



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação Lato Sensu
Engenharia da Qualidade 4.0 – Black Belt



AURIO DE OLIVEIRA
DIEGO DE OLIVEIRA VICENTE

**AUMENTO DE DISPONIBILIDADE DE EQUIPAMENTOS DE
USINAGEM**

**CURITIBA
2024**

AURIO DE OLIVEIRA
DIEGO DE OLIVEIRA VICENTE

**AUMENTO DE DISPONIBILIDADE DE EQUIPAMENTOS DE
USINAGEM**

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia da Qualidade 4.0 - Certificado *Black Belt*. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Augusto Mendes Marques

**CURITIBA
2024**

RESUMO

O projeto foi desenvolvido em parceria com a Gerdau Summit, localizada em Pindamonhangaba, São Paulo. A empresa é especializada na produção de eixos e cilindros de grande porte para a indústria de laminação, atendendo ao mercado nacional e internacional. O processo de produção é extremamente complexo devido ao tamanho dos produtos, cujos diâmetros podem variar entre 400 milímetros e 2.100 milímetros, o comprimento entre 1.200 milímetros e 10.000 milímetros, e o peso varia entre 2 toneladas e 85 toneladas. Em 2023, devido a problemas nas entregas de produtos no armazém de produtos acabados, foi identificado que algumas linhas de usinagem pesada (USP) apresentavam baixa disponibilidade (52%). Com o objetivo de melhorar as entregas e aumentar a disponibilidade para 55,5%, foi aplicada a metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar), aliada a algumas ferramentas da qualidade, como Pareto, Ishikawa, Matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) e Brainstorming. Durante o desenvolvimento do projeto, foi realizado o levantamento de dados e implantado um sistema de coleta de dados automatizado, visando aumentar a confiabilidade das informações geradas na linha e possibilitar a identificação de oportunidades de melhoria nos processos da linha USP. No total, foram identificadas 24 oportunidades de melhoria, das quais 21 foram executadas durante o andamento do projeto. Com a implementação dessas soluções, obteve-se uma média de disponibilidade de 56% entre os meses de junho a outubro de 2024, resultando em um Saving de aproximadamente R\$ 230.000,00. Ações adicionais ainda estão pendentes para serem realizadas até janeiro de 2025.

Palavras-chave: Aumento de disponibilidade. Melhoria de processos. *Lean Six Sigma*. DMAIC. Projeto *Black Belt*.

ABSTRACT

The project was developed in partnership with Gerdau Summit, located in Pindamonhangaba, São Paulo. The company specializes in the production of large axles and cylinders for the rolling mill industry, serving both national and international markets. The production process is extremely complex due to the size of the products, whose diameters range from 400 millimeters to 2,100 millimeters, lengths from 1,200 millimeters to 10,000 millimeters, and weights ranging from 2 tons to 85 tons. In 2023, due to delivery issues in the finished goods warehouse, it was identified that some heavy machining lines (USP) were operating at low availability (52%). With the goal of improving deliveries and increasing availability to 55,5%, the DMAIC methodology (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) was applied, along with some quality tools such as Pareto, Ishikawa, the GUT Matrix (Gravity, Urgency, and Trend), and Brainstorming. During the project development, data collection was carried out, and an automated data collection system was implemented to increase the reliability of the information generated on the line, enabling the identification of improvement opportunities in the USP line processes. In total, 24 opportunities for improvement were identified, 21 of which were executed during the course of the project. With the implementation of these solutions, an average availability of 56% was achieved between June and October 2024, resulting in savings of approximately R\$ 230,000. Additional actions are still pending and are expected to be completed by January 2025.

Keywords: Availability improvement. Process improvement. Lean Six Sigma. DMAIC. Black Belt Project.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – DISPONIBILIDADE USINAGEM DE PESADOS.....	9
FIGURA 2 – DEZESSEIS GRANDES PERDAS.	11
FIGURA 3 – CUSTO DA NÃO QUALIDADE.....	13
FIGURA 4 – DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	19
FIGURA 5 – PRINCÍPIO DE PARETO.....	20
FIGURA 6 – GRÁFICO DE PARETO.	20
FIGURA 7 – MATRIZ GUT.	21
FIGURA 8 – EQUIPAMENTO DE COLETA DE DADOS.	22
FIGURA 9 – DISPONIBILIDADE POR EQUIPAMENTO.....	23
FIGURA 10 – TEMPO ESTIMADO DE DESBASTE.	24
FIGURA 11 – SIPOC.....	25
FIGURA 12 – ÁRVORE DE FALHAS - USP.	26
FIGURA 13 – PERDAS POR ÁREA.	27
FIGURA 14 – TEMPO DE PROCESSO.....	28
FIGURA 15 – METAS PRIORITÁRIAS.	29
FIGURA 16 – CÁLCULO DE SAVING.	30
FIGURA 17 – MAPA DE PROCESSO USP.....	31
FIGURA 18 – PARETO (PARADAS PROCESSO).	32
FIGURA 19 – PARETO (PARADAS PROGRAMADAS).	33
FIGURA 20 – ISHIKAWA.....	34
FIGURA 21 – MATRIZ GUT.	34
FIGURA 22 – CONTROLE DAS AÇÕES IMPLEMENTADAS.....	36
FIGURA 23 – AÇÕES IMPLEMENTADAS X DISPONIBILIDADE.....	37
FIGURA 24 – DISPONIBILIDADE USP.	37

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PLANO DE SOLUÇÃO (FASE 01).	35
TABELA 2 – PLANO DE SOLUÇÃO (FASE 02).	35
TABELA 3 – PLANO DE SOLUÇÃO (FASE 03).	36

CONTEÚDO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	9
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	9
1.3. JUSTIFICATIVA.....	10
1.4. HIPÓTESE.....	10
1.5. OBJETIVO	12
1.5.1. Objetivo Específico	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. LEAN SIX SIGMA	13
2.1.1. Define	14
2.1.2. Measure	14
2.1.3. Analyze.....	15
2.1.4. Improve	16
2.1.5. <i>Control</i>	17
2.2. FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	18
2.2.1. <i>Brainstorming</i>	18
2.2.2. Diagrama de Causa e Efeito.....	19
2.2.3. Pareto.....	20
2.2.4. Matriz de priorização – GUT	21
3. METODOLOGIA.....	22
3.1. FASE DEFINIR	22
3.1.1. Definição do problema	22
3.1.2. Estado atual.....	23
3.1.3. Processo principal – SIPOC	25
3.2. FASE MEDIR.....	26
3.2.1. Estratificação	26
3.2.2. Foco do problema.....	26
3.2.3. Metas prioritárias	28
3.2.4. Comprovação da meta global (<i>Saving</i>).....	29
3.3. FASE ANALISAR.....	30
3.3.1. Mapa do processo.	30

3.3.2. Causas comprovadas.....	32
3.4. FASE MELHORAR	35
3.5. FASE CONTROLAR	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO MAPA DE RACIOCÍNIO.....	38
5. CONCLUSÕES	39
5.1. Sugestões de trabalhos futuros.....	39

1. INTRODUÇÃO

As indústrias buscam constantemente a melhoria de seus processos a fim de aumentar a sua produtividade, melhorar a qualidade de seus produtos e reduzir os desperdícios. Todo esforço aplicado tem como principal objetivo a redução dos custos e o aumento da rentabilidade da organização.

A Gerdau Summit, localizada na cidade de Pindamonhangaba, em São Paulo, fabricante de cilindros e eixos voltados às indústrias de laminação, busca constantemente a melhoria contínua de seus processos, visando aumentar a sua produtividade, torná-la competitiva em seu segmento.

Seu processo tem como principal objetivo a fabricação de peças de grande porte, que podem variar de duas toneladas até oitenta e cinco toneladas bruto. Ao longo do ano de 2023, foi identificada o aumento de volumes no segmento de cilindros e a redução da disponibilidade afetando a produtividade no setor de usinagem de pesados (USP), ocasionando problemas nas entregas ao setor de produtos acabados consequentemente gerando perdas significativas no faturamento.

A fim de melhorar a performance do complexo, a organização decidiu aplicar metodologias para análise e solução dos problemas. Como muitas das causas não eram conhecidas, optaram por aplicar a metodologia Seis Sigma, utilizando as ferramentas com base no DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*).

Após o levantamento de dados preliminares, constatou-se que os dados não eram totalmente confiáveis, e não refletiam a realidade da organização. Em 2024, a empresa decidiu implementar um sistema automatizado de dados, aumentando a confiabilidade e, assim, podendo direcionar seus esforços de melhoria em seus processos.

Com base nos dados, foi aplicada a metodologia DMAIC visando identificar as causas que afetam a disponibilidade dos equipamentos, implementar ações para corrigir as falhas durante o processo, padronizar procedimentos e monitorar a performance, garantindo a entrega e o aumento do faturamento, conforme os *Savings* estipulados.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O projeto está sendo desenvolvido em parceria com a empresa Gerdau Summit, localizada em Pindamonhangaba – São Paulo. A empresa foi criada em 2017, sendo uma *Joint Venture* entre Gerdau, Sumitomo Corporation e The Japan Steel Works (JSW). Estas empresas se uniram para atender os mercados de óleo e gás, energia eólica, siderurgia, mineração, alumínio, açúcar e álcool, além de atender a fabricação de cilindros para a indústria de laminação e eixos para diversos setores.

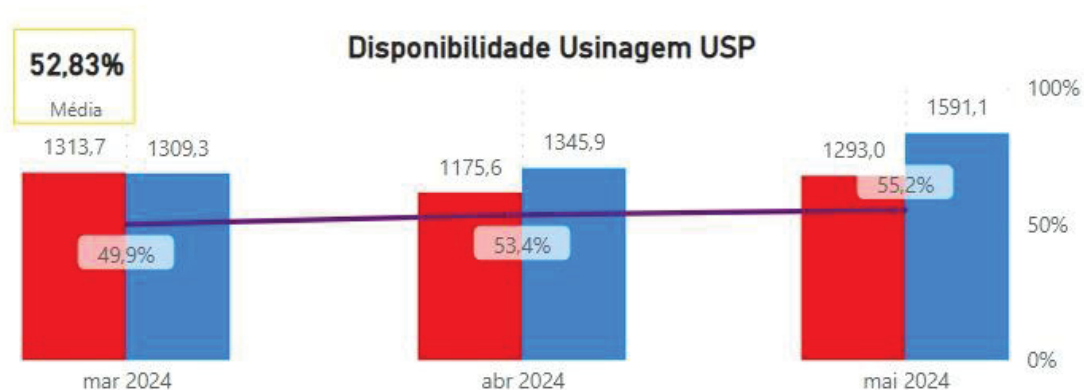
O foco definido para o projeto é a linha de usinagem pesada que fabrica cilindros e eixos para a laminação para as indústrias siderúrgicas. As peças não são complexas, mas suas dimensões tornam o processo complexo. Os diâmetros das peças podem variar entre 400 milímetros a 2.100 milímetros, o comprimento entre 1.200 milímetros a 10.000 milímetros e seu peso variam entre 2 toneladas a 85 toneladas.

