o objetivo principal de se alcançar a excelência operacional e satisfazer a necessidade dos clientes. Existem várias ferramentas da qualidade, cada uma com seu propósito, porém de forma geral, elas auxiliam na identificação de problemas, análise de dados, tomada de decisões baseadas em evidência e implementação de melhorias no processo produtivo.

2.1.2 - Método de fabricação do diferencial

A fabricação do diferencial bruto não é realizada pela organização, dessa forma, a aquisição do item é realizada através de fornecedores parceiros. O diferencial em questão é manufaturado através do processo de fundição que consiste em fabricar peças através da fusão da matéria prima bruta até atingir o estado líquido, posterior vazamento desse líquido até um molde, resfriamento e solidificação da peça, assim, o diferencial bruto é fabricado.

2.1.3 - Torneamento

Torneamento é o processo mecânico de usinagem destinado a obtenção de superfícies de revolução com auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes, com a peça girando em torno do eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta de corte se desloca simultaneamente segundo a trajetória coplanar com o referido eixo (Ferraresi, 1970). Na **Figura 3** observamos o interior de um torno CNC (comando numérico computadorizado), que é utilizado neste estudo de caso.

Figura 3 - Torno CNC utilizado na calibração de furo do diferencial



Fonte: O Autor, 2023.

Para esta análise, a operação utilizada no diferencial se chama “calibração de furo”, que é nada mais que uma operação de torneamento com o intuito de remover material do furo, de forma que tenha um excelente acabamento. Dessa forma, a carcaça do diferencial é fixada no torno, e passa pelo processo de torneamento do furo. Na **Figura 4** observamos como é realizada a fixação da caixa satélite do diferencial no torno CNC.

Figura 4 – Método de fixação do diferencial no torno



Fonte: O autor, 2023.

Os dois principais métodos de fixação nos tornos CNC são citados a seguir.

2.1.3.1 – Fixação com Encosto e Castanha

As peças são fixadas a partir de 3 castanhas (**Figura 5**) com fechamento simultâneo, utilizando um sistema de fechamento hidráulico automático (Coelho; Oliveira; Silva, 2013). Existe um acionamento externo a máquina que pode ser acionado, geralmente com o pé, capaz de realizar a abertura e fechamento das castanhas, aumentando a produtividade devido a redução do tempo de manejo das castanhas com a peça para realizar a fixação.

Figura 5 - Fixação por castanhas com acionamento hidráulico

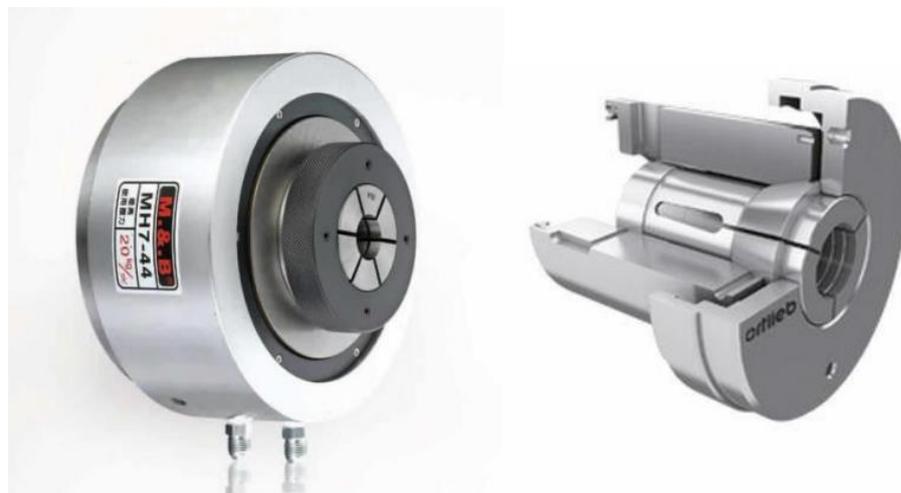


Fonte: Coelho; Oliveira; Silva, 2013.

2.1.3.2 – Fixação com Pinça

A fixação por pinça é uma alternativa a fixação com castanhas, porém, devido ao curso de fechamento e abertura na ordem de 1mm a fixação por pinça limita mais o diâmetro de fixação das peças com relação a fixação por castanha. Devido ao erro de batida mínimo nas peças torneadas, esse tipo de fixação é de uso preferível em operações de acabamento.

Figura 6 - Fixação por pinça



Fonte: Coelho; Oliveira; Silva, 2013.

Existem outros sistemas de fixação para tornos CNC além da fixação por castanhas e pinças, porém, todos são automatizados devido a finalidade do torno CNC que é da produção de grandes lotes.

Uma curiosidade sobre tornos CNC, é que em lotes de produção em massa onde a peça pode ser fabricada diretamente de uma barra maciça de aço, é possível automatizar o sistema alimentador do torno para substituir os pedais de fechamento e abertura da fixação por um alimentador de barras, assim, o torno possuirá um sistema que sempre que uma peça for torneada, a barra se deslocará para frente com um comprimento útil de forma que seja possível reiniciar o ciclo de desbaste e acabamento, até que surja a necessidade de uma nova barra. Nesse modo de funcionamento, o alimentador fica acoplado de forma externa do cabeçote fixo, com o alinhamento igual ao do eixo árvore da máquina. Na **Figura 7** observa-se um torno CNC acoplado a um alimentador de barras.

Figura 7 - Torno CNC acoplado a um alimentador de barras



Fonte: Coelho; Oliveira; Silva, 2013.

2.2 - Ferramentas da Qualidade

O mercado atual é altamente competitivo e com os clientes cada vez mais exigentes quanto a qualidade dos produtos, assim, a estratégia se tornou garantir produtos de qualidade para que ocorra o crescimento da organização, e para tal, as ferramentas da qualidade são um norte a serem seguidos para que os processos sejam sempre realizados de forma a garantir a melhoria contínua (Braga, B; Almeida M, 2021).

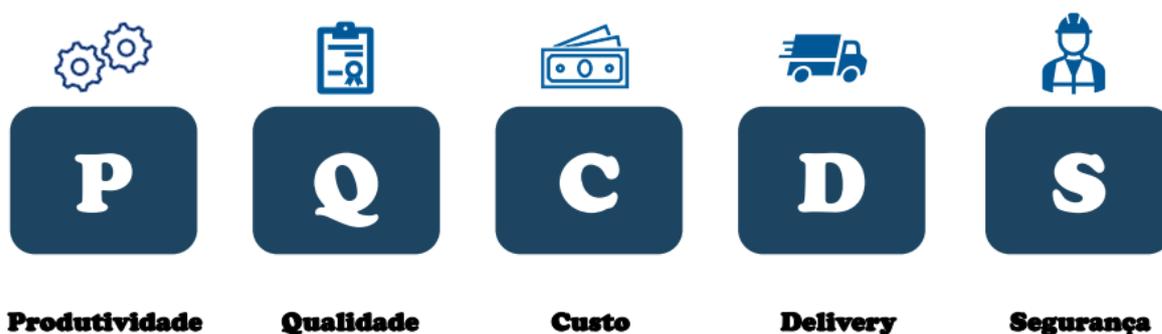
Paulista e Alvez (2014) enfatizam que o crescimento empresarial e a sobrevivência têm uma forte relação com o processo de melhoria dos produtos, onde exige-se a certificação de qualidade. Dessa forma, existe uma grande necessidade no uso de ferramentas de qualidade que detêm a capacidade de melhorar o processo e produto, detectar problemas e priorizar a ordem de solução dos mesmos. Segundo Vieira (1999), o sucesso no controle de qualidade depende em grande parte do sucesso no uso das ferramentas da qualidade.

2.2.1 - KPI (Key Performance Indicator)

Dentro do parque fabril, existem metas a serem cumpridas e para que isso ocorra precisamos ter uma forma para avaliação dessas metas. Os indicadores tem essa função, eles nos mostram como está o andamento das metas, com o intuito de sabermos se estamos no caminho correto ou não. Através das análises dos indicadores iremos saber se temos algum problema relacionado a determinado ponto que está sendo avaliado, e em caso positivo agir de forma a corrigir o problema que nos impede de alcançar as metas. Os KPI's são importantes para monitoramento de performance na indústria, e eles podem ser usados também para identificar pontos potenciais de melhoria (Lindberg, et al. 2015).

Existem diversos indicadores para analisar, porém, precisamos focar nos principais dentro do ramo industrial tomando como base a gestão da qualidade e melhoria contínua. Nesse contexto, é feita a análise PQCDS que se remete a 5 pontos chave a serem monitorados e avaliados, sendo eles conforme a **Figura 8**.

Figura 8 - PQCDS: Indicadores chave para organizações industriais



2.2.1.1 – KPI Produtividade

Na produtividade será avaliado PPLH (Parts labor hour) que se refere as peças por hora de trabalho, assim, iremos avaliar se a cada hora está sendo fabricado a quantidade de peças suficiente para o cliente seja atendido.

2.2.1.2 – KPI Qualidade

A qualidade irá avaliar a satisfação do cliente através do histórico de reclamações.

2.2.1.3 – KPI Custo

É avaliado se o custo relacionado aos recursos está de acordo com o estipulado para atendimento das metas.

2.2.1.4 – KPI Delivery

Nesse tópico a expedição da fábrica é avaliada, para verificar se os produtos estão sendo expedidos conforme planejado ou se houveram problemas relacionados a atrasos e/ou custo adicional para envio.

2.2.1.5 – KPI Segurança

Será avaliado se todos os requisitos de segurança são atendidos por todos os pontos por onde o produto passa, desde seu primeiro ao último processo de fabricação.

