

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL
Campus Ibirubá**

LARA OPPELT DA COSTA

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
Estudo de caso de manutenções corretivas em uma indústria metal mecânica**

**Ibirubá
2023**

LARA OPPELT DA COSTA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Estudo de caso de manutenções corretivas em uma indústria metal mecânica

Proposta de projeto apresentada como requisito parcial para o desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso do curso Superior em Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Ibirubá.

Orientador: Prof. Me. Giancarlo Stefani
Schleder

Ibirubá

2023

COSTA, Lara O.

Estudo de caso de manutenções corretivas em uma indústria metal mecânica / Lara Oppelt da Costa. - Ibirubá, 2023. 53 f. Orientador: Giancarlo Stefani Schleder.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Ibirubá, curso de graduação em Engenharia Mecânica, Ibirubá, 2023.

1. Engenharia Mecânica. 2. Manutenção Industrial. I. Schleder, Giancarlo Stefani. II. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Ibirubá, curso de graduação em engenharia mecânica

ESTUDO DE CASO DE MANUTENÇÕES CORRETIVAS EM UMA INDÚSTRIA
METAL MECÂNICA

Trabalho de conclusão de curso realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – *Campus Ibirubá*, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Giancarlo Stefani Schleder

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Giancarlo Stefani Schleder
IFRS Campus Ibirubá

Prof. Me. Flávio Roberto Andara
IFRS Campus Ibirubá

Prof. Me. Anderson de Oliveira Fraga
IFRS Campus Ibirubá

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, a minha mãe Ivanise e ao meu pai Rogério por estarem ao meu lado ao longo dessa trajetória.

Aos professores do Instituto que sempre estiveram dispostos a ajudar nesses anos de curso, em especial ao professor Giancarlo por todos os auxílios no desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

O planejamento e controle da manutenção (PCM) é de fundamental importância nos resultados obtidos nas empresas que utilizam esse tipo de recurso, em especial as indústrias do ramo metal mecânico. Na Indústria de Implementos Agrícolas Vence Tudo são usados alguns recursos de controle e planejamento de manutenção para diversos setores da empresa, dentre eles usinagem, fundição, solda, estamparia e montagem. Este trabalho visa o estudo de caso dos índices de manutenções corretivas em uma indústria de implementos agrícolas.

O estudo de caso das paradas excessivas levou ao setor de Usinagem tendo como objetivo chegar em uma solução que seja viável para diminuir os custos e retomar a produção padrão de um dos setores que mais geram paradas. Para que o objetivo fosse conquistado foi realizada a revisão bibliográfica de todos os conceitos que envolvem planejamento e controle de manutenção, funcionamento de centros de usinagem e rastreabilidade de produção.

Palavras-chave: Manutenção; Planejamento e Controle da Manutenção; Manutenção Corretiva; Usinagem.

ABSTRACT

Maintenance planning and control (MPC) is most important role in the outcomes achieved by companies utilizing this type of resource, particularly in the metal-mechanical industry. In the Agricultural Implement Industry Vence Tudo, various maintenance planning and control measures are employed across different sectors of the company, including machining, casting, welding, stamping, and assembly. This study focuses on the case analysis of corrective maintenance indices in an agricultural implement industries.

The case study on excessive downtime led to the Machining department, aiming to find a viable solution to reduce costs and restore standard production in one of the sectors causing significant interruptions. To achieve this objective, a literature review was conducted encompassing all concepts related to maintenance planning and control, machining center operations, and production traceability.

Keywords: Maintenance; Maintenance Planning and Control; Corrective Maintenance; Machining.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Custos associados à manutenção	14
Figura 2 – Placa de identificação	17
Figura 3 – Árvore de decisão	19
Figura 4 – Antes e depois de uma máquina que passou por <i>Retrofit</i>	20
Figura 5 – Torno CNC	21
Figura 6 – Centro de usinagem	25
Figura 7 – Organograma manutenção.....	28
Figura 8 – Legenda dos índices bimestrais de manutenções corretivas	29
Figura 9 – Índices do primeiro bimestre	29
Figura 10 – Índices do segundo semestre	30
Figura 11 – Índices do terceiro bimestre	30
Figura 12 – Índices do quarto bimestre	31
Figura 13 – Legenda índices manutenções corretivas e preventivas janeiro a agosto .	34
Figura 14 – Índices manutenções corretivas e preventivas janeiro a agosto 2023	34
Figura 15 – Índices de parada de máquina	36
Figura 16 – Captura de tela Prodesys manutenção 17/04.....	37
Figura 17 – Captura de tela Prodesys manutenção 26/06.....	37
Figura 18 – Captura de tela Prodesys manutenção 10/06.....	38
Figura 19 – Captura de tela Prodesys manutenção 03/05.....	38
Figura 20 – Usinagem Vence Tudo	39
Figura 21 – Captura de tela Prodesys máquina	40
Figura 22 – Planilha horas disponíveis das máquinas	41
Figura 23 – Checklist operador.....	41
Figura 24 – MCU-10	45
Figura 25 – Árvore de decisão MCU-10	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Metodologia proposta	32
Quadro 2 – Peças fabricadas.....	43
Quadro 3 – Valores envolvidos na decisão	46