1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Atualmente no setor de usinagem de pesados, estão ocorrendo perdas durante o processo de fabricação ocasionando baixa disponibilidade linha, conseqüentemente perdas de produção, gerando falta de abastecimentos no processo de fabricação de cilindros e eixos para entrega no estoque.

A disponibilidade média de março a maio de 2024 foi de 52,83% e está representado graficamente na figura 1.

FIGURA 1 – DISPONIBILIDADE USINAGEM DE PESADOS.



FONTE: GERDAL SUMMIT (2024).

Durante uma análise preliminar, foi constatado que os dados do período analisado eram confiáveis, porém não havia uma atuação para solucionar as causas dos problemas ou os esforços estavam direcionados para a correção de causas de baixa importância ou até mesmo erradas. Sendo assim, observou-se que era necessária uma atuação mais efetiva e assertiva na resolução dos problemas da organização.

Desta forma, se utilizara-se à metodologia DMAIC com o intuito de mapear o processo, identificar as possíveis causas dos problemas, propor e implementar ações efetivas para solucioná-los, além de controlar seus resultados ao longo do projeto.

1.3. JUSTIFICATIVA

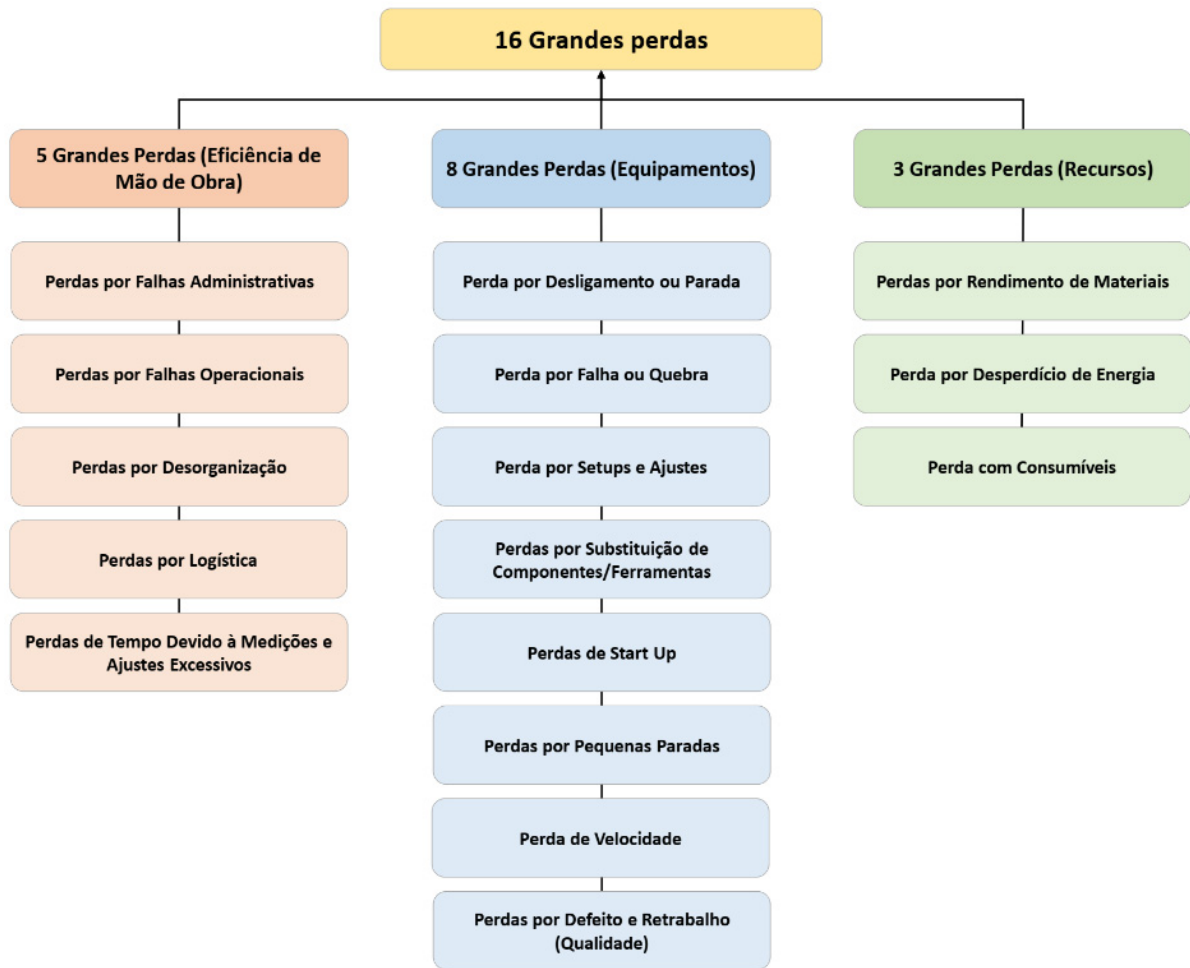
Ao implementar a metodologia DMAIC no setor de usinagem de pesados, visamos reduzir as perdas por parada de equipamentos geradas por diversos fatores, aumentando a disponibilidade, reduzindo as perdas no processo, diminuindo o *Lead Time* de entrega ao estoque, melhorando a confiabilidade dos dados para a tomada de decisão.

Com a redução de paradas dos equipamentos, aumentar-se-á capacidade de processamento da linha em uma peça mês, gerando um aumento de faturamento estimado em aproximadamente quinhentos mil reais por ano. Outro ponto a ser observado é que as melhorias nesta linha poderão ser replicadas posteriormente para outras linhas similares na empresa, potencializando os ganhos do projeto.

1.4. HIPÓTESE

Ao analisar toda cadeia produtiva podemos nos deparar com uma infinidade de fatores que podem reduzir a produtividade dos equipamentos, segundo a JMA Consultants Inc (2024), existem dezesseis grandes perdas relacionadas a cadeia produtiva e elas são divididas em três categorias, conforme figura 2.

FIGURA 2 – DEZESSEIS GRANDES PERDAS.



FONTE: Adaptado de JMA CONSULTANTS INC (2024).

Tendo em vista que as perdas supracitadas abrangem praticamente todas as possíveis perdas de disponibilidade de uma indústria. A principal hipótese a ser verificada neste projeto é se a aplicação da metodologia DMAIC servirá para reduzir as perdas relacionadas a falha ou quebra de equipamentos, falhas administrativas, setups, ajustes e startup.

1.5. OBJETIVO

O objetivo deste projeto é aumentar em 5% a disponibilidade da linha de usinagem pesada (USP) da empresa Gerdau Summit, possibilitando um aumento de produtividade da organização tornando mais competitiva e atrativa para clientes com a redução de seu *Lead Time* de entrega.

1.5.1. Objetivo Específico

Para atingir nosso objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

1. Aplicar a metodologia DMAIC (*define, measure, analyze, improve e control*) para identificar e solucionar as possíveis causas que afetam a performance dos equipamentos.
2. Desenvolver e implementar um processo de coletas de dados mais eficiente, aumentando a confiabilidade dos dados de paradas;
3. Elaborar e implementar ações corretivas, preventivas e sistêmicas para eliminar as perdas relacionadas ao processo estudado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Apresentaremos neste capítulo os fundamentos técnicos que servirão como base para o desenvolvimento do projeto *Lean Six Sigma*.

2.1. LEAN SIX SIGMA

O *Lean Six Sigma* vem sendo amplamente aplicado nas empresas desde sua criação em 1980, teve início na Motorola e a organização se tornou líder em qualidade e lucro (Pyzdek, Keller, 2010).

Segundo Werkema (2012), o Seis Sigma é uma estratégia de gestão rigorosa e disciplinada, altamente baseada em dados que tem como objetivo principal melhorar a qualidade dos produtos, processos, além de potencializar a lucratividade das empresas e aumentar a satisfação dos seus clientes.

Ao atingir o nível Seis Sigma, a organização passa reduzir drasticamente os custos da não qualidade. Na figura 3 podemos observar uma relação entre o nível de Sigmas, números de defeitos por milhão e o percentual do faturamento gasto pela não qualidade.

FIGURA 3 – CUSTO DA NÃO QUALIDADE.

Nível da qualidade	Defeitos por milhão (ppm)	Custo da não qualidade (percentual do faturamento da empresa)
Dois sigma	308.537	Não se aplica
Três sigma	66.807	25 a 40%
Quatro sigma	6.210	15 a 25%
Cinco sigma	233	5 a 15%
Seis sigma	3,4	< 1%

FONTE: WERKEMA (2012).

Para implementar o Seis Sigma é utilizado a metodologia DMAIC, ela contempla cinco etapas. Definir, Medir, Analisar, Melhorar e controlar. Com esta metodologia definimos os objetivos e melhorias do projeto conforme a necessidade das empresas ou clientes (ANDRADE,2017).

2.1.1. Define

Definir, é a primeira etapa do projeto, a equipe irá compreender o problema, definir o escopo do projeto, as métricas que serão utilizadas e especificar de forma clara o problema a ser melhorado (DIRGO, 2006).

DIRGO (2006), explica os principais pontos na fase do Define:

- **Declaração do problema:** explica os principais pontos a ser melhorado, definindo um foco claro para a equipe concentrar os esforços a fim de atingir o objetivo esperado, é comum nesta etapa incluir o estado atual, e o potencial benefício que o projeto alcançara;
- **Declaração do objetivo:** faz parte da abertura do projeto, especifica qual é o objetivo a ser alcançado com base no problema especificado.
- **Escopo do projeto:** consistem em estabelecer limites para o projeto, mantendo o foco da equipe e limitando a sua área de atuação;
- **Métricas:** serão usadas para demonstrar o estado atual e para comprovar os possíveis ganhos do projeto. Geralmente são usados aspectos de qualidade, tempo, custo entre outros.

2.1.2. Measure

Medir representa a segunda etapa do projeto, o ponto de partida é medir o desempenho do processo e a mensurar suas variáveis (ANDRADE, 2017). Nesta etapa deve-se buscar dados históricos que justifiquem o projeto, caso os dados não sejam confiáveis, deverá ser coletado novos dados. O problema poderá ser dividido em problemas menores ou subproblemas que tendem a ter solução mais fácil (WERKEMA, 2012).