2.2.2 - Matriz de Prioridade GUT

A matriz de priorização GUT é uma ferramenta fundamental e muito utilizada pelas empresas para priorização dos problemas que devem ser solucionados pela gestão, através da priorização das atividades que devem ser realizadas e

desenvolvidas (Ferreira, R. Pierre, F. 2022). Em uma situação onde é necessário utilizar a matriz de prioridade GUT, precisamos pontuar de 1 a 5 (conforme o grau de importância) os problemas selecionados levando em conta o GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), e ao fim da pontuação, multiplicar os pontos em cada tópico a fim de avaliar o maior valor obtido, sendo esse o problema prioritário. Na **Figura 9** observamos um exemplo de como utilizar a matriz GUT, os seus critérios e um exemplo prático.

Figura 9 - Matriz GUT: Método e exemplo prático

Nota	Gravidade	Urgência	Tendência		
5	Extremamente grave	Precisa de ação imediata	Irá piorar rapidamente		
4	Muito grave	Urgente	Irá piorar em pouco tempo		
3	Grave	O mais rápido possível	Irá piorar		
2	Pouco grave	Pouco urgente	Irá piorar a longo prazo		
1	Sem gravidade	Pode esperar	Não irá mudar		

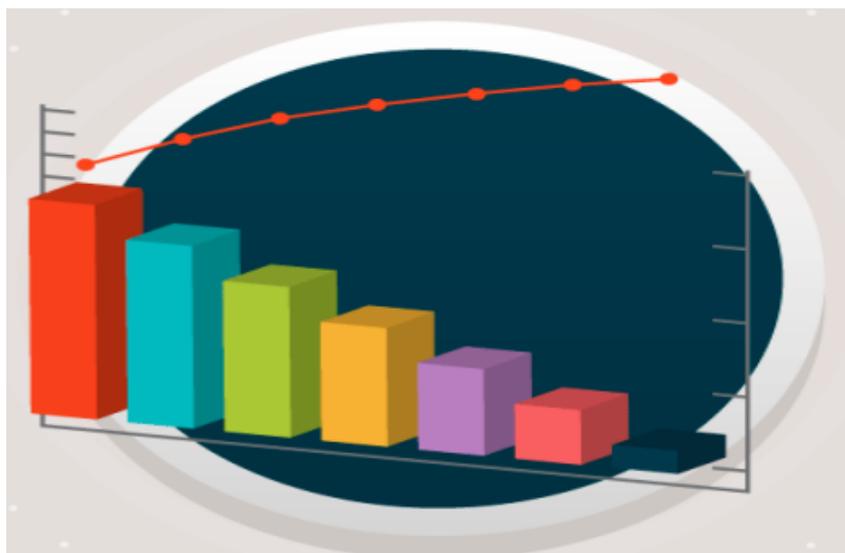
Problema	Gravidade	Urgência	Tendência	GxUxT	Prioridade
Falha do Planejamento da Produção	3	3	2	18	5
Falta de Operador de Empilhadeira	5	5	2	50	2
Quebra do equipamento	5	4	3	60	1
Falta de paletes de madeira	5	4	2	40	3
Falta de Treinamento dos Classificadores	4	3	2	24	4

Fonte: Ferreira; Pierre, 2022.

2.2.3 - Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é uma ferramenta de análise que auxilia na priorização de resolução de problemas em um conjunto de dados. De acordo com Werkema (1995), o gráfico de Pareto é um gráfico de barras verticais que dispõe a informação de forma a tornar evidente e visual a priorização dos problemas. A construção desse diagrama envolve as seguintes etapas: Coleta de dados, classificação dos problemas, cálculo da frequência acumulada, construção do gráfico e por fim, análise e priorização do problema. Na **Figura 10** observamos um exemplo do diagrama de Pareto.

Figura 10 - Diagrama de Pareto

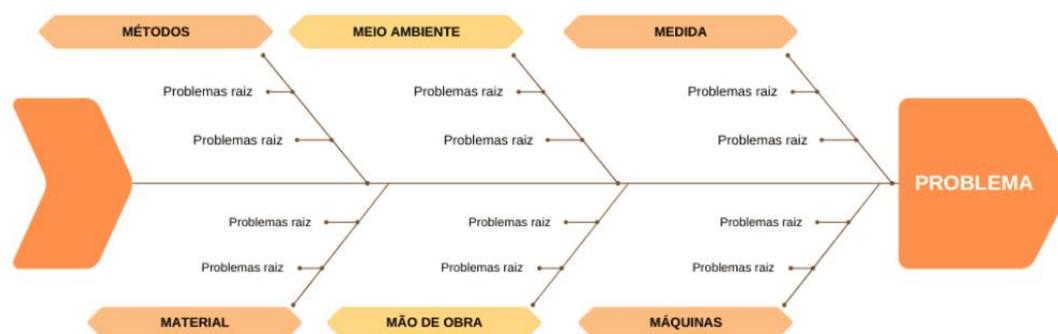


Fonte: Hotmart, 2020.

2.2.4 - Diagrama de Causa e Efeito

O diagrama de causa e efeito, também conhecido como: Diagrama de Ishikawa ou Diagrama espinha de peixe. De acordo com Ramos (2000) o diagrama representa uma relação sobre um efeito e suas possíveis causas. Ferramenta essa inventada por Kaoru Ishikawa nos anos 60, tem o formato de uma espinha de peixe onde na ponta das espinhas os possíveis problemas são listados levando em conta o método 6M que consiste em dividir as causas em: Material, máquina, medida, mão de obra, método e meio ambiente. Na **Figura 11** Observamos um esquema dessa ferramenta.

Figura 11 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: Voitto, 2024.

2.2.5 - Brainstorming

O brainstorming é uma técnica de geração de ideias que envolve um grupo de pessoas para gerar uma grande quantidade de ideias sobre um determinado tópico, onde todos irão propor soluções sobre o problema, permitindo que ideias novas e originais surjam para resolução de determinado problema. O brainstorming é desenvolvido através dos seguintes passos: Definição do problema, geração de ideias, estímulo à criatividade, registro das ideias, combinação e aprimoramento das ideias e por fim, avaliação e seleção das ideias. Dessa forma, teremos vários pontos de vista sobre a solução de um problema, e assim, será possível escolher a ideia que gere melhor resultado. Para Godoy (1997), o Brainstorming oferece resultados menos tendenciosos que as técnicas individuais.

2.2.6 - SMART

A metodologia SMART será utilizada com o intuito de definir bem os objetivos, garantindo que os esforços sejam direcionados de forma eficaz, e dessa forma, obtendo um aumento nas chances de sucesso uma vez que essa abordagem auxilia no estabelecimento de roteiros claros para alcançar metas. SMART é uma junção das iniciais de 5 palavras, palavras essas que definam o funcionamento da metodologia. Sendo assim, os objetivos precisam ser:

- Específico (Specific): Os objetivos precisam ser claros, bem definidos.
- Mensurável (Measurable): Os objetivos precisam ser quantificáveis, passíveis de medição para avaliação do progresso e alcance do objetivo.
- Alcançável (Achievable): Os objetivos precisam ser realistas e possíveis de se alcançar com os recursos disponíveis.
- valores e metas amplos da organização.
- Temporal (Time-bound): Os objetivos precisam ter prazos definidos para conclusão, com acompanhamento através de cronogramas para que haja senso de urgência e foco.

De acordo com Cardoso (2018), o método SMART é muito importante na estruturação de metas para diminuição de falhas no processo e produto de uma empresa.

3 - METODOLOGIA

Neste tópico iremos destacar a metodologia utilizada neste estudo de caso, descrevendo os métodos, técnicas e etapas seguidas para reduzir a quebra de inserto na operação de usinagem de calibração do furo da caixa satélite de um diferencial.

Dentro do ambiente fabril a metodologia MASP (Método de Análise de solução de problemas) é bastante utilizada devido as diversas ferramentas que esse método comporta, e através dela iremos desenvolver o estudo de caso.

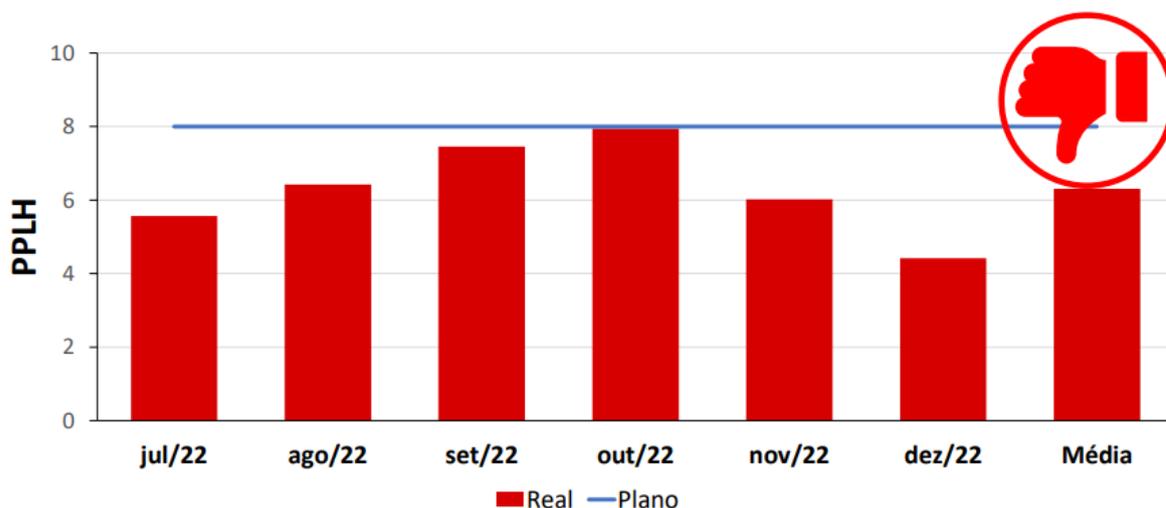
A seguir será descrito o que foi realizado para conclusão do estudo.