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PCM	Planejamento e controle de manutenção
CNC	Comando Numérico Computadorizado
OM	Ordem de Manutenção
HH	Homem Hora

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	CONCEITO DE MANUTENÇÃO.....	13
2.1.1	Tipos de manutenção	13
2.2	PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO.....	14
2.2.1	Estratégias para definição do PCM	15
2.2.2	Sistemas de controle	16
2.3	ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO	17
2.3.1	Sistemas de controle	17
2.4	ÍNDICES DA MANUTENÇÃO.....	18
2.4.1	Custo de manutenção	18
2.4.2	Taxa de manutenção corretiva	18
2.4.3	Indicador Homem Hora	18
2.5	ÁRVORE DE DECISÃO.....	19
2.6	RETROFIT.....	20
2.6.1	Implementação do Retrofit	20
2.7	MÁQUINAS CNC	21
2.7.1	Principais componentes	21
2.7.2	Centro de usinagem	24
2.8	PRODUÇÃO ENXUTA	26
2.8.1	Valor	26
2.8.2	Cadeia de valor	26
2.8.3	Fluxo	26
2.8.4	Puxar a produção	26
2.8.5	Perfeição	27

2.9	VIDA ÚTIL DOS EQUIPAMENTOS	27
3	MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1	ESTUDO DA REALIDADE DA EMPRESA	28
3.2	SELEÇÃO DE CASO.....	29
4	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	33
4.1	ENTREVISTAS MANUTENÇÃO	33
4.2	ANÁLISE DOS GRÁFICOS.....	33
4.3	VERIFICAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS.....	35
4.4	COLETA DE INFORMAÇÕES USINAGEM.....	39
4.5	COLETA DE INFORMAÇÕES MÉTODOS E PROCESSOS.....	43
4.6	RESULTADOS.....	44
5	CONCLUSÃO	47
6	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	48
	REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

Diante do cenário competitivo do mercado, em especial das indústrias de implementos agrícolas, as empresas estão cada vez mais investindo e buscando soluções que diminuam seus custos, mas que mantenham ou melhorem a qualidade de seus produtos, buscando aumentar sua produtividade e atualizar seus processos. Sendo assim, este trabalho tem por objetivo desmembrar e fazer um estudo de caso das manutenções corretivas de uma empresa do ramo metal mecânico, fornecendo resultados que auxiliem nas tomadas de decisão na gestão de manutenção e produção.

Serão apresentados dados das manutenções concluídas no primeiro semestre de 2023 dos setores de estamparia, fundição, pintura e usinagem, e a partir desses dados será definido que o setor com os maiores índices de manutenções corretivas será o alvo de estudo mais aprofundado, explanando os custos com as manutenções, perdas de produção com máquina parada, quais as possíveis origens de falhas e traçar alguns pontos de aumento de eficiência.

1.1 OBJETIVOS

Este estudo visa analisar as ocorrências de manutenção corretiva em uma indústria de implementos agrícolas, apontando o setor com maiores índices de manutenções nos últimos meses. O objetivo é verificar as falhas mais comuns, calcular os custos associados e avaliar soluções viáveis para eliminá-las, considerando tanto o aspecto econômico quanto a qualidade das peças produzidas. O trabalho inclui a análise das causas das falhas, os impactos não planejados na produtividade e a proposição de estratégias para minimizar essas ocorrências e seus efeitos. O estudo detalhado incluirá a identificação dos equipamentos mais afetados, a análise das causas, a quantificação dos custos envolvidos, e a proposição de alternativas para reduzir tais incidências.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para um melhor entendimento deste trabalho foi feita a revisão bibliográfica dos temas envolvidos no estudo, dentre eles os tipos de manutenção, o planejamento e controle da manutenção, as técnicas de análise de falhas, e quais as causas mais comuns de falhas em equipamentos industriais.