Segundo Pyzdek, Keller (2010), a fase da medição tem como principal objetivo quatro itens, são eles:

- a) **Definição do processo:** são tarefas que acontecem em uma ordem específica e repetidas várias vezes durante um determinado tempo.

- b) **Definição da métrica:** tem como principal finalidade determinar um ponto de partida, uma linha de base de maneira quantificável do processo a ser estudado, antes de qualquer melhoria ou alteração. Além de determinar uma forma que seja confiável para medir e comparar tanto a evolução do projeto quanto os seus futuros ganhos.
- c) **Estabelecer a linha de base do processo:** é o estado atual do processo, considerada crucial em todo projeto de melhoria, as linhas de base fornecem o ponto de partida para analisar os ganhos obtidos após a melhoria implementada. Se não for estabelecida uma boa linha de base no início do projeto, no final poderá haver dúvidas ou até mesmo tornar-se impossível mensurar os ganhos reais do projeto.
- d) **Avaliar o sistema de medição:** sempre que possível, avaliar a confiabilidade dos dados de forma sistêmica para validar as melhorias implementadas e seus resultados.

Dirgo (2006) complementa que nesta fase estabelecer e compreender o estado atual do processo que será melhorado, é fundamental para consolidar e mostrar as melhorias realizadas no projeto.

2.1.3. Análise

Analisar é a terceira fase do DMAIC, esta etapa visa identificar as causas fundamentais dos problemas relacionadas ao seu projeto, para isto precisamos entender e realizar duas análises. A primeira está relacionada ao fluxo do processo e o segundo está relacionado aos dados dos problemas prioritários, com o objetivo de identificar as possíveis causas do problema, seus principais fatores que geram variações no processo estudado e como estas variações se comportam (WERKEMA, 2012).

Após identificar as potenciais causas do problema estudado, devemos utilizar ferramentas da qualidade para analisar e identificar as suas causas potenciais. Segundo Werkema (2012), as ferramentas que podem ser utilizadas são:

- *Brainstorming*;
- Diagrama de Causa e Efeito;
- Diagrama de Afinidades;
- Diagrama de Relações;
- Diagrama de Matriz;
- Matriz de Priorização;
- Avaliação de Sistemas de Medição e Inspeção;
- Cartas de Controle;
- Diagrama de Dispersão;
- Análise de Regressão;
- Testes de Hipóteses;
- Análise de Variância;
- Planejamento de Experimentos (*Design of Experiments* – DOE);
- Análise de Tempos de Falhas;
- Testes de Vida Acelerados.

Pyzdek e Keller (2010) complementam que nesta fase precisamos analisar os processos existentes visando eliminar as perdas e aproximar o desempenho atual ao desempenho esperado. Podendo utilizar ferramentas do *lean manufacturing* tais como *Value stream mapping* e Diagrama de *espagheti*.

2.1.4. Improve

O objetivo principal da fase do Improve é avaliar as causas raízes do problema que está sendo estudado e gerar oportunidades de melhorias visando atingir os objetivos determinados no projeto. Nesta etapa é comum utilizar a ferramenta *Brainstorming* gerando um número grande de soluções que devem ser priorizadas utilizando uma matriz de priorização buscando classificar e selecionar as ações com maior resultado (SETTER, 2018).

As melhorias podem passar por testes de operação antes de sua implementação final, ou seja, testar as melhorias em uma menor escala ou em uma área piloto, avaliando a viabilidade e sua performance antes da implementação definitiva, sendo possível realizar pequenos ajustes nas melhorias sugeridas. Em

alguns casos podem ser testados em ambientes de simulação ou ser realizados testes de hipóteses (WERKEMA, 2012).

Após a implementação das melhorias e ajustes, é necessário realizar uma avaliação para verificar se elas têm potencial para alcançar a meta estipulada no projeto. Caso o resultado seja negativo, será preciso reavaliar as ações e retornar à fase de *Measure* (WERKEMA, 2012).

Setter (2018), ressalta a importância de realizar uma análise de custo benefício, comparando o retorno financeiro com relação ao valor monetário gasto implementação das soluções propostas. Os custos podem envolver compra de equipamentos, mão de obra, compra ou desenvolvimento de softwares, treinamentos entre outros. Podemos considerar como benefícios podemos dividir em duas categorias, tangíveis que englobam aumento da margem do produto, aumento da receita, economias no processo e redução das perdas. O intangível aumento da moral dos colaboradores e retenção de clientes.

2.1.5. *Control*

O principal objetivo desta etapa é evidenciar que as metas e objetivos definidos no início do projeto foram alcançados, após a implementação da maioria das ações. Para isso, é essencial analisar os dados históricos coletados antes e depois do início do projeto. (WERKEMA, 2012).

Para garantir um melhor acompanhamento é necessário desenvolver controles robustos para assegurar que as melhorias implementadas sejam consolidadas de forma eficaz. Garantindo que essas melhorias se mantenham e que as falhas dos processos não retornem. (DIRGO, 2006).

O responsável pelo processo deve receber informações detalhadas sobre o estado anterior e o atual das melhorias, bem como os documentos, o mapa de processos e os treinamentos atualizados. Além disso, é importante avaliar se as melhorias implementadas podem ser aplicadas a processos semelhantes, o que requer uma análise adicional e o desenvolvimento de um plano de implementação apropriado. (MONTGOMERY, 2012).

Devemos estabelecer um plano de controle para monitorar as soluções implantadas estabelecendo os métodos, as métricas e auditorias periódicas. Nesta

etapa é comum usar cartas de controle com métricas críticas do processo. É crucial garantir que os resultados sejam estáveis ao longo do tempo, sendo necessário validações e auditorias posteriores. (MONTGOMERY, 2012).

2.2. FERRAMENTAS DA QUALIDADE

2.2.1. *Brainstorming*

O *Brainstorming*, também conhecido como tempestade de ideias, é uma ferramenta que busca angariar o maior número de ideias, sugestões ou opiniões de um indivíduo ou grupo de trabalho, buscando criar um consenso para análise e soluções de problemas ou na criação de algo novo. Esta ferramenta foi criada pelo publicitário Alex Osborn na década de 40, sendo utilizado nos mais diversos segmentos industriais, educacionais e outros. (COUTINHO, 2021).

Segundo Farinazzo (2022), para realização de um bom Brainstorming, deve-se seguir os seguintes passos:

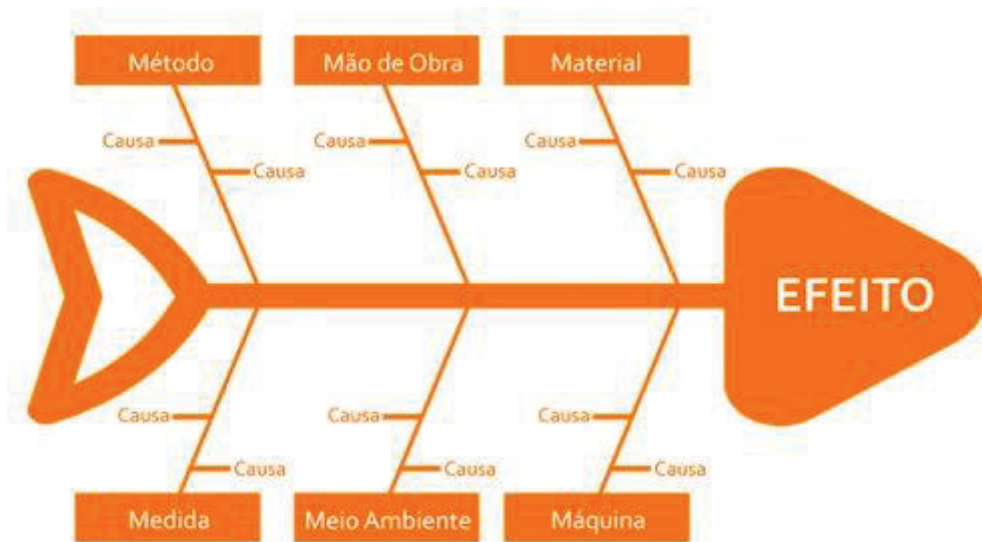
- **Explicar o problema:** definir de forma clara o problema a ser solucionado, buscando esclarecer todas as dúvidas dos participantes.
- **Anotar as ideias dos participantes:** coletar o maior número de ideias, para que posteriormente seja analisado.
- **Apresentação das ideias para o grupo:** divulgar todas as ideias para o grupo de trabalho, para que juntos possam analisar e criar um senso comum das ideias.
- **Agrupamento de ideias:** verificar as ideias semelhantes e complementa-las caso seja necessário.
- **Encerramento:** realizar um encerramento formal da reunião, divulgando os próximos passos a serem realizados.

2.2.2. Diagrama de Causa e Efeito

O diagrama de Causa e efeito, também conhecido como diagrama de Ishikawa ou diagrama espinha de peixe foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa em 1943 na universidade de Tóquio. Foi utilizado pela primeira vez para explicar para um grupo de engenheiros da Kawasaki Steel Works a relação entre um efeito e todas as suas possíveis causas (figura 04). (MACHADO, 2012).

Com esta ferramenta, a análise dos *inputs* que influenciam a qualidade do produto se torna mais fácil. Ela também ajuda a descobrir as causas fundamentais dos problemas e orienta a tomada de decisões, sugerindo as ações necessárias a serem realizadas. Com esta técnica, é possível identificar, analisar e detalhar as possíveis causas de um efeito específico. No entanto, ela não estabelece nem prioriza quais causas devem ser resolvidas primeiro. (MARTINELLI, 2009).

FIGURA 4 – DIAGRAMA DE ISHIKAWA.



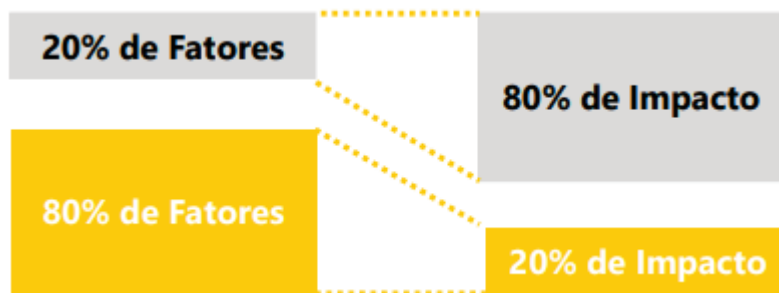
FONTE: TERZONI (2018).

As causas potenciais do efeito analisado são organizadas de acordo com os seis M: materiais, métodos, mão de obra, máquinas, meio ambiente e medidas. Essa categorização facilita a estruturação e aprimora a análise, visando encontrar a solução. (MACHADO, 2012).