3.1 - Análise dos KPI'S (Key Performance Indicator)

O primeiro passo é a avaliação dos indicadores da organização através do PQCDS (**Figura 8**), no qual serão avaliados os seguintes pontos: Produtividade, qualidade, custo, delivery e segurança tomando como base os dados referentes aos meses Julho a dezembro de 2022. Nesse ponto da análise, o problema principal relacionado a quebra prematura do inserto não era conhecido, assim, o PQCDS foi analisado para encontrar o problema mais crítico relacionado ao setor do parque fabril onde este estudo de caso foi realizado.

3.1.1 - Produtividade

Para o indicador de produtividade avaliamos o PPLH (Part Per Labour Hour) que se refere a quantidade de peças fabricadas por hora, assim, saberemos se as metas de produção estão sendo alcançadas ou se há algum problema relacionado a quantidade de peças que precisam ser fabricadas em uma hora. Esse tópico é importante, uma vez que diversos problemas podem estar relacionados a produtividade.

Gráfico 2 - PPLH - Indicador de produtividade

Fonte: O autor, 2023.

Observando o **Gráfico 2** notamos que a meta esperada não foi atingida em nenhum dos meses analisados. Assim, o indicador “Produtividade” entrará na lista de problemas para posterior análise de priorização.

3.1.2 - Qualidade

No indicador de qualidade avaliamos se houveram reclamações de clientes internos e externos no período avaliado, bem como a sucata no período de tempo avaliado, onde é feito uma análise mensal e mediana dos meses em questão.

3.1.2.1 - Reclamações de clientes internos

Ocorre quando uma peça não conforme passa adiante na cadeia de processo e é detectada no processo subsequente como não sendo uma sucata daquele processo.

Gráfico 3 - Reclamações do cliente interno



Fonte: O autor, 2023.

3.1.2.2 – Reclamações de clientes externos

Ocorre quando uma peça não conforme é expedida ao cliente e o mesmo detecta a falha. É a mais perigosa uma vez que caso ocorram falhas no veículo devido ao produto não conforme vidas são postas em risco.

Gráfico 4 - Reclamações do cliente externo



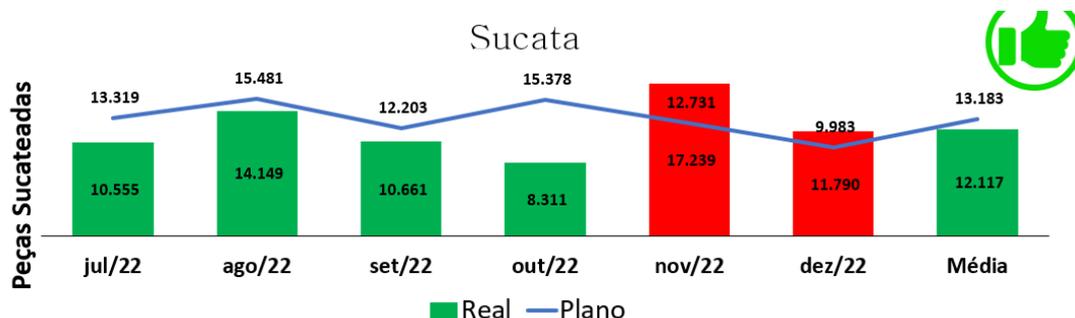
Fonte: Autor, 2023.

3.1.2.3 - Sucata

Existem metas de sucata por setor e esse valor não pode ser ultrapassado para que a organização não obtenha prejuízo na fabricação dos produtos, sendo assim, esse ponto também é avaliado no indicador qualidade. Existem dois tipos de sucata:

O produto não conforme que foi detectado como não conforme durante as análises do processo, e o produto não identificado que está próximo ou no local destinado a sucata, que devido à ausência de identificação, é sucateado igualmente devido ao risco de passar o produto duvidoso adiante.

Gráfico 5 - Sucata no período analisado



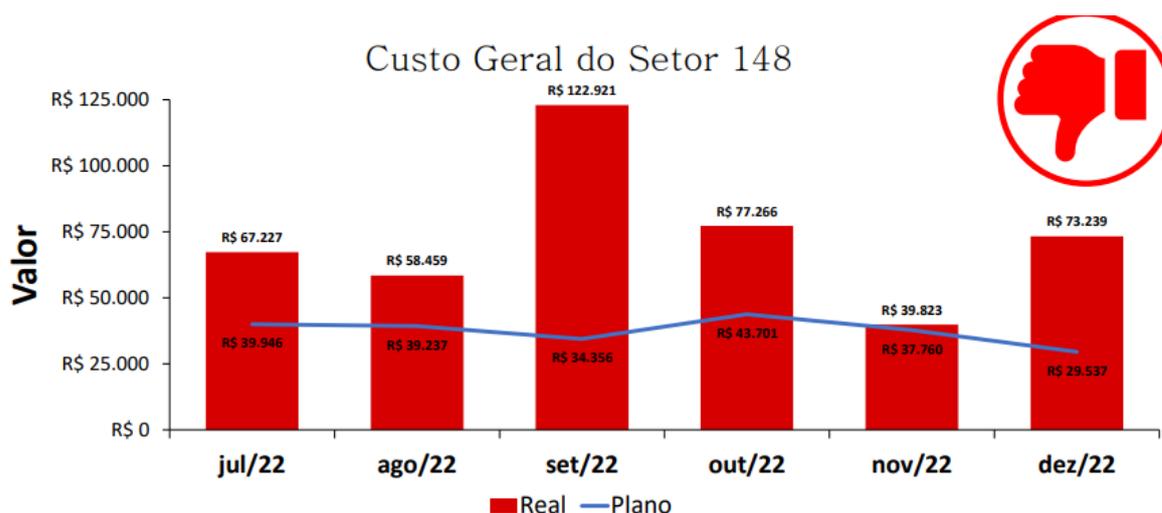
Fonte: O autor, 2023.

No quesito qualidade não tivemos problemas, atingindo a meta em todos os aspectos requeridos.

3.1.3 - Custo

Para o custo é avaliado o quanto o setor está gastando mensalmente com os recursos necessários para atendimento de suas metas internas, custos esses relacionados a manutenção dos equipamentos e ferramental. Esse custo impacta diretamente na margem de lucro da organização, assim, é um dos principais indicadores a serem avaliados.

Gráfico 6 - Análise do custo geral do setor



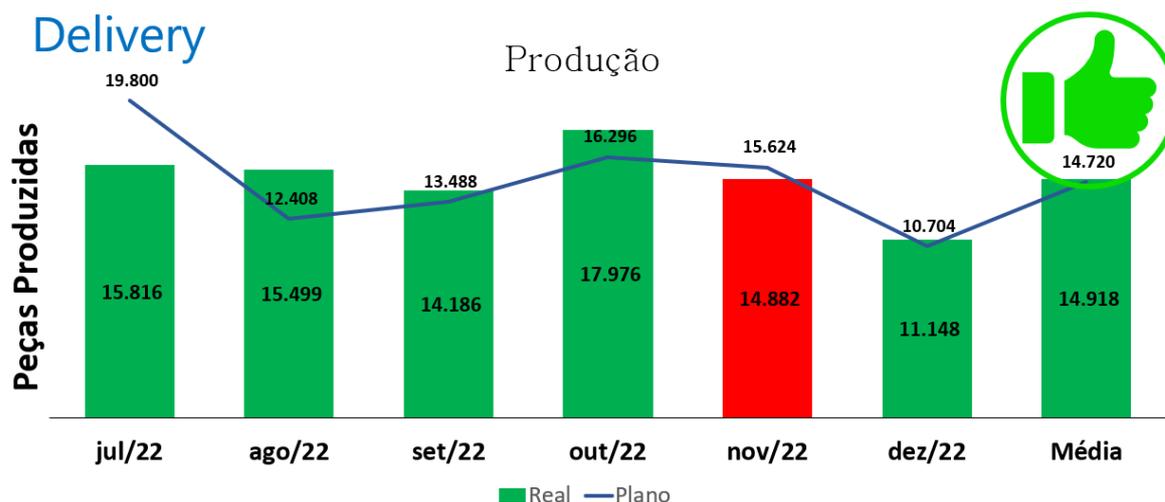
Fonte: O autor, 2023.

Analisando o **Gráfico 6** observamos que o setor ultrapassou a meta de custo mensal, custo esse que pode estar relacionado a manutenção dos equipamentos ou aquisição de ferramental, dessa forma, esse tópico será incluso na lista de problemas para análise.

3.1.4 - Delivery

O indicador delivery indica a quantidade total de peças acabadas produzidas, e assim avaliar se foi enviado ao cliente a quantidade correta de peças sem necessidade de uso de frete aéreo, que é uma modalidade utilizada em situações de emergência na qual o não envio das peças pode parar a linha de montagem do cliente. O intuito desse indicador é monitorar a entrega de peças de forma a se evitar ao máximo o frete aéreo, que é prejudicial para a organização.

Gráfico 7 - Peças produzidas mensalmente



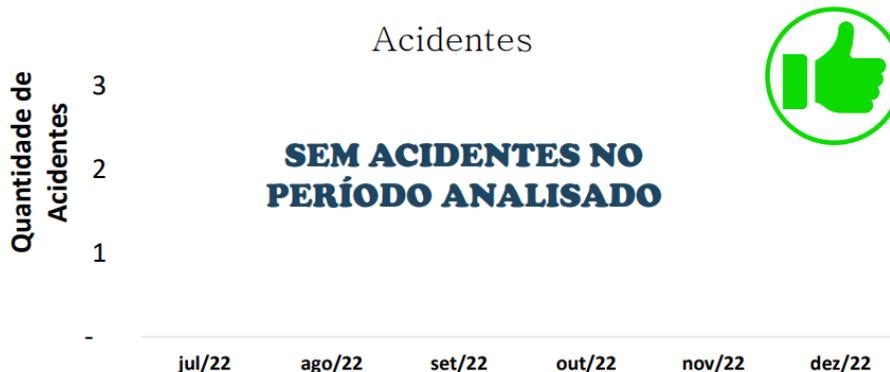
Fonte: O autor, 2023.