2.1 CONCEITO DE MANUTENÇÃO

De acordo com Silva (2018), a manutenção pode ser definida como um conjunto de ações técnicas e administrativas com o objetivo de manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. A função requerida de um item é o conjunto de funções necessárias à realização de determinada ação.

2.1.1 Tipos de manutenção

As empresas fazem a combinação dos três tipos de manutenção para manter suas instalações, sendo elas: manutenção preventiva, preditiva e corretiva.

2.1.1.1 Manutenção corretiva

Silva (2018) define que a manutenção corretiva é aquela que é feita imediatamente após o equipamento perder sua função ou parte dela. Ela pode ser planejada ou não planejada. Na manutenção corretiva não planejada a correção é feita logo após o equipamento perder sua função, implica em altos custos, perda de produção. A manutenção corretiva planejada a correção é feita em função de um acompanhamento preditivo, detectivo. Torna-se mais elaborada, segura e rápida pois é feito um planejamento das atividades.

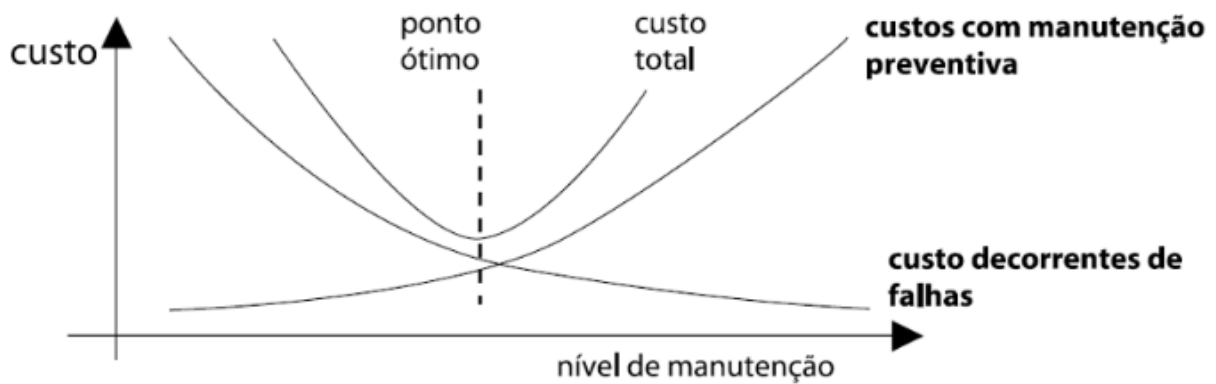
2.1.1.2 Manutenção preventiva

De acordo com Viana (2014) a manutenção preventiva é todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, estando em condições operacionais ou em estado de zero defeito.

A manutenção pode ser programada, seguindo um cronograma de tempo definido, ou reativa, aproveitando as condições operacionais do equipamento GREGÓRIO 2018.

Os principais objetivos das empresas na utilização das manutenções preventivas é reduzir custos, aumentar a qualidade do produto e produção, aumentar a vida útil das máquinas e reduzir acidentes de trabalho. Desta forma busca-se o ponto de equilíbrio entre os três tipos de intervenções, preventivas, preditivas e corretivas, para minimizar o custo total das paradas, conforme demonstrado na figura 1.

Figura 1 – Custos associados à manutenção



Fonte: Adaptado de Slack (2002)

2.1.1.3 Manutenção preditiva

De acordo com Silva (2018) define que a manutenção preditiva é a manutenção baseada nas variáveis ou parâmetros de desempenho dos equipamentos de modo sistemático, identificando variações nesses de modo a ser realizada uma manutenção corretiva planejada. Os parâmetros de uma manutenção preditiva podem ser: temperatura, vibração, viscosidade de óleo, corrente, tensão, pressão e etc.

2.2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO

Nos planos de manutenção das empresas são incluídos os equipamentos, quais os reparos mais adequados para cada um, o momento correto das substituições das peças, restaurações e/ ou monitoramentos, também se descrevem os procedimentos a serem adotados, os materiais necessários e os profissionais envolvidos. Esse material servirá de base

para a equipe responsável pelo trabalho. As avaliações do plano e de sua execução são de extrema importância para gerar feedbacks e direcionar os próximos passos do setor.