2.2.3. Pareto

O princípio de Pareto sustenta que, em qualquer grupo que contribui para um efeito geral, um número reduzido de participantes, que podemos considerar como os mais essenciais é responsável pela maior parte desse efeito, ou seja, 20% das causas representam 80% do efeito (figura 05). (JURAN, GODFREY, 1998).

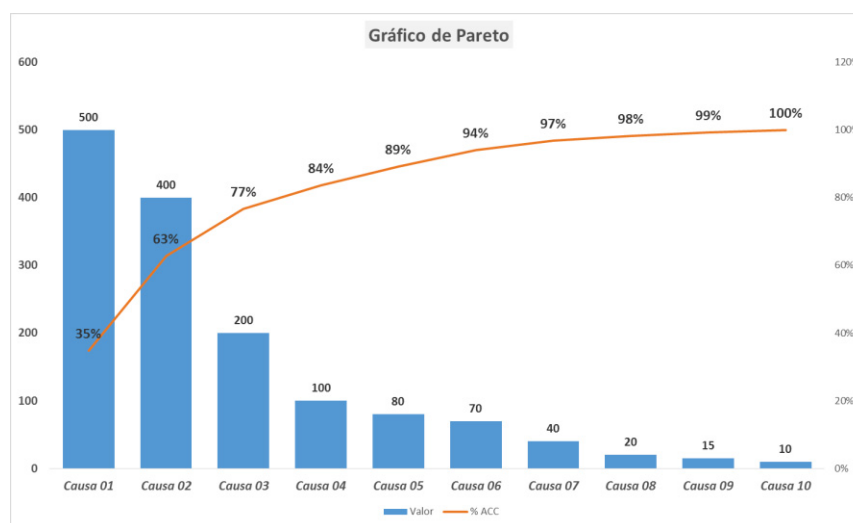
FIGURA 5 – PRINCÍPIO DE PARETO.



FONTE: VOITTO (2018).

O Pareto é uma ferramenta para classificar e separar as principais falhas de um problema de forma ordenada (figura 6), classificando as ocorrências de forma crescente, facilitando a análise e a priorização para a resolução de problemas. (MARTINELLI, 2009).

FIGURA 6 – GRÁFICO DE PARETO.



FONTE: O AUTOR (2024).

Além de facilitar a análise de dados, esta ferramenta apresenta as informações de forma mais clara, o que contribui para convencer a alta administração das empresas sobre as causas dos problemas. Dessa maneira, é possível obter o suporte e os recursos necessários para a sua solução. (JURAN, GODFREY, 1998).

2.2.4. Matriz de priorização – GUT

Segundo Camargo (2018), a Matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) é uma ferramenta que auxilia na priorização de projetos, ações ou na resolução de problemas. A ferramenta classifica o objeto do estudo em gravidade, urgência e tendência, auxiliando a tomada de decisão devido à classificação por meio de uma nota (figura 7).

- Gravidade (G): tem relação com o efeito que o problema gera no processo, empresa ou na sociedade, ou seja, se o problema não for resolvido quais impactos isto trará.
- Urgência (U): está relacionado com o tempo necessário para correção do problema, sendo inversamente proporcional, ou seja, quanto menor o tempo para resolver, maior a urgência.
- Tendência (T): está relacionado ao comportamento do problema ao longo do tempo, ou seja, o problema tende a crescer, a se manter ou a diminuir com o passar do tempo, acarretando um aumento potencial do impacto.

FIGURA 7 – MATRIZ GUT.



FONTE: SYDLE (2024).

3. METODOLOGIA

Nesse capítulo será feita a descrição do procedimento metodológico aplicado para se atingir o objetivo geral previamente definido.

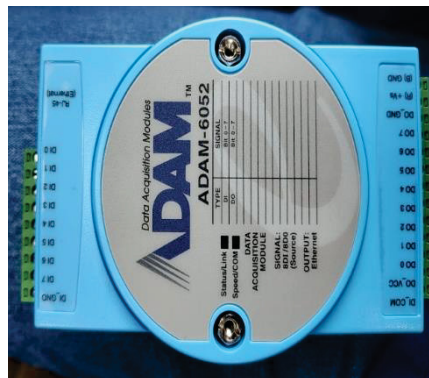
3.1. FASE DEFINIR

3.1.1. Definição do problema

Após analisar os poucos dados que a empresa mantinha, foi evidenciado que a disponibilidade dos equipamentos estava abaixo do esperado, que para os equipamentos de usinagem seria em torno de 70%, gerando atrasos na produção, falta de material acabado no estoque além de atrasos na entrega dos produtos. Para cumprimento das metas de 2024 a disponibilidade aceitável seria acima de 55%.

Também foi evidenciado que os dados não eram totalmente confiáveis devido à falta de marcações, marcações erradas ou até mesmo dificuldade em marcar o tempo de máquina parada. Desta forma, os gestores da empresa optaram por adquirir um equipamento para coleta de dados de automação chamado ADAM que permite monitoramento dos equipamentos da usinagem pesada em tempo real (figura 08) com Inter travamento que só permite o funcionamento mediante uma justificativa para a respectiva parada, aumentando a confiabilidade dos dados de tempo de disponibilidade de máquina.

FIGURA 8 – EQUIPAMENTO DE COLETA DE DADOS.



FONTE: GERDAL SUMMIT (2024).

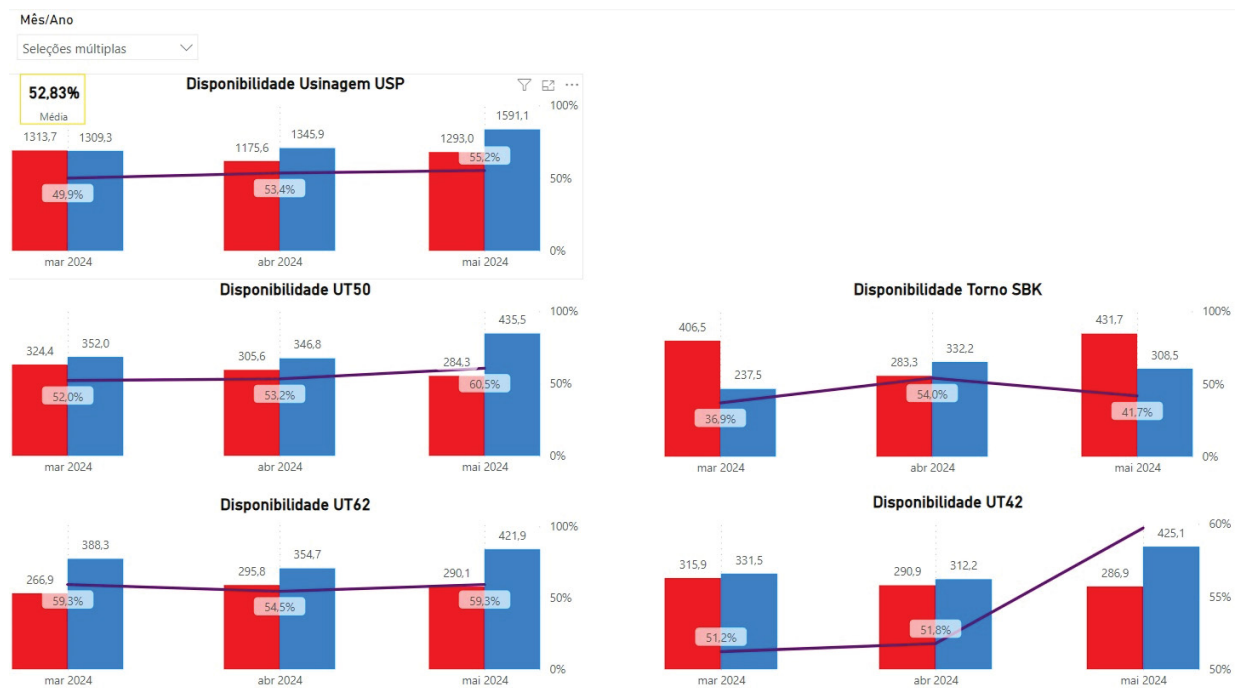
Este componente se integra ao sistema SFO (*System for Operation*) e o sistema MES (*Manufacturing Execution Systems*), obrigando o operador a classificar o motivo da parada do equipamento antes de iniciar as atividades, servindo como um *Poka Yoke*, ou seja, sem a devida classificação o equipamento não entra em operação.

Após a instalação do equipamento, os dados coletados se tornaram mais confiáveis facilitando a análise e colaborando para a construção do estado atual da organização.

3.1.2. Estado atual

A coleta de dados permitiu conseguir um mapeamento apurado do comportamento das máquinas, mostrando a disponibilidade real dos principais equipamentos da linha de usinagem pesada. Foram coletadas as informações de quatro equipamentos (UT50, Torno SBK, UT62 e UT42), durante o período de 03 Meses, evidenciando a baixa disponibilidade do setor, conforme mostrado na figura 09.

FIGURA 9 – DISPONIBILIDADE POR EQUIPAMENTO.

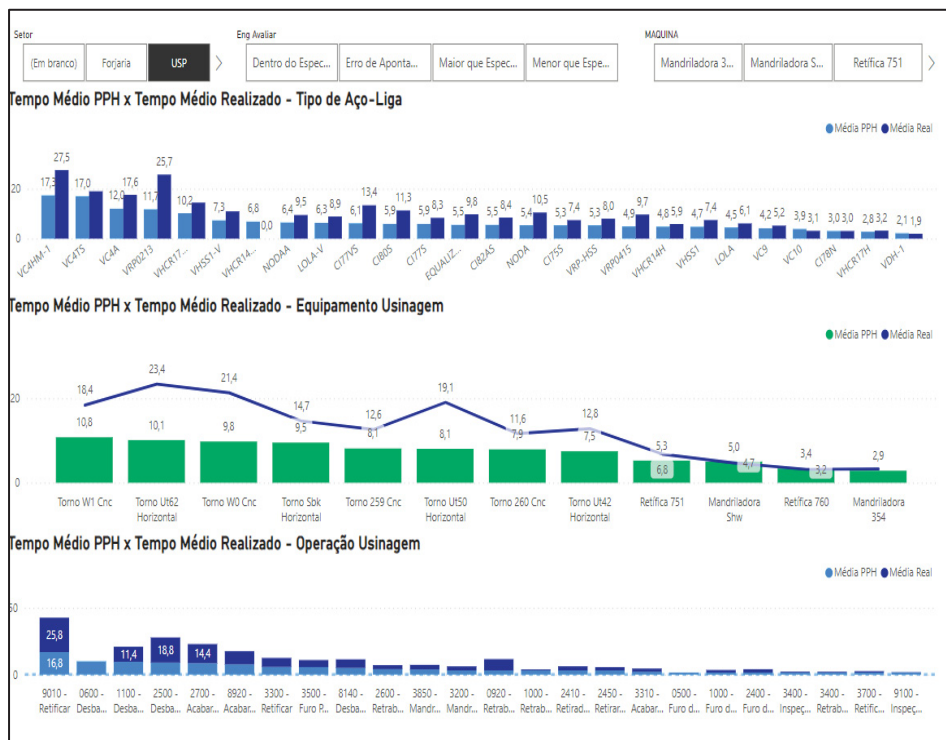


FONTE: GERDAL SUMMIT (2024).