O **Gráfico 7** nos indica que não houveram problemas com a quantidade de peças acabadas produzidas, sendo assim, também não houveram problemas com o frete aéreo. Dessa forma, esse indicador atendeu as metas esperadas.

3.1.5 - Segurança

O indicador de segurança é avaliado para verificar se houveram acidentes ou incidentes com toda a mão de obra envolvida no setor que está em análise no momento. Esse indicador é o mais importante a ser atendido, devido ao risco de acidente com pessoas dentro do parque fabril, considerando que a mão de obra é o bem mais valioso de toda organização.

Gráfico 8 - Acidentes



Fonte: O autor, 2023.

O **Gráfico 8** indica que não houveram acidentes no período analisado, assim, o indicador de segurança alcançou as metas e não entrará na lista de problemas.

A próxima etapa consiste na priorização dos problemas devido necessidade de focar as atenções em resolver o problema mais crítico encontrado.

3.2 - Matriz de priorização – GUT

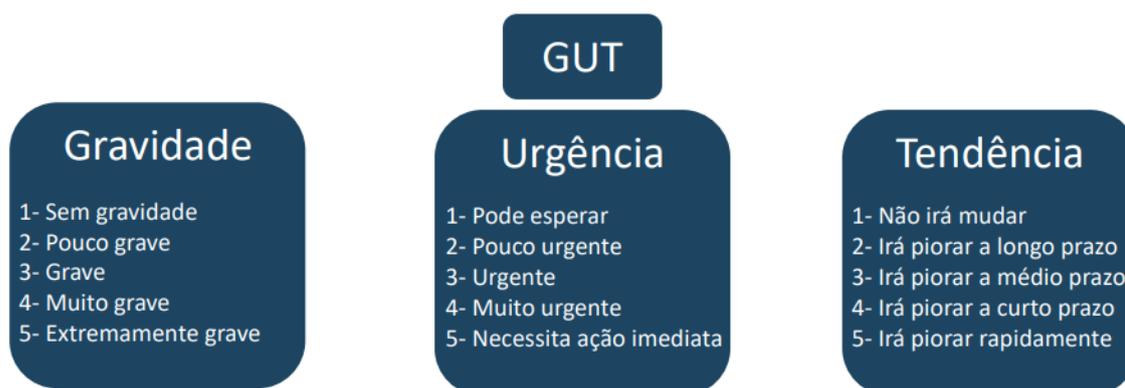
Assim como explicado no tópico **2.2.2**, a Matriz de priorização GUT servirá para priorizarmos os problemas com base em pontuações levando em conta 3 fatores: Gravidade, urgência e tendência sobre aquele problema, ao final, uma multiplicação entre os 3 fatores é realizada e o problema que obtiver maior pontuação será definido como problema prioritário, logo, de maior risco para a organização. Na **Figura 12** é observado o resultado da análise PQCDs, bem como os problemas que seguirão para a matriz de priorização GUT, e na **Figura 13** observa-se os critérios utilizados para o GUT.

Figura 12 - PQCDs: Problemas detectados



Fonte: O autor, 2023.

Figura 13 - Critérios para matriz de priorização GUT



Fonte: O autor, 2023.

3.2.1 - Avaliação dos indicadores Produtividade e Custo

Avaliando o indicador “Produtividade” a seguinte pontuação foi obtida para o GUT:

Tabela 1 - Análise GUT do indicador "Produtividade"

Problema	Gravidade	Urgência	Tendência	GxUxT
PPLH	4	2	2	16

Fonte: O autor, 2023.

- Gravidade: Nota 4 devido ao grande problema que é acarretado devido ao não atendimento da quantidade de peças fabricadas por hora, impactando diretamente em outros indicadores como delivery, aumentando o risco de necessidade de frete aéreo, porém não pontuado como 5 devido a atendimento do indicador delivery.
- Urgência: Nota 2, foram encontradas ações de melhorias na fábrica para resolver esse problema relacionado ao PPLH a curto prazo.
- Tendência: Nota 2, não há tendência de piora a curto prazo no indicador.

Na **Tabela 2** observamos a pontuação dada ao indicador Custo, e a pontuação final para utilizar na matriz de decisão GUT.

Tabela 2 - Análise GUT do indicador "Custo"

Problema	Gravidade	Urgência	Tendência	GxUxT
Custo	5	3	2	30

Fonte: O Autor, 2023.

- Gravidade: Nota 5 devido ao impacto direto com o financeiro da organização que existe com o não cumprimento das metas relacionadas ao custo.
- Urgência: Nota 3 porque não há nenhuma ação em andamento na organização para resolução desse problema.
- Tendência: Nota 2, o gráfico analisado não possui uma tendência clara relacionada a melhora ou piora do problema.

3.2.2 - Priorização do indicador mais crítico

Ao analisar as duas tabelas GUT referentes aos indicadores custo e produtividades, foi tomada a decisão que o indicador custo é prioritário e o maior problema do setor está relacionado a este indicador. Observamos durante as análises que o custo com o setor está 94% acima do planejado, não exigem ações de melhoria para resolução desse problema. A **Figura 14** mostra a comparação entre os dois indicadores e o resultado final.

Figura 14 - Resultado da matriz de decisão/priorização GUT

Matriz de Decisão				
Problema	Gravidade	Urgência	Tendência	GxUxT
PPLH	4	2	2	16
Custo	5	3	2	30

Delivery OK – Custo priorizado

Sem ações de melhoria para custo. PPLH com melhorias em andamento

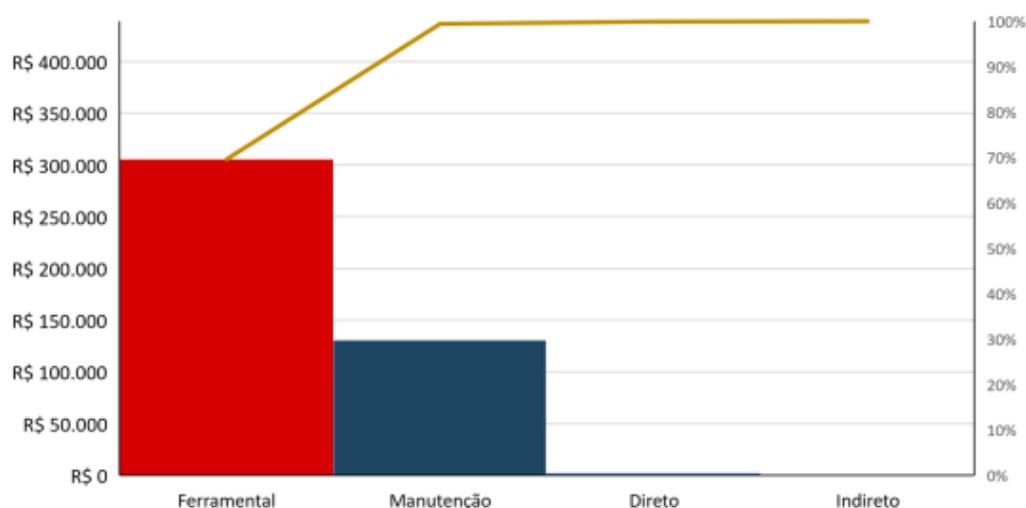
Gráficos não indicam tendência de piora no curto prazo

Fonte: O autor, 2023.

3.3 - Diagrama de Pareto

Ao obter o resultado da matriz de decisão GUT, extraímos os dados de um banco de dados referente aos custos com o setor, dividido em 4 tópicos: Ferramental, Manutenção, Direto (Mão de obra do setor) e indireto (áreas de apoio). A base de dados não pode ser revelada neste estudo de caso por motivos de confidencialidade de dados da organização. Com isso, foi utilizado o diagrama de Pareto para priorizar e focar esforços no problema que contribui mais significativamente para os resultados indesejados. No **Gráfico 9** observamos a divisão dos custos, para novamente identificar qual tema priorizar para localização da causa raiz do problema.

Gráfico 9 - Diagrama de Pareto para os custos gerais do setor

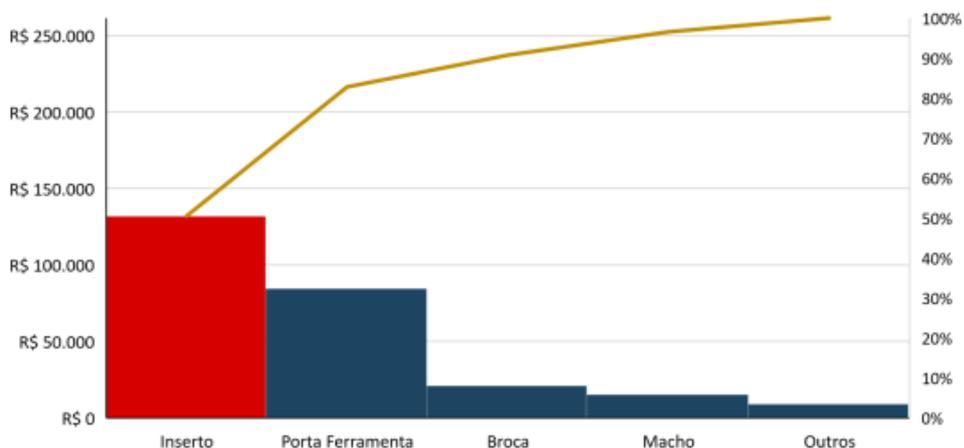


Fonte: O autor, 2023.

Analisando o **Gráfico 9** observamos que o custo com ferramental é responsável por mais de 300 mil reais no período analisado, custo esse referente a mais de 70% do valor gasto no setor.

O tópico ferramental é muito abrangente, e com o intuito de identificar a causa raiz do problema foi feito outro diagrama de Pareto usando uma base de dados com os custos específicos do setor com Ferramental. No **Gráfico 10** podemos avaliar essa nova situação.