Durante esse processo são adotadas algumas medidas de controle. Dentre elas o custo de manutenção, o qual deve ser balanceado a fim de garantir a melhor eficiência na execução com o menor custo possível.

2.2.1 Estratégias para definição do PCM

Um dos pontos mais importantes na hora de se elaborar o PCM (Planejamento, e Controle da Manutenção) é a definição dos tipos de manutenções a serem adotados para cada equipamento. Para alguns, atividades preventivas devem ser aplicadas, outros devem ser monitorados/inspecionados e, para outros, procedimentos corretivos mostram-se mais apropriados. Sendo assim são adotadas algumas estratégias para determinar as escolhas mais adequadas para cada um.

2.2.1.1 Recomendações do fabricante

É preciso observar o que o fabricante do equipamento pontuou quanto a conservação, intervalo entre as manutenções e procedimentos para correção de falhas.

2.2.1.2 Características do equipamento

É necessário atentar ao tempo médio entre falhas, como elas ocorrem, suas características. Segundo Viana (2014) as características do reparo também devem ser levadas em consideração, bem como o tempo médio do reparo, o tempo disponível após a pane antes que a produção seja afetada.

2.2.1.3 Fator econômico

Conforme mencionado anteriormente o custo deve ser muito bem avaliado de modo que não prejudique o processo como um todo. Esse custo pode ser dividido em custos de recursos humanos, interferências na produção e perdas de processo. Esse custo de interferência de produção se deve ao tempo em que a máquina fica parada no sistema

produtivo. Já o custo de recursos humanos e materiais diz respeito ao que é gasto com homem hora, componentes e outros itens gastos durante a manutenção. E por fim, o custo com perdas no processo se deve aos refugos da produção, havendo o desperdício de matéria-prima devido a falhas nos equipamentos.

2.2.2 Sistemas de controle

De acordo com o Telecurso 2000 (2002), há quatro sistemas de controle das operações de manutenção.

2.2.2.1 Controle manual

Neste sistema as manutenções preventivas, preditivas e corretivas são controladas através de formulários preenchidos manualmente e guardados em pastas de arquivos.

2.2.2.2 Controle semi-automatizado

Nesse caso a manutenção preventiva é feita através de programa no computador enquanto a corretiva é realizada manualmente.

2.2.2.3 Controle automatizado

No controle automatizado todas as intervenções são inseridas em um programa no computador a fim de se obter gráficos e tabelas para auxiliar na tomada de decisões.

2.2.2.4 Controle por interface

Já no controle por interface todos os dados das manutenções realizadas ficam armazenadas em um servidor, gerando um fácil acesso através de interface monitor ou impressora.

2.3 ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO

Para Viana (2002), as ferramentas do planejamento e controle da manutenção fornecem informações para que seja possível a criação de um banco de dados organizado, e que proporcione o aprimoramento das manutenções.

2.3.1 Sistemas de controle

Segundo Viana (2002) o tagueamento nas empresas representa a identificação dos locais de operação e seus equipamentos. Com o aumento gradual das máquinas e equipamentos nas indústrias é de suma importância a localização setorizada de cada um para a melhor organização na manutenção. A estruturação correta deste permite organizar as operações de forma mais rápida e inteligente, extraíndo as informações através da Tag. Essa Tag fornece informações como número de quebras, custos, disponibilidade entre outras.

2.3.1.1 Codificação dos equipamentos

A codificação do equipamento visa individualizá-lo para a manutenção, fornecendo todos os dados de sua vida útil, como históricos de falhas, intervenções entre outros. Essa codificação é feita por meio de placas de identificação e fixadas no equipamento.

A figura 2 mostra uma placa de identificação da empresa Vence Tudo. Nela os três caracteres iniciais da segunda linha, MTC, significam qual o tipo de equipamento, neste caso, um torno CNC, e os números que acompanham as letras são um sequencial de designação de cada equipamento. Já na primeira linha o CC é de centro de custo e a numeração identifica qual setor pertence.

Figura 2 – Placa de identificação



Fonte: Autor (2023)

2.4 ÍNDICES DA MANUTENÇÃO

Através dos índices de manutenção é possível rastrear aspectos importantes do processo, e utilizá-los para propor melhorias. Serão abordados a seguir os índices relevantes para implementação neste trabalho.