A disponibilidade no período de março a maio de 2024, foi de aproximadamente 52,83%, sendo considerado pela alta gestão muito abaixo do esperado, que para linha de usinagens é de 70%, confirmando a necessidade e a urgência de reverter este cenário para que a organização alcance as metas de produção do ano de 2024, traçando como meta alcançar a disponibilidade de 55,5% no final do ano.

Além da baixa disponibilidade dos equipamentos, também foi constatado que o tempo programado de engenharia (PPH) para cada etapa de usinagem estava acima do tempo, ou seja, o tempo utilizado para usinar uma peça estava ultrapassando o tempo que agrega valor ao produto, conforme figura 10. Este padrão foi identificado em vários equipamentos, entre eles o que representava maior tempo era a retifica (9010) que o valor orçado em horas era de 16,8 horas e estava sendo realizada em aproximadamente 25,8 horas, representando um aumento no tempo de 65,11%.

FIGURA 10 – TEMPO ESTIMADO DE DESBASTE.



FONTE: GERDAL SUMMIT (2024).

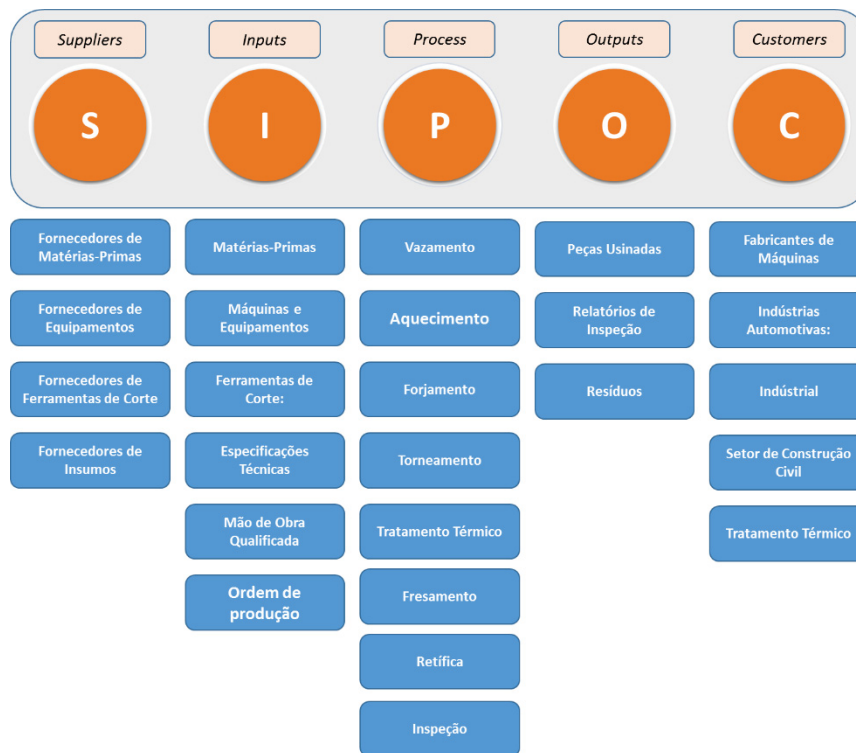
Outra variação identificada no tempo de operação dos equipamentos refere-se a liga utilizada, que também foi constatado variações, tais como a liga VC4HM-1 que o

tempo programado para usinagem era de 17,3 horas e estava sendo realizado em 27,5 horas, totalizando um aumento de aproximadamente 63%.

3.1.3. Processo principal – SIPOC

Os processos produtivos da empresa demandam várias etapas, além de suprimentos, entradas e saídas. Foi realizado um mapeamento macro do processo, utilizando a ferramenta SIPOC (*Supplier, Input, Process, Outputs e Customer*) para facilitar a visualização e o entendimento do processo (figura 11).

FIGURA 11 – SIPOC.



FONTE: O AUTOR (2024).

3.2. FASE MEDIR

3.2.1. Estratificação

Entre março a maio de 2024, foram coletados dados da produção e informações sobre as paradas dos equipamentos envolvidos neste estudo. Após a análise, foram identificadas as principais áreas e motivos que estão causando a baixa disponibilidade das máquinas no setor USP. Para aumentar a compreensão do problema foi elaborado uma árvore de falhas tornando mais visível as principais causas ilustradas na figura 12.

FIGURA 12 – ÁRVORE DE FALHAS - USP.



FONTE: O AUTOR (2024).

Com base na árvore de falhas, foi constatado que todas as áreas citadas interferem e contribuem com o baixo desempenho da linha de usinagem, não sendo possível identificar a contribuição de cada setor de forma mensurável. Sendo necessário melhorar as estratificações de dados utilizando outras ferramentas para definir o foco do problema.

3.2.2. Foco do problema

Após o tratamento dos dados coletados, foi elaborado um Diagrama de Pareto (figura 13), evidenciando o tempo perdido por área e seu percentual no período

analisado. As principais áreas que afetam a disponibilidade são: Processo, com 38,7%; Parada programada, com 38,3%; e Falta de operador, com 8,6%.

FIGURA 13 – PERDAS POR ÁREA.



FONTE: O AUTOR (2024).

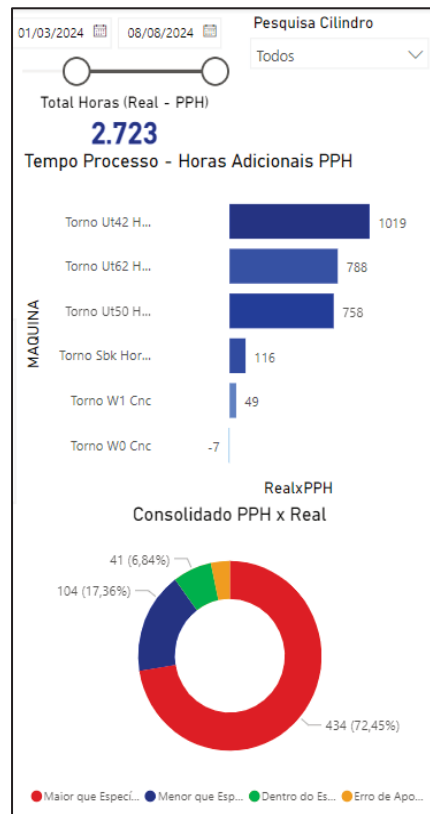
- **Processo:** As paradas de processo englobam diversos motivos tais como setup, aguardando a etapa anterior, reuniões diversas entre outras.
- **Paradas Programadas:** Turnos e horário de refeição e DSD (Dialogo de segurança e desempenho), paradas determinadas dentro o calendário de planejamento, que se alternam de acordo com a demanda de mercado.
- **Falta de Operador:** Relacionadas ao absenteísmo do setor que é tratado pela medicina e comitê de saúde.

Outro quesito que foi analisado, está relacionado indiretamente com a disponibilidade, trata-se da eficiência do processo de desbaste, ou seja, se o processo obedece ao tempo previsto de usinagem para cada peça.

Conforme o levantamento de dados realizado, constatou-se que 72,4% das amostras processadas nos equipamentos de desbaste estão com sobremetal

acima da tolerância especificada com a causa constatada do ferramental de vazamento com as dimensões fora do limite especificado, conforme ilustrado na figura 14.

FIGURA 14 – TEMPO DE PROCESSO.



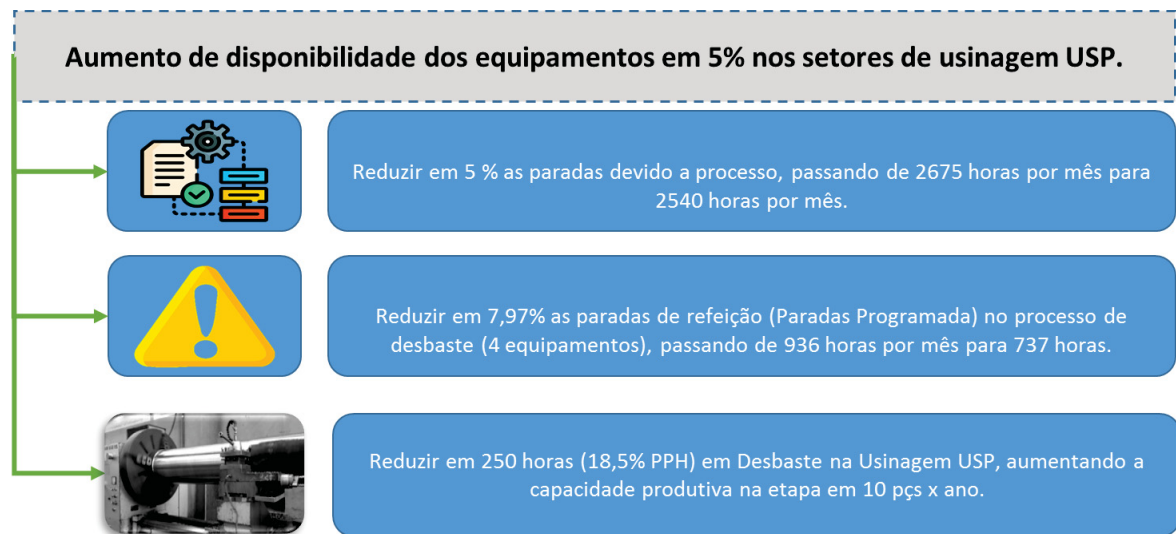
FONTE: GERDAL SUMMIT (2024).

Ao adequar o sobremetal nos eixos e cilindros, o processo se tornará mais eficiente, demandando menos tempo de desgaste, assim diminuindo a taxa de ocupação da linha possibilitando que o material passe pela linha com maior rapidez, contribuindo para o aumento da produtividade na linha USP.

3.2.3. Metas prioritárias

Considerando os dados levantados e nos gráficos de Pareto das perdas evidenciados nos processos, foram estipuladas três metas prioritárias para o aumento de 5% na disponibilidade da linha USP, apresentadas na figura 15:

FIGURA 15 – METAS PRIORITÁRIAS.



FONTE: O AUTOR (2024).