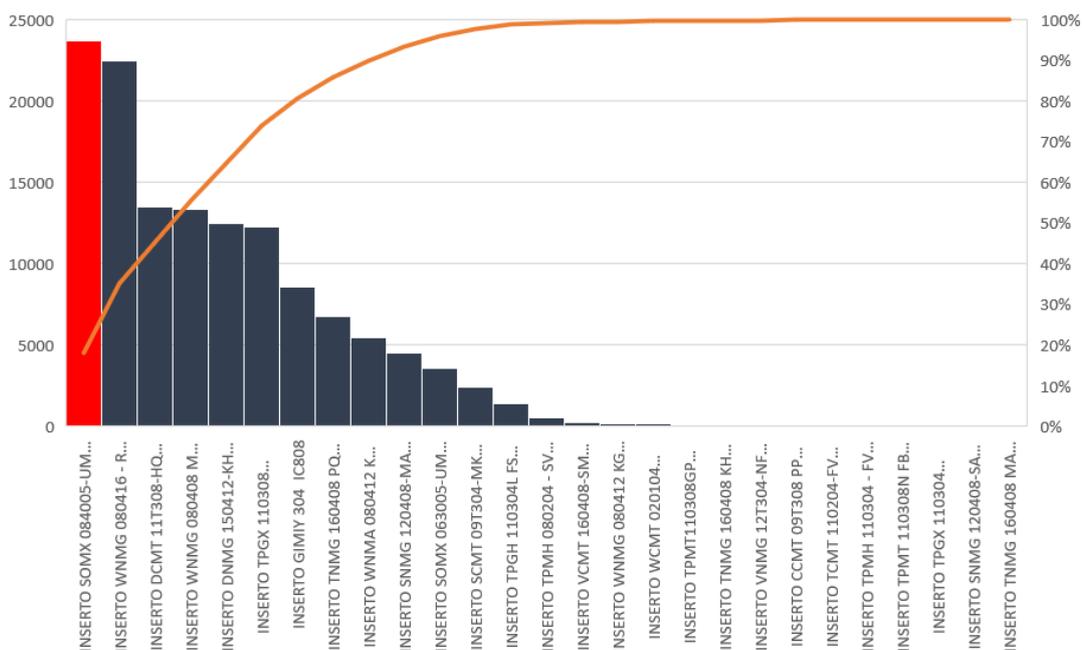
Gráfico 10 - Diagrama de Pareto para custos específicos com ferramental



Fonte: o autor, 2023.

Analisando o **Gráfico 10** observamos que o maior custo com ferramental no setor é relacionado a compra de inserto, sendo relacionado a mais de 50% do custo do setor e alcançando uma marca de quase 150 mil reais. Novamente utilizamos o diagrama da Pareto para estratificar, dessa vez os insertos. No **Gráfico 11** podemos analisar esse ponto.

Gráfico 11 - Diagrama de Pareto: Custo específico com insertos

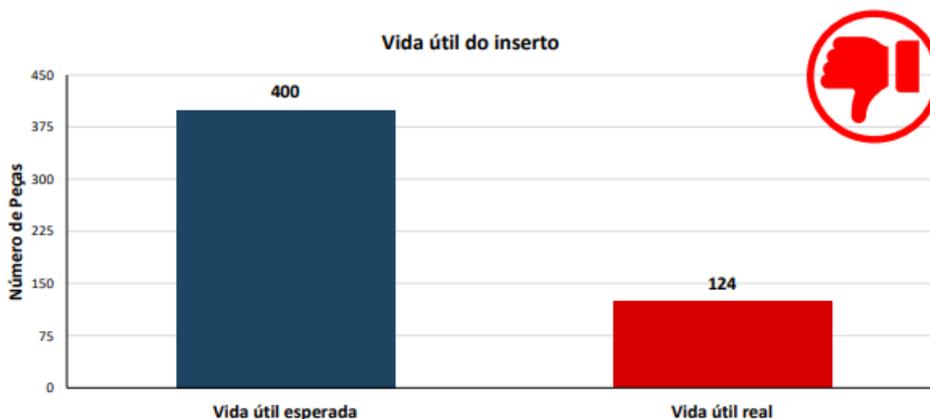


Fonte: O autor, 2023.

Após a estratificação dos custos com inserto, observamos que o SOMX 084005 UM MC 5020 que é responsável pela calibração do furo da caixa satélite do diferencial

estava em primeiro lugar. Ao investigar esse inserto, avaliamos que o mesmo tinha uma vida útil esperada de 100 peças por aresta, devido ao número de cada aresta era esperado que cada inserto fosse capaz de produzir 400 peças, porém, o inserto estava falhando a cada 124 peças (31 peças por aresta). No **Gráfico 12** observamos um esquema que mostra a comparação entre a vida útil esperada e a real do inserto.

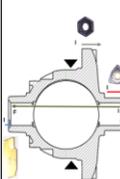
Gráfico 12 - Vida útil do inserto: Esperado x Real



Fonte: O autor, 2023.

Para definir se o problema realmente era na máquina e não no inserto, uma avaliação foi feita no setor de afiação da organização, setor esse responsável pela definição, gestão, aquisição e afiação de todas as ferramentas utilizadas no parque fabril, com o intuito de confirmar se aquele inserto era adequado para aquela operação. Seguindo as indicações do fabricante, o setor da afiação confirmou a aplicação do SOMX 084005 UM MC 5020 para a operação de usinagem em questão. Durante a aquisição e definição de um inserto, testes são realizados in loco com o intuito de avaliar a vida útil do inserto para determinada operação, dessa forma, o setor de afiação valida a funcionalidade do inserto após dias de teste e o incluiu em uma ficha técnica que é disponibilizada para produção, assim como segue na **Figura 15**.

Figura 15 – Ficha técnica de insertos do setor de calibração de furo do diferencial

GERENCIAMENTO DE FERRAMENTAS DE CORTE (ÁREA DE USINAGEM, SUPORTE, FREQUÊNCIA DE TROCA)													
MODELO E Nº	NOME DA LINHA	SETOR - Nº	MÁQUINA	OPERAÇÃO	PROGRAMA DE USINAGEM Nº	PROGRAMA DO ROBO Nº							
F17R/400319	DIFF CASE	149	ROM GALAXY 30	TORNEAR 1	D-07R	MANUAL							
REPRESENTAÇÃO DAS LINHAS				DADOS DO INSERTO		QUADRO DE ALTERAÇÕES							
ACABAMENTO				DESBASTE									
				Nº	FOTO	RÁDIO	ARESTA	ORDEN	CÓD. INSERTO ALMOXARIFADO	DATA	MOTIVO	ELABORADO	APROVADO
				1		0.8	12	1	25838				
				2		1.6	6	2	25638				
				3		0.5	4	3	25636				
				4		0.5	1	4	27764				
				Página 1									
Nº	USINAGEM	REF. PORTA FERRAMENTA	REF. INSERTO	VIDA	ARESTA	TEMPO (SEGUNDOS)							
1	CALIBRA EXTERNO E FACE DO FURO	TH5NR2525M05	HNMG 090408 GU TT 7015	50	PRINCIPAL	19							
2	CALIBRA CUBO E CHANFRO	MWLN 2525M8	WNMG 080416 RK MC 5015	100	PRINCIPAL	13							
3	CALIBRA FURO	AL44 25MM CP1 01172803CARGA1 NO 250201 DIFF. COM EP (PORTA FUR)	SOMX 084005 UM MC 5020	100	PRINCIPAL	17							
4	CALIBRA CHANFRO DO FURO E ALOJAMENTO	GHIR 20 SG3	GIMY 204 IC 808	1000	PRINCIPAL	14							
DATA DA ELABORAÇÃO		ELABORADO	REVISADO	CHECADO	APROVADO								
11/10/2017													

Fonte: Autor, 2023.

Dessa forma, é necessário atuar na máquina que utiliza esse inserto para encontrar a causa raiz que ocasiona a falha prematura do mesmo, e assim, melhorar o indicador de custo do setor.

3.4 - Diagrama Causa e Efeito

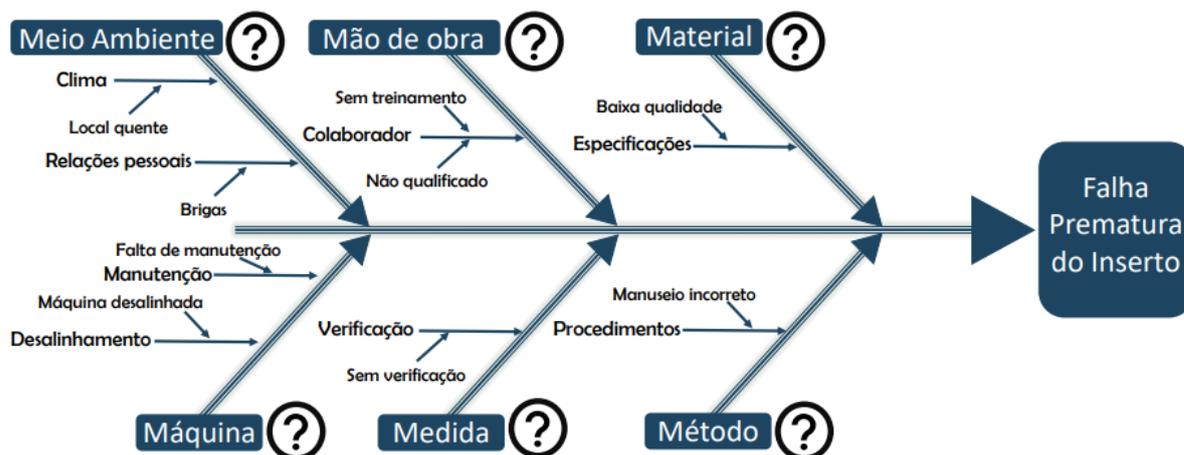
Após determinarmos que o maior problema relacionado ao custo no setor era o inserto SOMX 084005 UM MC 5020, foi necessário realizar um brainstorming alinhado ao Diagrama de Causa e Efeito mais conhecido como Diagrama de Ishikawa, integrando a ferramenta 6M'S para uma avaliação completa da situação com o intuito de determinar qual é a causa raiz do problema. A ferramenta 6M'S indica os 6 tópicos a serem analisados para determinar a causa raiz de um problema. Para cada tópico determinamos pontos para análise, sendo eles:

- Meio ambiente: Analisaremos as condições do ambiente de trabalho como clima e relações pessoais;
- Mão de obra: Analisaremos as qualificações dos colaboradores envolvidos;
- Material: Analisaremos as especificações do material, se o mesmo está de acordo com as normas da organização;

- Máquina: Analisaremos as condições da máquina que podem ocasionar a falha prematura do inserto como a Manutenção da máquina como um todo e o alinhamento da torre/porta ferramenta;
- Medida: Analisaremos os padrões de serviço para avaliar se os operadores estão instruídos corretamente sobre medição. Uma medição errada pode induzir o operador a usar o equipamento erroneamente com o intuito de corrigir o produto e assim utilizar de forma incorreta;
- Método: Analisaremos o programa utilizado no CNC para avaliar se existem erros na programação das operações e ciclos de desgaste e acabamento.