2.4.1 Custo de manutenção

De acordo com Viana (2014) numa forma geral os custos de manutenção incluem os seguintes itens: pessoal, materiais, contratação de serviços externos, depreciação e perda de faturamento. Custos com pessoal, estão relacionados a salários, encargos sociais, benefícios e gastos com treinamentos; Custos com materiais, estão inclusas energia elétrica, água, reposição de itens, e valores relacionados a administração, almoxarifado e compras. Custos com serviços externos, fazem parte, mão-de-obra externa para serviços permanentes ou circunstanciais; Perda de faturamento são os custos com perda de produção e desperdícios de matéria-prima.

2.4.2 Taxa de manutenção corretiva

Esse índice representa a proporção de manutenção que é corretiva em relação à manutenção total. Baixa taxa de manutenção corretiva significa que a manutenção preventiva está sendo eficaz.

2.4.3 Indicador Homem Hora

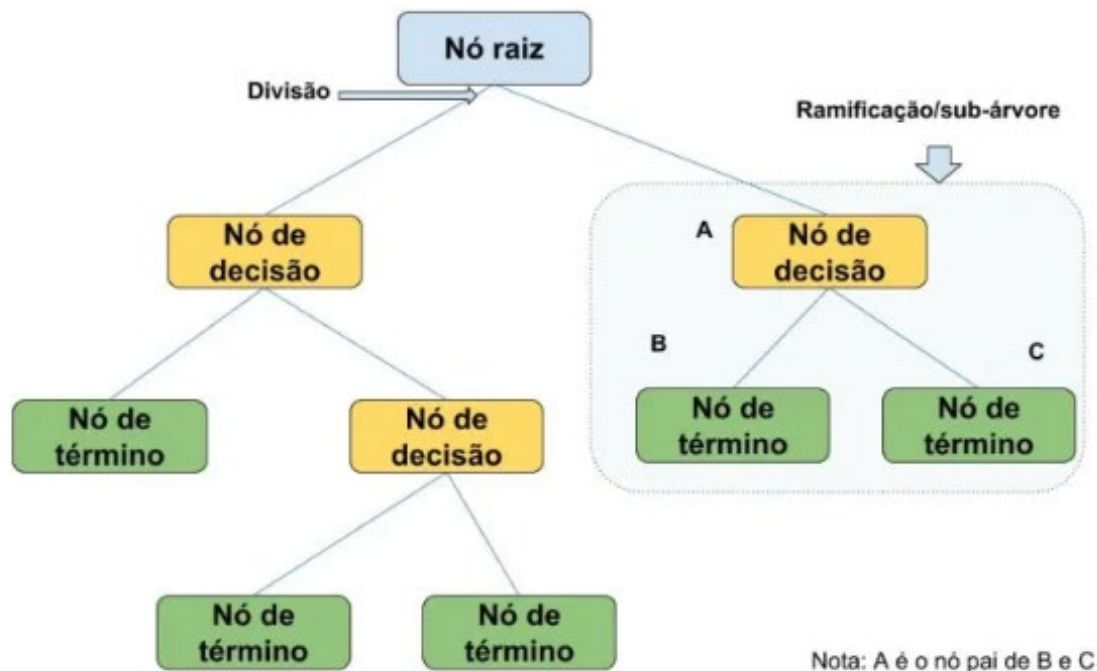
O indicador de homem-hora em ordens de manutenção é importante para avaliar a eficiência e os recursos humanos envolvidos nas atividades de manutenção. Ele ajuda a medir quanto tempo é gasto pela equipe de manutenção na execução de tarefas específicas em uma ordem de manutenção. Este indicador é importante para o controle de custos, planejamento de recursos e melhoria da produtividade.

2.5 ÁRVORE DE DECISÃO

Segundo Garcia (2003) as árvores de decisão são um meio eficiente para produzir classificadores a partir de base de dados, sendo muito utilizados devido a sua eficiência em relação ao tempo e por fornecerem meios bem intuitivos de analisar os resultados obtidos, apresentando uma representação simples e de fácil compreensão e análise dos problemas em questão, como pode ser observado na figura 4.

Esta técnica de modelagem é utilizada em várias áreas como a ciência de dados e tomadas de decisão no geral. Torna-se muito útil quando se precisa tomar decisões com base em vários critérios e diferentes caminhos de decisão. Desta forma para se desenvolver uma árvore de decisão o primeiro passo é a identificação do problema, após é necessário identificar quais os critérios de decisão. Com os critérios definidos deve-se listar todas as alternativas para cada critério e estruturar o restante da árvore. Ou seja, trata-se de um fluxograma que parte de uma ideia principal e se ramifica com base nas consequências das decisões. Um opcional é atribuir valores ou pesos para as alternativas e assim tomar a decisão com base nos pesos atribuídos às alternativas.