Com a definição das metas globais, é possível mensurar o retorno financeiro (*Saving*) que o projeto trará para a organização após a implantação das ações. Além disso, existe a possibilidade de termos ganhos intangíveis na empresa, tais como aumento do conhecimento técnico dos colaboradores, aumento da moral e a mudança cultural do ambiente fabril, a fim de buscar a melhoria contínua dos processos.

3.2.4. Comprovação da meta global (*Saving*)

O aumento da disponibilidade da linha USP que está projetado uma evolução de 52,83% para 55,5%, para isso iremos atuar na redução do intervalo de refeições, redução de sobre metal nos eixos e cilindros. Estas ações trará os seguintes benefícios:

- Redução dos custos fixos com salários;
- Redução da tarifa de desbastes;
- Aumento do número de peças faturadas mês.

Para reduzir os custos fixos foram planejadas ações para reduzir o tempo de máquina parada para refeição. A ação visa implementar um sistema que um operador controle e monitore mais de um equipamento durante o horário de refeição, assim reduzindo o tempo de máquina parada, reinícios de produção e tempos ociosos entre

as operações. Após esta ação implementada, reduzirá 75% do tempo de máquina parada, trazendo como retorno financeiro cerca de R\$ 91.000,00 por ano.

Com a redução das paradas para refeição, a empresa ganhará cerca de 2.418 horas a mais no ano, isto representará um aumento de 10,71% na disponibilidade, possibilitando um aumento de 13 peças mês nestas operações de desbaste, que por sua vez, reduzirá o custo da tarifa de desbaste, passando de 487,61 reais por hora em 2023 para 476,69 reais por hora em 2024 (figura 16).

FIGURA 16 – CÁLCULO DE SAVING.

1 Operador de Desbaste x 4 Máquinas 3 Horas Turno x 3 Turnos Dia x 26 Dias Mês = 234h Total Horas Refeição Mês (4 Máq) = 312h % Redução Horas Refeição = 75%	Total Horas Mês Refeição (4 Máq) = 2184h Aumento Disponibilidade Após Ação = 2418h ou 10,71%
Total Horas = 234h x R\$ 32,4 (Enc + Benef) R\$ 7.581,60 x 12 Meses = R\$ 90.979,20 Ano	Redução Custo da Tarifa Tarifa Medida 1º Sementre 2024 = R\$ 476,69h / Tarifa Medida 2023 = R\$ 487,61h % Redução = 2,24% Aumento de Produção = 13 pçs nesta operação Passando de 85 Pçs x Mês para 87 Pçs x Mês Aumento de + ou - 500kR\$

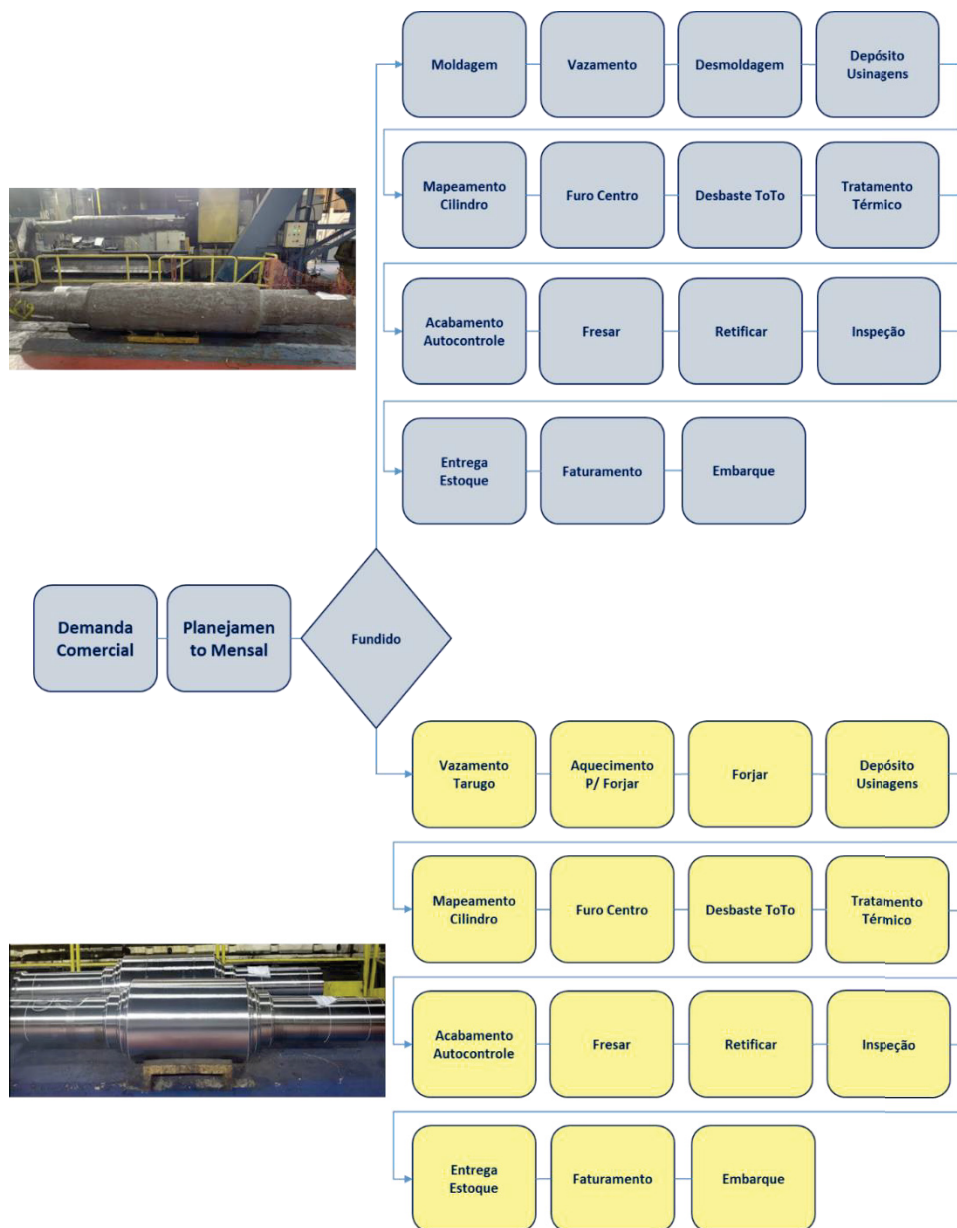
FONTE: O AUTOR (2024).

3.3. FASE ANALISAR

3.3.1. Mapa do processo.

O mapeamento de processo é uma representação gráfica de atividades e suas interações em um determinado ambiente ou operação. Com o intuito de facilitar o entendimento do processo e aumentar compreensão do problema, foi elaborado o mapa de processo ilustrado na figura 17.

FIGURA 17 – MAPA DE PROCESSO USP.



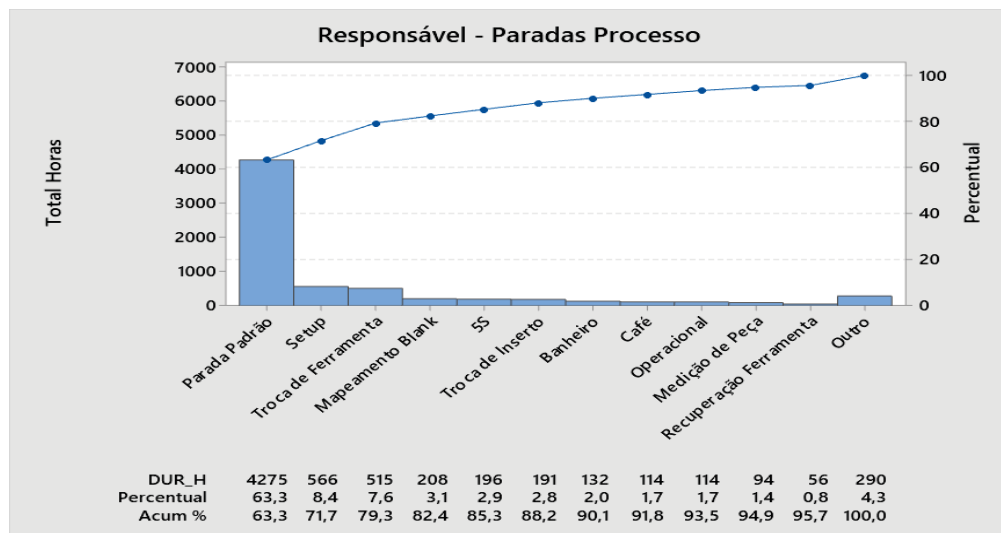
FONTE: O AUTOR (2024).

O mapeamento propicia uma visualização estruturada de cada etapa do processo, permitindo a visualização do caminho que o produto percorre, facilitando a identificação e análise dos problemas que podem ocorrer durante as etapas de produção.

3.3.2. Causas comprovadas.

Após levantamento dos dados do processo, foram estratificadas as paradas referentes a área de processos, que é representada no Gráfico de Pareto da figura 18.

FIGURA 18 – PARETO (PARADAS PROCESSO).



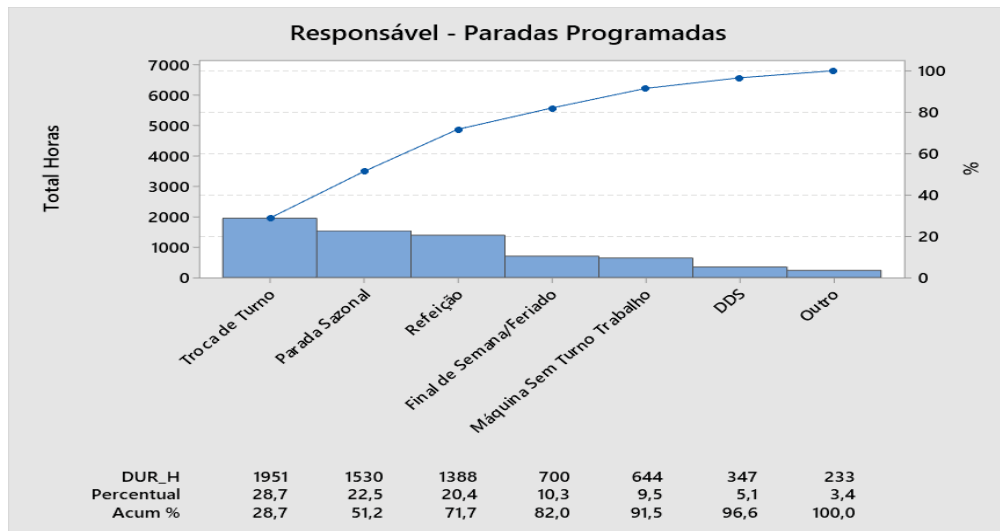
FONTE: O AUTOR (2024).