Após definir o que seria utilizado em cada um dos M's, um Diagrama foi montado e o mesmo pode ser observado na **Figura 16**.

Figura 16 - Diagrama de Ishikawa formado



Fonte: Autor, 2022.

Após montar o diagrama, cada um dos tópicos foi analisado chegando à seguinte conclusão.

3.4.1 – Análise da Mão de Obra

A supervisão informou que todos os colaboradores relacionados ao setor estão qualificados e treinados.

3.4.5 – Análise da Medida

O setor de engenharia de processos garantiu a veracidade dos padrões de serviços fornecidos a produção, padrões esses que antes de serem liberados passam por uma verificação minuciosa por 3 funcionários da engenharia de processos. O setor de engenharia da qualidade garantiu o funcionamento dos instrumentos de medição que irão ser usados nas medições solicitadas no padrão de serviço.

3.4.6 - Análise do Método

Por fim, os códigos da programação foram analisados e foi atestado que não existe nenhum problema relacionado ao mesmo.

Com isso, o único problema pontuado no diagrama de Ishikawa foi a máquina que estava com a manutenção preventiva em atraso. Dessa forma, precisaremos realizar uma avaliação mais profunda na máquina com o intuito de detectar o problema que causa a quebra no inserto.

3.5 - Avaliação da Máquina

Após uma avaliação profunda ser feita na máquina, dois pontos principais foram analisados: Desalinhamento na torre da máquina e porta ferramenta ineficiente, ambos os tópicos serão detalhados em seguida.

3.5.1 - Porta ferramenta

Para realizar um set-up ideal precisamos do mínimo balanço possível para evitar problemas relacionados a vibração e para isso a área de fixação do porta ferramenta precisa ser de no mínimo 4 vezes o diâmetro de acordo com a fabricante SANDVIK. Para isso, precisamos de um suporte VDI robusto para o porta ferramentas, o que não é realidade na linha de usinagem atual. Na **Figura 18** observamos o suporte VDI utilizado atualmente, e os problemas devido a esse tipo de fixação.

Figura 18 - Suporte VDI utilizado atualmente no torno de calibração e suas complicações



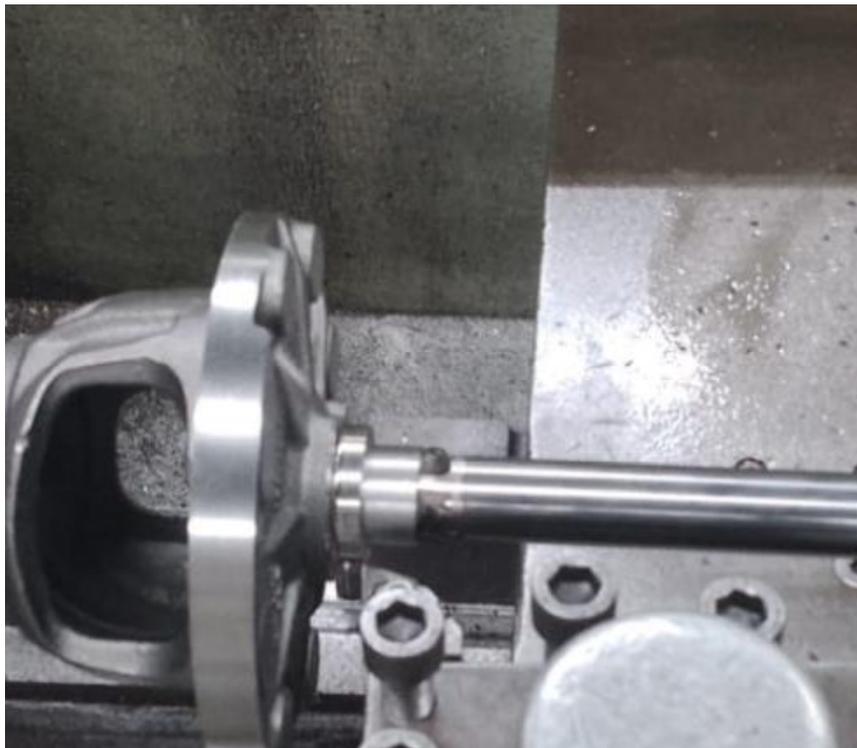
Fonte: AKKO MetalWorking, 2023.

Assim como observado, esse tipo de suporte VDI não fornece uma fixação uniforme em toda superfície do porta ferramentas, possuindo uma área de fixação de menos de 50% da superfície que está em contato com o suporte VDI. Dessa forma, o porta ferramentas não fixa de forma suficientemente para garantir o mínimo de movimento no porta ferramenta. Outro ponto, é que o porta ferramentas é fixado por apenas um parafuso devido ao comprimento de fixação disponível do porta ferramentas, sendo o indicado a fixação por dois parafusos para esse tipo de suporte VDI.

3.5.2 - Desalinhamento na torre

A proposta de verificar o Desalinhamento da torre de dá devido ao funcionamento da operação de calibração de furo. Isso ocorre porque o diâmetro interno que será calibrado tem um espaço mínimo onde a ferramenta e o porta ferramenta adentram, e caso haja um mínimo desvio ocorrer a colisão entre peça e ferramenta. Na **Figura 19** observamos como é feito o posicionamento da entre ferramenta e peça.

Figura 19 - Posicionamento: ferramenta x peça para usinagem



Fonte: O autor, 2023.

Na **Figura 20** observamos de outro ângulo esse posicionamento. Observa-se que a ferramenta está partida, e que entre o furo da carcaça do diferencial e o porta ferramentas existe uma enorme rebarba, ocasionado devido a colisão causada devido ao desalinhamento da torre.

Figura 20 - Posicionamento ferramenta x peça: Vista alternativa



Fonte: o autor, 2023.

Foi realizado uma verificação de alinhamento na torre do torno utilizando uma base magnética articulada com relógio comparador para avaliar o desalinhamento (**Figura 21**). Atestamos que a torre estava desalinhada um décimo de milímetro (0,1 mm) em relação a placa de fixação da peça, sendo assim, consultamos o manual da máquina para avaliar qual é a tolerância permitida para esse desvio.

Figura 21 - Exemplo de base articulada com relógio comparador



Fonte: Cövado, 2024.

Ao avaliar o manual, observamos que a tolerância máxima permitida era de 4 centésimos de milímetro (0,04 mm), sendo assim, a torre estava 6 centésimos de milímetro fora da especificação.

3.6 - Soluções Propostas

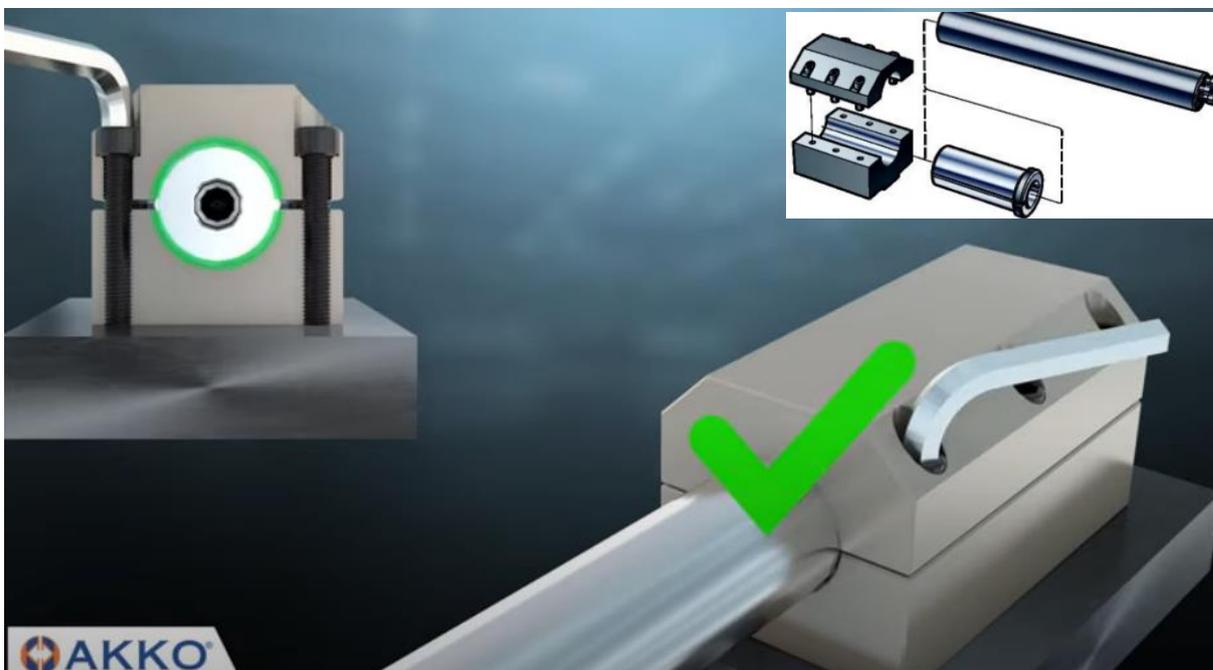
Após a validação dos problemas, as soluções propostas para os problemas serão apresentadas nos tópicos seguintes.