Figura 3 – Árvore de decisão



Fonte: Homem Máquina (2020)

2.6 RETROFIT

O *retrofitting* industrial é o processo de atualização das máquinas, substituindo ou modernizando peças e *softwares* por modelos com versões mais recentes. O método implementa correções e novas funcionalidades a partir das características básicas do produto WORREL, BIERMANS, 2005.

É necessário fazer o *retrofit* quando ocorrer alta depreciação dos equipamentos ou quando houver comprometimento dos índices de produtividade. O principal benefício é o investimento ser bem menor que a compra de um equipamento novo e também pela familiaridade dos colaboradores em relação à operação do mesmo.

2.6.1 Implementação do Retrofit

Segundo Cetnarowsk (2014), para implementação do *retrofit* na empresa devem ser seguidos alguns passos. Primeiro deve ser feita a avaliação de desempenho, onde é verificado a produtividade de cada equipamento e também quais são as oportunidades de melhoria de cada máquina no processo. Após é feito o desenvolvimento do projeto e definindo quais os sistemas que serão modernizados. Posteriormente é feita a compra de todos os materiais necessários com os fornecedores e, pôr fim, a execução do projeto, que muitas vezes inclui a paralisação da produção naquele equipamento. A figura 5 apresenta um exemplo de uma máquina que recebeu *retrofit*.



Fonte: Desco (2023)

2.7 MÁQUINAS CNC

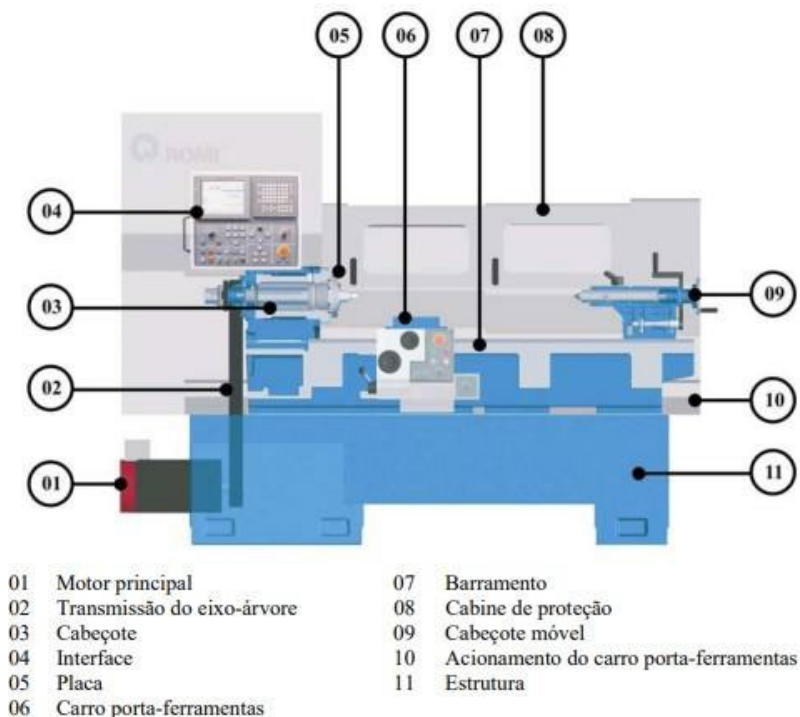
De acordo com Souza (2018), com a necessidade de se ter produções cada vez mais eficazes, as empresas optam por investir em equipamentos acionados por CNC. Estes equipamentos aumentam e muito a produtividade de peças em série se comparado com máquinas convencionais, garantem uma qualidade superior, possuem manutenções reduzidas e proporcionam flexibilização do trabalho. Essa tecnologia permite um controle de eixos feito de forma simultânea, através do código G específico para este tipo de equipamento.

Alguns tipos de máquinas CNC são: Fresadora, torno, retífica, mandriladora e centro de usinagem o qual será abordado mais detalhadamente neste trabalho.

2.7.1 Principais componentes

Segundo Fischer (2011), componentes importantes de uma máquina-ferramenta com comando numérico incluem componentes mecânicos, de controle, de acionamento e sistemas de medição. Para um melhor entendimento deste conceito pode-se observar na figura 6 um torno mecânico com comando com comando numérico computadorizado e seus componentes.