As paradas mais significativas que afetam a disponibilidade nesta área, são:

- **Parada padrão (63,3%)**: trata-se da falta de programação nas máquinas devido a demanda de produção ou paradas programadas devido a não ser necessário o processamento de material em um determinado equipamento.
- **Setup (8,4%)**: todo o processo de retirada do eixo ou cilindro da máquina para receber uma nova peça, além dos ajustes necessários para que a outra peça seja montada.
- **Troca de ferramenta (7,6%)**: refere-se à troca dos insertos ou do suporte que o inserto é fixado. Durante o processo de usinagem, as trocas são realizadas de acordo com a necessidade de desgaste da peça a ser produzida.

A segunda área que mais afeta a disponibilidade é a de planejamento, nomeada de paradas programadas, as principais causas são representadas no Gráfico de Pareto na figura 19.

FIGURA 19 – PARETO (PARADAS PROGRAMADAS).



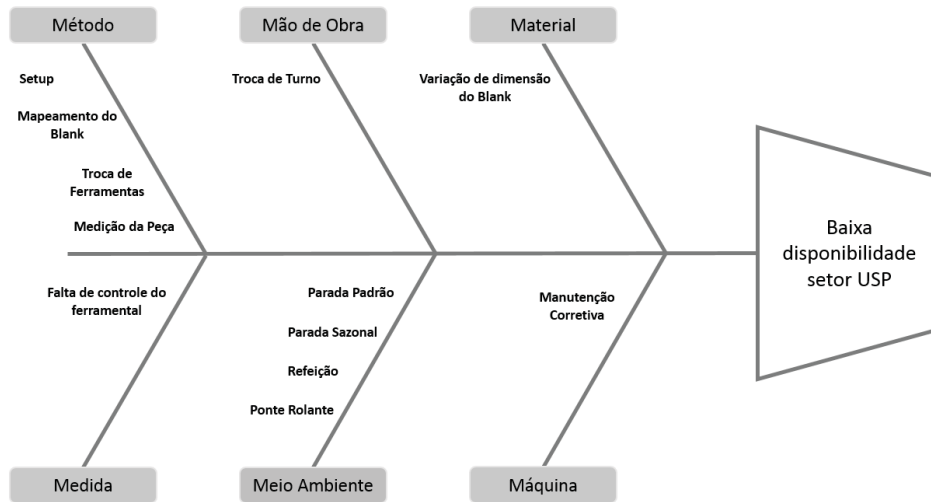
FONTE: O AUTOR (2024).

As paradas mais significativas que afetam a disponibilidade nesta área, são:

- **Troca de turno (28,7%):** reunião que antecede o início de cada turno para alinhamento das metas, prioridades e realização do DSD.
- **Paradas sazonal (22,5%):** falta de produção devido a épocas do ano com baixa demanda, além de feriados prolongados que afetam o cronograma de produção mensal.
- **Refeição (20,4%):** parada na produção que permite que o operador de máquinas realize seu horário de refeição, que é de sessenta minutos por turno. Durante este intervalo, a produção é interrompida.

As falhas foram classificadas de acordo com os seis “M” do Ishikawa (Método, Mão de obra, Matéria prima, Meio ambiente e Máquina), ilustrado na figura 20.

FIGURA 20 – ISHIKAWA.



FONTE: O AUTOR (2024).

Para determinar a prioridade para análise e resolução dos problemas, foi utilizada a matriz de priorização GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), visualizada na figura 21.

FIGURA 21 – MATRIZ GUT.

Causas	ISHIKAWA	G	U	T	Criticidade	Sequencia de atividade	
		Gravidade	Urgência	Tendência			
Processo	Parada Padrão	Meio Ambiente	1	1	4	4	10
	Setup	Método	3	4	5	60	2
	Mapeamento do Blank	Método	3	3	4	36	5
	Troca de Ferramenta	Método	3	3	3	27	7
Parada Programada	Troca de Turno	Mão de Obra	3	2	1	6	9
	Parada Sazonal	Meio Ambiente	2	3	4	24	8
	Refeição	Meio Ambiente	5	4	5	100	1
Outros	Manutenção Corretiva	Máquina	2	3	5	30	6
	Ponte Rolante	Meio Ambiente	4	3	5	60	3
	Medição de Peça	Método	4	3	4	48	4

FONTE: O AUTOR (2024).

3.4. FASE MELHORAR

Após validação das causas comprovadas e a determinação de prioridade através da matriz GUT, foram elaboradas ações para o atingimento das metas. As ações foram separadas em três fases para a implementação.

A primeira fase de implementação visa à redução da tarifa do processo de usinagem. O objetivo é reduzir 2,4% da tarifa atual, que é de R\$ 487,61 reais para R\$ 475,90 reais. Foram definidas dez ações para implementação nesta fase, conforme Tabela 1. Ao atingir o objetivo, o retorno financeiro será de aproximadamente R\$ 100.000,00.

TABELA 1 – PLANO DE SOLUÇÃO (FASE 01).

Fase 1 - Implantação					
Ações Projeto	Início	Final	Status	% Execução	Ganho R\$
Definição Escopo Sistema SFO	dez/23	dez/23	Concluído	100%	Redução Tarifa - 2,4% + ou - 100k x mês Aumento Vantagem Competitiva
Implantação SFO 33 Equipamentos Usinagem	dez/23	mar/23	Concluído	100%	
Treinamento 120 Operadores Usinagem Apontamento	dez/23	mar/23	Concluído	100%	
Avaliação Ferramenta SFO x Aderência Processo	dez/23	dez/23	Concluído	100%	
Ajuste SFO Paradas Implantação OEE	jan/24	fev/24	Concluído	100%	Atingido - 2,52% Totalizando em média 168k x mês custo da tarifa
Ajuste sFO Criação Tela Retrabalho SFO	jan/24	mar/24	Concluído	100%	
Bloqueio Automação ADAM x SFO x CNC	dez/23	mar/24	Concluído	100%	
Criação Power BI Controle Processos e OEE GENBA	fev/24	mar/24	Concluído	100%	
Implantação OEE Cadeias de Diálogo Usinagens	mar/24	jul/24	Concluído	100%	
Acompanhamento Indicadores Tarifa e PPH Peças	mai/24	jul/24	Concluído	100%	

FONTE: O AUTOR (2024).

Na segunda fase, foram elaboradas sete ações com o objetivo de aumentar a disponibilidade dos equipamentos em 5%, atuando no revezamento de máquinas durante as refeições. O ganho projetado para essas ações é de aproximadamente R\$ 91.000,00 reais, conforme Tabela 2.

TABELA 2 – PLANO DE SOLUÇÃO (FASE 02).

Fase 2 - Implantação					
Ações Projeto	Início	Final	Status	% Execução	Ganho R\$
Definição Escopo Equipamentos Monitoramento	abr/24	mai/24	Concluído	100%	Revezamento horas de refeição + 5% de disponibilidade
Levantamento GENBA Processo Desbaste USP	mai/24	jun/24	Concluído	100%	
Busca Mercado Fornecedores Monitoramento + IA	jun/24	jun/24	Concluído	100%	
Parceria Parque Inovações Tecnologia PIT São José dos Campos	jun/24	jun/24	Concluído	100%	R\$ 91.000,00 + Aumento de produção em 2 peças nesta etapa por mês.
Visita Parceiro IA Gerdau Summit - Orçamento	jul/24	jul/24	Concluído	100%	
Aprovação Orçamento Implantação	jul/24	ago/24	Andamento	75%	
Contratação Implantação IA Desbaste	set/24	jan/25	Não Iniciado	0%	

FONTE: O AUTOR (2024).

A terceira fase tem como objetivo a redução do tempo de desbaste dos rolos e cilindros em 18,5%. Foram elaboradas sete ações, conforme Tabela 3. Ao atingirmos esse objetivo, iremos aumentar a capacidade de desbaste, e conseqüentemente o giro

de peças no processo, com previsão de aumento de faturamento de R\$ 500.000,00 reais por ano.

TABELA 3 – PLANO DE SOLUÇÃO (FASE 03).

Fase 3 - Implantação					
Ações Projeto	Início	Final	Status	% Execução	Ganho R\$
Análise Dados PPH Desbaste USP	abr/24	mai/24	Concluído	100%	Redução de 18,5% PPH Peça Desbaste
Alinhamento Fornecedor Interno Condição Fundido FEP - Sobremetal	mai/24	mai/24	Concluído	100%	
Análise Falha Processo	jun/24	jun/24	Concluído	100%	Aumento de capacidade em 15 peças no desbaste (500k ano)
Levantamento Ferramental Utilizado Processo	mai/24	jun/24	Concluído	100%	
Orçamento Substituição Ferramental FEP	mai/24	jun/24	Concluído	100%	
Aprovação Capex Compra Ferramental	jul/24	ago/24	Concluído	100%	
Compra Ferramental Redução Custo Usinagem Sobremetal	set/24	jan/25	Andamento	10%	

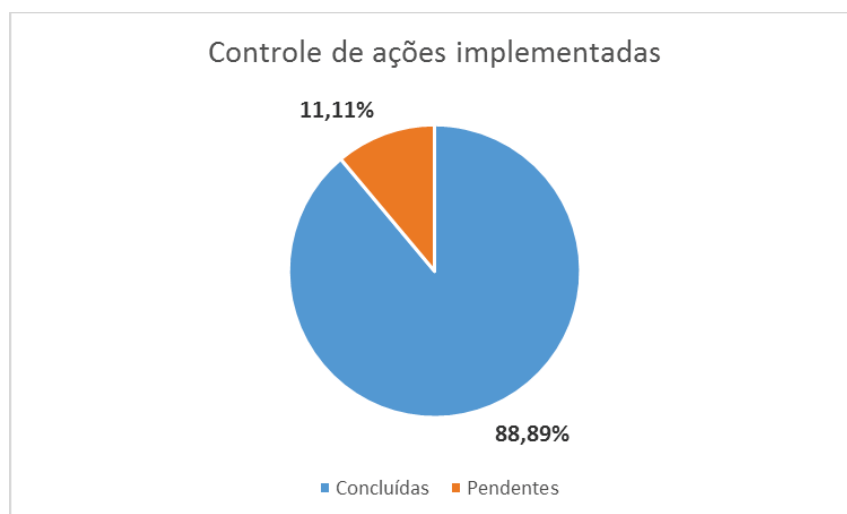
FONTE: O AUTOR (2024).

3.5. FASE CONTROLAR

Para atingir os objetivos e metas propostas neste projeto, foram elaboradas vinte e quatro ações que estão sendo implementadas conforme o plano de solução. As ações estão distribuídas em três fases conforme as tabelas supracitadas.

Foram implementadas 21 ações, atingindo um total de 88,9% das ações implementadas, evidenciado na figura 22. Ficando pendente três ações sendo a última a ser implantada com previsão para janeiro de 2025.