3.6.1 - Suporte VDI Bipartido

O suporte VDI Bipartido é uma melhoria a ser aplicada juntamente ao alinhamento da torre para aumentar a estabilidade do porta ferramentas e garantir a redução de quebra de inserto ocasionada pelas irregularidades. O Conceito do VDI Bipartido consiste em um suporte VDI dividido em 2 itens que são fixados por

parafusos nas laterais superiores ao invés do centro. Na **Figura 22** Observamos esse conceito, que resulta em uma superfície de fixação entre suporte e porta ferramentas, superior a 90%.

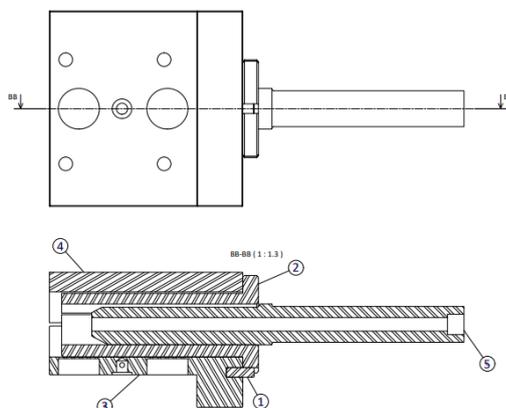
Figura 22 - VDI Bipartido: Conceito de fixação



Fonte: AKKO Metalworking, 2023.

Após a avaliação dessa nova forma de fixação, desenvolvemos junto ao setor de ferramentaria da empresa um suporte de VDI Bipartido para implantação na linha. **A Figura 23** mostra um esquema 2D da ferramenta, desenhada com base nas normas internas da organização para aplicação nas máquinas.

Figura 23 - Esquema 2D: VDI Bipartido

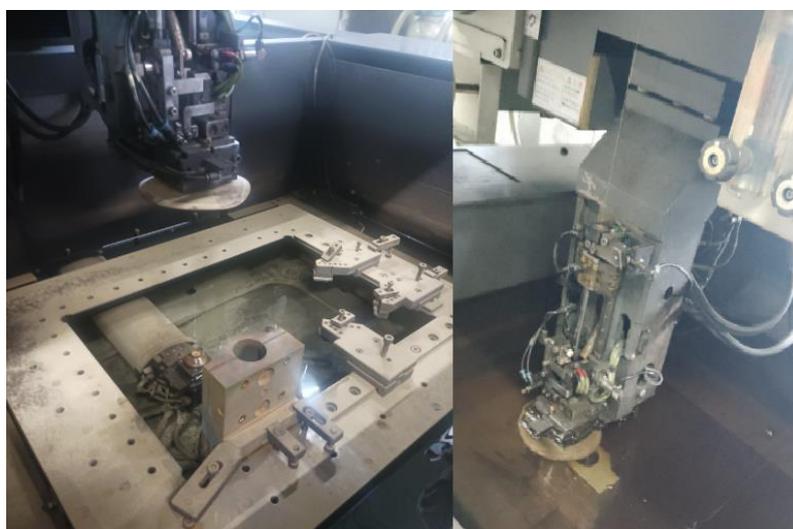


Fonte: O autor, 2023.

3.6.1.1 – Fabricação do Suporte VDI Bipartido

Para fabricação de um protótipo de suporte VDI Bipartido utilizamos o aço 8620 e método de usinagem de erosão a fio que é um processo de usinagem não convencional utilizado para cortar materiais utilizando um fio extremamente fino feito de latão que conduz uma corrente elétrica de alta intensidade na região do material a ser usinado. A usinagem ocorre de forma submersa em um líquido dielétrico (água destilada) para dissipar o calor que será gerado durante a usinagem. Esse processo é utilizado para atingir precisões micrométricas, para fabricação de peças com tolerâncias rigorosas. Na **Figura 24** observamos o protótipo suporte VDI sendo fabricado na erosão a fio.

Figura 24 - Fabricação do suporte VDI Bipartido



Fonte: o autor, 2023.

Após processo de erosão a fio, o protótipo do suporte VDI também passou por processo de rosqueamento com a intenção de abrir roscas nos furos onde eram necessários. Após a conclusão dos processos, o protótipo do suporte VDI Bipartido foi finalizado como segue na **Figura 25**.

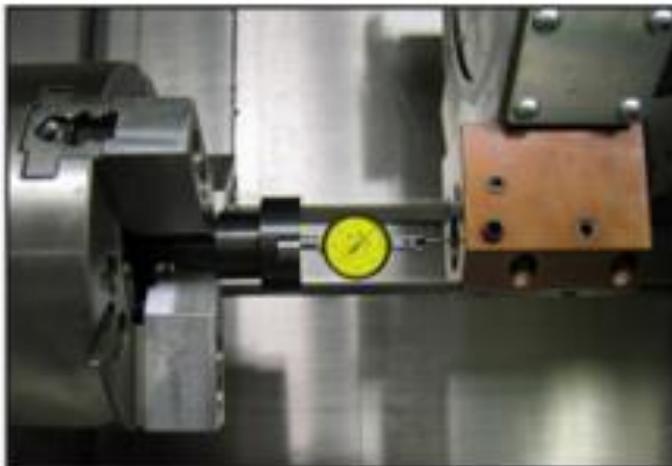
Figura 25 - Suporte VDI Bipartido: Protótipo

Fonte: O autor, 2023.

3.6.2 Alinhamento da torre do torno CNC

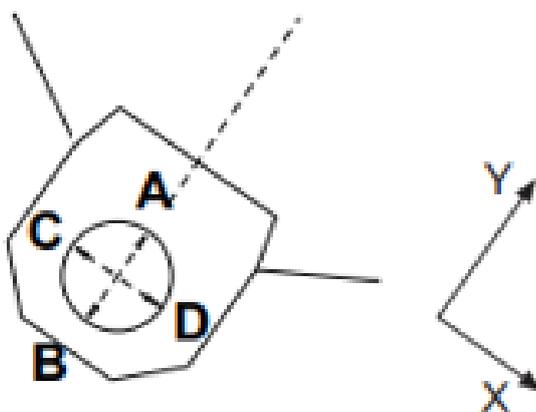
A solução para o problema do desalinhamento da torre do torno CNC é o alinhamento conforme orientação no manual de manutenção do equipamento, que deve ser realizado com um relógio apalpador milesimal acoplado a uma base magnética articulada para identificar o ponto de zeramento, e assim, alinhar novamente a torre. Para isso, é necessário alinhar o centro do suporte VDI com o centro da placa de fixação, e através da fixação da base magnética na placa de fixação, inserir a ponta do relógio no suporte VDI e assim avaliar o zeramento da torre com relação ao local de fixação da peça. Após realizar o zeramento dos eixos X e Z, precisamos ajustar os parafusos de fixação da torre de forma a conseguir ajustar a mesma de forma angular, rotacionando a torre no plano XY até que a torre volte para o ponto de zeramento e assim a fixação seja realizada novamente. Na **Figura 26** observamos como é realizada a fixação do relógio apalpador milesimal, e na **Figura 27** um esquema mostrando a face que será rotacionada na torre do torno.

Figura 26 - Posicionamento do relógio e base magnética para avaliar o zeramento da torre



Fonte: ROMI, 2023.

Figura 27 - Planos XY do suporte VDI e torre



Fonte: ROMI, 2023.

4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Iremos avaliar os resultados obtidos com as soluções propostas no tópico 3.6. As duas propostas de melhoria foram: Suporte VDI Bipartido e alinhamento da torre do torno. Após apresentação das melhorias ao setor responsável pela calibração do furo do diferencial, será realizada uma análise de custo para implantação das melhorias no parque fabril e o retorno anual com a economia gerada a partir da redução da quebra de insertos.

4.1 - Alinhamento da torre do torno CNC

O Alinhamento da torre foi realizado conforme o tópico **3.6.2**, e posteriormente um acompanhamento foi feito na linha para observar a duração dos insertos pós processo de usinagem. Dessa forma atestamos que alinhar a torre juntamente a melhoria implantada do suporte VDI Bipartido resultou em uma redução considerável na falha prematura do inserto.

4.1.1 – Instrução de trabalho para detecção do desalinhamento

Devido ao sucesso obtido, uma instrução de trabalho foi criada juntamente a engenharia de processos e engenharia de qualidade para padronizar a atividade em conjunto aos operadores de máquina, para que assim, os mesmos consigam verificar o alinhamento da torre e em caso de desalinhamento acionar a equipe da manutenção. Na **Figura 28** observamos o modelo da instrução de trabalho.