Figura 5 – Torno CNC



Fonte: IFSUL Pelotas (2023)

2.7.1.1 Controlador

O controlador em um torno CNC desempenha um papel crucial na operação do sistema. Ele é responsável por interpretar os comandos do programa CNC e coordenar o movimento dos eixos. Utilizando algoritmos avançados, o controlador traduz as instruções do programa em sinais elétricos que controlam o acionamento dos motores e garantem a precisão e eficiência do processo de usinagem.

2.7.1.2 Mesa de trabalho

A mesa de trabalho é a superfície onde a peça a ser usinada é fixada. Pode ser movida nos eixos X e Z para permitir o posicionamento adequado da peça em relação à ferramenta de corte. A estabilidade e a capacidade de movimentação precisas da mesa são essenciais para garantir a precisão da usinagem.

2.7.1.3 Eixos

Os eixos são responsáveis pelos movimentos tridimensionais da máquina. Em um torno CNC, geralmente são os eixos X, Y e Z. O eixo X controla o movimento horizontal da mesa, o eixo Y controla o movimento vertical, e o eixo Z controla a profundidade de corte da ferramenta.

2.7.1.4 Acionamento e motor

O sistema de acionamento e motor converte os sinais elétricos provenientes do controlador em movimentos mecânicos nos eixos. Motores de alta precisão são empregados para garantir movimentos suaves e rápidos, contribuindo para a eficiência do processo de usinagem.

2.7.1.5 Cabeçote de ferramenta

O cabeçote de ferramenta abriga a ferramenta de corte e é responsável por movimentá-la de acordo com as instruções do programa CNC. Pode ser giratório e ajustável, permitindo diferentes ângulos de abordagem da peça.

2.7.1.6 Ferramenta de corte

A ferramenta de corte é a parte que realiza a remoção de material da peça. Pode incluir diversas geometrias e materiais, dependendo do tipo de usinagem desejado.

2.7.1.7 Sistema de refrigeração

O sistema de refrigeração é crucial para dissipar o calor gerado durante a usinagem. Pode envolver o uso de líquidos refrigerantes para manter a temperatura da ferramenta e da peça dentro de limites aceitáveis, contribuindo para a vida útil das ferramentas e a qualidade da usinagem.

2.7.1.8 Sistema de fixação

Esse sistema é responsável por fixar a peça de trabalho de forma segura na mesa. Diferentes dispositivos, como garras e placas de fixação, são utilizados para garantir estabilidade durante a usinagem.

2.7.1.9 Interface homem máquina

A interface homem-máquina permite a interação do operador com o torno CNC. Geralmente, é um painel de controle que exibe informações importantes, como status da máquina, parâmetros de usinagem e permite a entrada de dados.

2.7.1.10 Sensor e feedback

Sensores, como encoders e sensores de posição, são utilizados para fornecer feedback em tempo real ao controlador. Esse feedback é essencial para garantir a precisão dos movimentos e a conformidade com as especificações do programa CNC.

2.7.2 Centro de usinagem

Um dos principais equipamentos utilizados atualmente nas indústrias, capaz de atender alto rendimento, é o centro de usinagem. Ele consegue atender várias funções em um mesmo equipamento, poupando tempo de produção e deslocamento dentro do setor.

Conforme Coelho, Oliveira e Silva (2015), os centros de usinagem CNC conseguem executar funções como fresamento, torneamento, furação, retificação, mandrilhamento entre outras, sem a necessidade de trocar peças ou ferramentas durante o funcionamento. O principal ponto de destaque da máquina é que ele proporciona a otimização dos trabalhos, pois os tempos de troca de ferramentas são os menores possíveis e não há movimentação da peça para outras máquinas no setor. Um exemplo deste equipamento encontra-se na figura 7.

Figura 6 – Centro de usinagem



Fonte: Eurostec (2023)

2.8 PRODUÇÃO ENXUTA

De acordo com Elias (2003), a produção enxuta surgiu no Japão na década de 50 após dois engenheiros visitarem uma fábrica da Ford nos Estados Unidos, que utilizava o sistema de produção em massa. Eles chegaram à conclusão que copiar ou melhorar o sistema da Ford seria inviável, desta forma seria preciso criar um novo sistema de produção. Assim nasceu o sistema Toyota de Produção, ou também conhecido como sistema de Produção Enxuta.