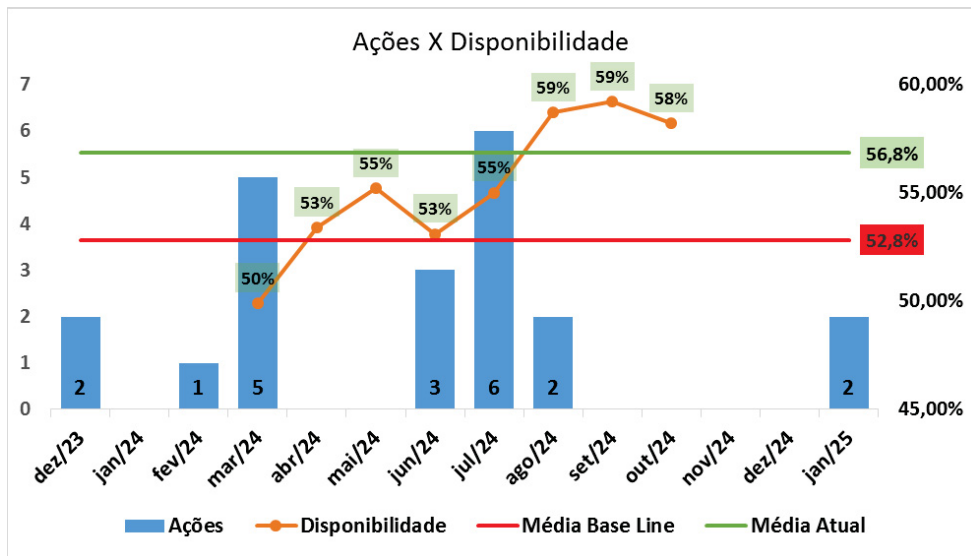
FIGURA 22 – CONTROLE DAS AÇÕES IMPLEMENTADAS.



FONTE: O AUTOR (2024).

Durante a evolução das ações, foram realizados acompanhamentos para evidenciar a efetividade das ações em relação à disponibilidade dos equipamentos. Foi possível confirmar a efetividade das ações, conforme visualizada na figura 23.

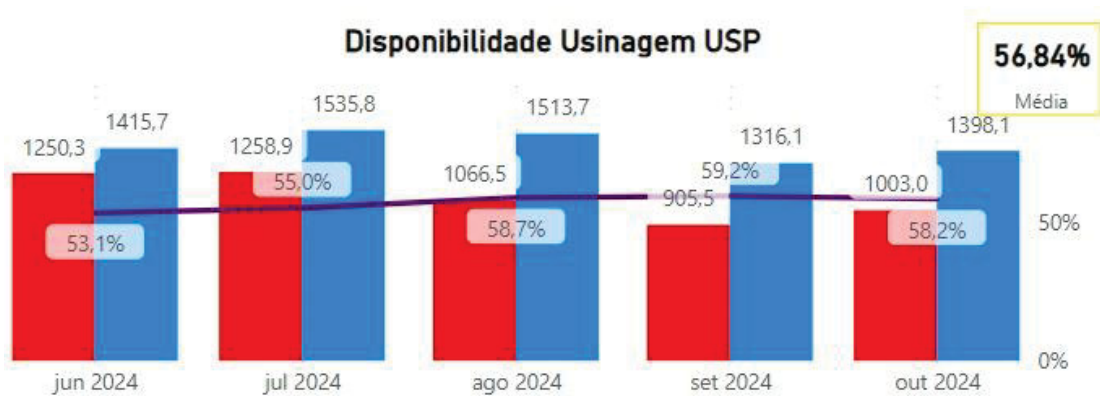
FIGURA 23 – AÇÕES IMPLEMENTADAS X DISPONIBILIDADE.



FONTE: O AUTOR (2024).

Após a implementação das ações, obtivemos uma evolução na disponibilidade dos equipamentos monitorados. A disponibilidade média da USP no período de março a maio de 2024 era de 52,83% e passou a ser de 56,84%, conforme evidenciado na figura 24.

FIGURA 24 – DISPONIBILIDADE USP.



FONTE: GERDAL SUMMIT (2024).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO MAPA DE RACIOCÍNIO

No início do projeto foi constatado que na linha de desbaste da USP pesada responsável pela produção de cilindros fundidos uma baixa disponibilidade dos equipamentos devido a fatores operacionais voltados para as causas supracitados, onde foi possível constatar uma oportunidade de melhor gerenciamento do *GENBA* através do sistema de informação SFO junto com a automação dos equipamentos para controle destas variáveis.

Após sua implementação pode se verificar um aumento da disponibilidade medida nos três primeiros meses de 52,83% para 56,84% nos últimos cinco meses, atingindo assim o índice de 7,59%, cujo o objetivo do projeto era de 5% na disponibilidade do processo. Os impactos desta melhoria foram sentidos no custo da tarifa que é proporcional ao aumento da disponibilidade através do volume de peças, dividido pelo recurso alocado, o valor da redução da tarifa em 2,52% acumulando até o mês de setembro duzentos e trinta mil reais de redução em seu custo, projetando uma redução acumulada de duzentos e noventa e seis mil reais aproximadamente.

5. CONCLUSÕES

Este projeto é de extrema importância para o negócio visto que, com a globalização e a redução de fronteiras para fornecimento de cilindros forjados e fundidos, a redução de custos e aumento de produtividade se faz necessário frente a tal cenário para sustentabilidade e perpetuidade do negócio.

Com esta iniciativa, notamos uma mudança da cultura da melhoria contínua e gestão da informação voltada para resultados direcionando novos projetos e iniciativas de aumento de produtividade e desempenho nos equipamentos, notamos também uma significativa mudança de comportamento operacional visto que por várias vezes o operador não conseguia explicitar as falhas que acontecia no GENBA e hoje através do sistema e automação, ele consegue suportar a gestão com informações tornando mais assertivo a tratativa de falhas e análise de causas nos processos.

Atingimos com este projeto um aumento de disponibilidade de 7,59%, que refletiu diretamente no custo da tarifa do setor de desbaste em 2,4% e também no volume de peças no processo evitando paradas em equipamentos adjacentes que são clientes desta fase do processo, tornando assim, o fluxo contínuo e estabelecendo o “*Pull*” que são premissas para um processo estável e capaz.

Obtivemos também ganhos indiretos de gestão de planejamento de produção, aumentando a assertividade das entregas e aderência ao plano de produção, pois com informações confiáveis o processo de planejamento tornou-se mais preciso e com maior previsibilidade aos nossos clientes internos e externos, possibilitando um melhor planejamento das entregas, visto que 70% do volume é para exportação e o afretamento marítimo tem alto custo que pode ser reduzido com maior aderência as entregas.

Com a estabilidade dos processos produtivos obtidas através deste projeto, poderemos analisar internamente e aplicar a redução do WIP (*Work In Process*), melhorando o capital de giro, o que contribui diretamente para o aumento das margens dos produtos e alavancagem financeira do negócio.

5.1. Sugestões de trabalhos futuros

A partir deste trabalho foi possível abordar temas antes não discutidos nos processos que podem potencializar a produtividade e reduzir custos de transformação

através de uso de recursos de visão computacional e inteligência artificial aplicada a processo.

Os próximos projetos de melhoria contínua foram listados e priorizados conforme ações abaixo estabelecidas:

- Aumento de disponibilidade usinagem UTT (usinagem e tratamento de cilindros de trabalho);
- Implantação de análise estatística de comportamento produtivo (tempo de processo x tempo de engenharia);
- Implementação sistêmica de dados de mapeamento de peças para uso de inteligência artificial;
- Implementação do TPM (*Total Productive Maintenance*) em equipamentos críticos de processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, D.F. **Seis Sigma – Coletânea de Artigos**. 1ed. Belo Horizonte: Poisson, 2017.
- FARINAZZO, R. **Brainstorming: o que é e como preparar uma reunião com resultados reais**. Disponível em: <https://www.rdstation.com/blog/agencias/o-que-e-brainstorming/>. Acesso em: 14/10/2024.
- CAMARGO, R.F. **Como fazer a Matriz GUT para a resolução de problemas? Conheça a Matriz de Prioridades**. Disponível em: <https://www.treasy.com.br/blog/matriz-gut/>. Acesso em: 19/10/2024.
- COUTINHO, T. **Saiba como ter ideias geniais em pouco tempo com o Brainstorming**. Disponível em: <https://voitto.com.br/blog/artigo/brainstorming>. Acesso em: 13/10/2024.
- DIRGO, R. **Look Forward Beyond Lean and Six Sigma – A Self-Perpetuating Enterprise Improvement Method**. 1ed. Florida: J.Ross Publishing, 2006.
- JMAC – Consultants INC** . Disponível em: <https://tpm.jmac.co.jp/news/details/6515.html>. Acesso em: 01/08/2024.
- JURAN, J. M.; GODFREY, A.B. **Juran’s Quality Handbook**. 5ed. New York: McGraw-Hill Professional, 1998.
- MACHADO, S.S. **Gestão da Qualidade**. 1ed. Inhumas / GO: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, 2012.
- MARTINELLI, F. B. **Gestão da Qualidade Total**. 1ed. Curitiba / PR: IESDE, 2009.
- MONTGOMERY, D.C. **Introduction to Statistical Quality Control**. 7ed. Arizona: Wiley, 2012.
- PYZDEK, T; KELLER, P. **The Six Sigma HandBook – A Complete Guide For Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels**. 3ed. New York: McGraw-Hill, 2010.
- SETTER, C. J. **A Complete Step-By-Step Guide: A Complete Training & Reference Guide for White Belts, Yellow Belts, Green Belts, and Black Belts**. 1ed. Buffalo: Council for Six SIGMA Certification, 2018.
- SYDLE. **Matriz GUT: o que é e como funciona? Veja exemplos**. Disponível em: <https://www.sydle.com/br/blog/matriz-gut-o-que-e-e-como-funciona-veja-exemplos-62d05b64675a2377260936ae>. Acesso em: 26/10/2024.
- TERZONI. **Ferramentas de análise: Diagrama de Ishikawa e Gráfico de Pareto**. Disponível em: <https://terzoni.com.br/leanblog/diagrama-ishikawa-e-grafico-de-pareto/>. Acesso em: 26/10/2024.
- VOITTO. **Diagrama de Pareto: Aprenda a usar esse Recurso Gráfico para fazer sua Gestão de Qualidade**. Disponível em: <https://voitto.com.br/blog/artigo/diagrama-de-pareto>. Acesso em: 26/10/2024.
- WERKEMA, C. **Criando a Cultura Lean Six Sigma**. 1ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.