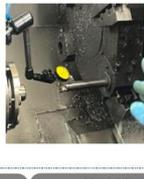
Figura 28 - Instrução de trabalho para checagem do alinhamento da torre

instrução de trabalho

Alinhamento da Torre de Ferramenta Setor: 148
Número e Versão do Documento: IT659 - V.0

Fase: Minuta

MAQUINA					
Torno 1116 - Setor 147					
ACESSÓRIOS PARA PREPARAÇÃO MANUAL DEB					
Relógio apalpador					
Base magnética					

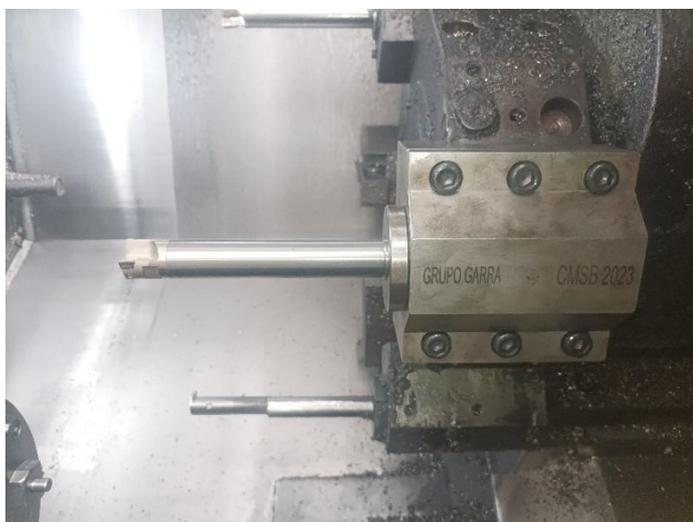
<p>PASSO 1 UTILIZAR O RELOGIO APALPADOR</p> <p>TEMPO 10S</p> <p>1. UTILIZAR O RELOGIO APALPADOR, COLOCANDO O MESMO FIXADO NAS CASTANHAS E APALHANDO A FERRAMENTA</p> 	<p>PASSO 2 ZERAR O RELOGIO APALPADOR</p> <p>TEMPO 10S</p> <p>1. APÓS A FIXAÇÃO DO RELOGIO, DEVE-SE REALIZAR O ZERAMENTO DO MESMO PARA INICIAR A AFERIÇÃO</p> 	<p>PASSO 3 MOVIMENTAR A PEÇA</p> <p>TEMPO 10S</p> <p>1. UTILIZANDO OS BOTÕES DO PAINEL DA MAQUINA, DEVE-SE MOVIMENTAR A FERRAMENTA PARA VERIFICAR A VARIAÇÃO DA MESMA</p> 	<p>SEGURANÇA</p> <p>EPI'S Utilizados para esta operação:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bota com biqueira de aço; - Óculos de Segurança; - Luva azul de látex; - Protetor auricular; - Evitar usar adornos (anel, relógio, brinco, etc.). 							
<p>PASSO 4 MOVIMENTAR A PEÇA</p> <p>TEMPO 10S</p> <p>1. APÓS ISSO, O APALPADOR DEVE SER FIXADO NO INÍCIO DA FERRAMENTA E DEVE-SE ROTACIONÁ-LA PARA VERIFICAR SE HÁ VARIAÇÃO</p> 	<p>PASSO 5 NOME DO PROCESSO</p> <p>TEMPO 10S</p> <p>1. CASO A MEDIÇÃO INDIQUE ALGUMA VARIAÇÃO FORA DO ESPECIFICADO PELO PROCESSO, O OPERADOR DEVE, ATRAVÉS DO AJUSTE NOS PARAFUSOS DE FIXAÇÃO, GERAR A MOVIMENTAÇÃO NECESSÁRIA PARA CORRIGIR ESSE DESVIO</p> 	<p>PASSO 6 NOME DO PROCESSO</p> <p>TEMPO 10S</p> <p>1. SE APÓS AS INSPEÇÕES E REALIZAÇÕES A TORRE PERMANEÇA COM VARIAÇÃO, DEVE-SE AÇONAR A MANUTENÇÃO PARA AVALIAR A VARIAÇÃO INTERNA DA TORRE DE FERRAMENTA UTILIZANDO O MESMO RELOGIO APALPADOR</p> 	<p>POR QUE REALIZA? Para melhorar a condição de fabricação das peças e melhorar a vida útil da ferramenta.</p>			<p>COMO REALIZA? Conforme IT659 - V.0</p>	<p>ONDE REALIZA? Setor 147</p>	<p>QUEM REALIZA? Operador capacitado e Manutenção</p>	<p>QUANDO REALIZA? Quando houver desalinhamento da torre de ferramenta</p>	<p>QUANTO TEMPO FAZ? 1 Minuto</p>

Fonte: O autor, 2023.

4.2 - Suporte VDI Bipartido

A implantação do suporte VDI foi concluída e aprovada após ser utilizado para fabricar um lote piloto, onde foi realizado um acompanhamento pelos responsáveis do torno CNC. Com isso, temos um novo conceito de fixação para porta ferramentas dentro do parque fabril em questão, ganhando em questão de estabilidade e contribuindo para que o inserto não falhe prematuramente. Na Figura 29 observamos o VDI bipartido instalado na torre do torno, sendo utilizado na fabricação das peças.

Figura 29 – VDI Bipartido em funcionamento



Fonte: O autor, 2024.

O acompanhamento da implantação do novo suporte e alinhamento da torre foi realizado durante o mês, e dessa forma obtivemos um aumento na vida útil do inserto naquelas condições de 124 peças por inserto para 400 peças por inserto, um aumento de 223% conforme o **Gráfico 13**.

Gráfico 13 – Peças produzidas por inserto após o alinhamento da torre e implantação do VDI BIPARTIDO



Fonte: o autor, 2023.

Para garantir que o suporte VDI será mantido, todos os desenhos de projeto foram disponibilizados para o setor de engenharia para que o mesmo entre no fluxo de fabricação da ferramentaria.

4.3 - Análise Econômica

Nesse tópico iremos avaliar o retorno financeiro anual para a empresa advindo da redução na quebra do inserto referido nesse estudo.

4.3.1 – Custo com implementação

A implementação da melhoria relacionada ao alinhamento da torre é considerada de baixo custo devido a detecção do problema ser realizada pelo próprio operador da máquina, e a resolução do problema ser realizada pela própria equipe de

manutenção da fábrica, sendo assim, será avaliado apenas as horas trabalhadas em campo para identificação e proposta da solução do problema. Foram necessárias cerca de 90 horas ao longo dos meses desde o início ao fim do estudo, levando em conta a hora trabalhada o resultado final é de R\$ 616,57. Com relação a manufatura do dispositivo, o mesmo foi realizado na ferramentaria do setor e devido a confidencialidade de dados não será possível mostrar neste estudo o valor para criação da ferramenta.

4.3.2 - Economia com os *insertos*

O custo de cada inserto é de R\$ 25,10, e após uma análise pós implantação foi avaliado uma redução de compra de 126 insertos por mês. Multiplicando o valor do inserto pelo número economizado no mês e posteriormente pelo número de meses no ano, obtivemos uma economia anual de R\$ 40.360,00 com a compra de insertos no torno CNC onde o estudo foi realizado. O resultado pode ser lateralizado para os outros tornos da empresa, e devido a variabilidade do preço dos insertos de acordo com peça e operação não é possível calcular o retorno estimado caso todos as máquinas de torneamento façam proveito dos resultados aqui obtidos.

5 - CONSIDERAÇÕES

Utilizando um método cuja apenas mão de obra da organização é necessária foi considerada uma implantação de baixo custo e alto retorno agregado devido a possibilidade de lateralização do estudo para todos os tornos CNC da fábrica. Levando em conta que a manutenção preventiva que detectava o desalinhamento da torre normalmente é realizada uma vez ao ano na empresa em questão devido à alta demanda do setor de manutenção a melhoria em questão tornou capaz, de forma simples, que a detecção fosse realizada pelo operador da máquina e em caso de desvio, realizar abertura de chamado a manutenção. Essa atividade de detecção de rápida realização pode ser feita semanalmente durante atividades de preparações de produção. A implantação do novo suporte VDI Bipartido trouxe uma nova concepção de fixação para o parque fabril, podendo este dispositivo ser fabricado in loco, trazendo mais segurança devido aumento de estabilidade nas operações de calibração de furo. Dessa forma, para o torno específico onde o trabalho foi realizado obtivemos uma redução de custo anual de R\$ 40.360,00 com a aquisição do inserto SOMX 084005 UM MC 5020.

REFERÊNCIAS

- AUGUSTO, C. C. **Ferramenta da Qualidade**. Tese (Doutorado) – Instituto Politécnico de Tomar, 2021.
- BRAGA, B. H. C., ALMEIRA, M. M. Y. **Quality Management tools and their importance for the development of organizations**. Interface tecnológica, v. 18, n. 2, p. 600-612, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.31510/infa.v18i2.1218>. Acesso em: 14 fev. de 2024.
- CARDOSO, A. L. L., et al. **Planejamento de metas para redução de falhas no processo de distribuição de uma empresa transportadora**. Revista Gestão Industrial, v.14, n. 2, p 206-226, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3895/gi.v14n2.7048>. Acesso em: 06 mar. 2024.
- CARPINETTI, L. C. R. et al. **Gestão da Qualidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- COELHO, Reginaldo et al. **Práticas em processos de Fabricação Mecânica**. Material de Aula. Universidade de São Paulo – USP, 2013.
- DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. **Tecnologia da Usinagem dos Materiais**. 9. ed. São Paulo: Artliber, 2014.
- FERRARESI, D. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. 1. ed. São Paulo: Blüche, 1970.
- FERREIRA, R. A., Pierre, F. C., **Gut Method Applied To The Risk Management of a Timber Industry**. Tekne e Logos. V.13, n.3, ISSN 2176-4808, 2022. Disponível em: <http://revista.fatecbt.edu.br/index.php/tl/article/view/749/459>. Acesso em 02 mar. 2024.
- GODOY, M. H. P. C. **Brainstorming – como atingir metas**. Belo Horizonte: FCO, 1997.
- LINDBERG, Carl-Fredrik et al. **Key Performance Indicators Improve Industrial Performance**. Energy Procedia, v. 75, n. 2015, p. 1785-1790, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.474>. Acesso em 03 fev. 2024.
- MARQUES, J.C. **Ferramentas da qualidade**. Material didático, Universidade da Madeira, Funchal, 2012

NORTON, L ROBERT. **Projeto de Máquinas**. São Paulo: Bookman, 2004.

PAULISTA, H. P., ALVEZ, R. A. **Quality tools, literature review and bibliometric analysis**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, IV, 2014, Ponta Grossa, PR. Anais... Ponta Grossa: [s.n], 2014.

RAMOS, A.W. **CEP para processos contínuos e em bateladas**. São Paulo: Fundação Vanzolini, 2000.

VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

WERKEMA, M. C. **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.