A produção enxuta visa combater os desperdícios, que era característica do sistema Ford. O pensamento enxuto tem como base cinco princípios: valor, cadeia de valor, fluxo, puxar e perfeição.

2.8.1 Valor

Concentrar atenção no que agrega valor do ponto de vista do cliente, entendendo quais são suas necessidades e preferências para direcionar a produção.

2.8.2 Cadeia de valor

Analisar e mapear toda a cadeia de valor do processo, desde a matéria-prima até o produto final, identificando todos os recursos envolvidos.

2.8.3 Fluxo

Buscar eliminar interrupções e desperdícios no processo, permitindo um fluxo de trabalho contínuo.

2.8.4 Puxar a produção

Produzir apenas o necessário, ou seja, somente a demanda do cliente e não do fornecedor, evitando o estoque e minimizando os desperdícios.

2.8.5 Perfeição

Incentivar os funcionários a buscarem melhoria contínua, eliminando desperdícios e otimizando os processos.

2.9 VIDA ÚTIL DOS EQUIPAMENTOS

De acordo com a Confederação Nacional da Indústria (2023), as máquinas e equipamentos industriais brasileiros possuem, em média, 14 anos, e 38% desses equipamentos estão próximos ou já ultrapassaram a idade sinalizada pelo fabricante como ciclo de vida ideal.

O ciclo de vida de um equipamento começa desde o momento em que ele é solicitado junto ao setor de compras até a desativação do serviço. Em geral, o ciclo consiste em quatro fases: Aquisição, Implantação, Operação e Desativação MMTEC, 2023.

Durante a fase de operação alguns fatores podem influenciar a durabilidade do equipamento, como por exemplo a marca, marcas renomadas e com alta qualidade de construção tendem a ter uma vida útil mais longa, outro ponto é a intensidade com que a máquina é utilizada e a natureza da carga de trabalho, as condições ambientais, inovações tecnológicas e em materiais de projeto também são fatores importantes.

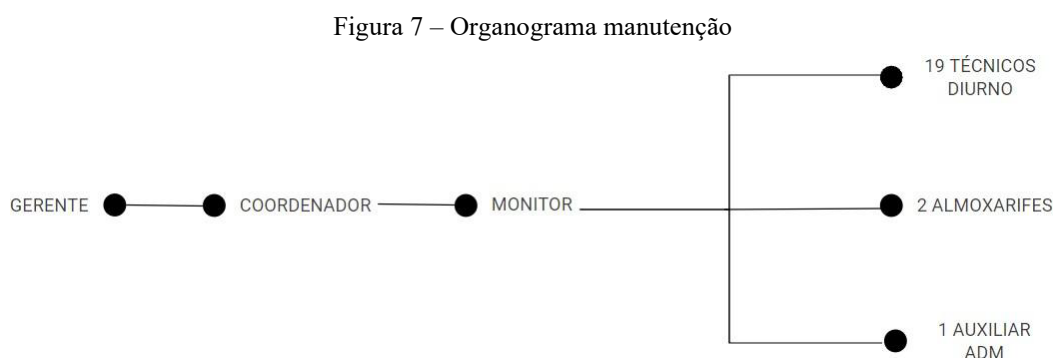
3 MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme mencionado anteriormente este trabalho visa analisar os dados de manutenção corretiva de uma indústria metal mecânica a fim de buscar as melhores opções para a melhoria desses índices. A abordagem que será utilizada para que esses objetivos sejam alcançados é a quali-quantitativa, pois busca compreender e explorar as experiências humanas, mas também colocar em números todos os dados possíveis para posterior análise e classificação.

3.1 ESTUDO DA REALIDADE DA EMPRESA

Antes de fazer a coleta de dados quantitativos foi necessário entender a realidade da manutenção na empresa, buscando saber o número de funcionários da manutenção, e como é distribuído às ordens de manutenção entre os técnicos, como são definidas as prioridades, qual o *software* utilizado, e como operá-lo, quais informações constam nas ordens de manutenção e como são preenchidas

Essas informações foram obtidas através de entrevistas com os técnicos e analistas de manutenção, consultando o *software* utilizado pelo setor e pesquisando demais informações nos arquivos da manutenção. Para entender como é o fluxo de informações na empresa onde a análise foi realizada tem-se na figura 8 um fragmento do organograma esclarecendo a sequência para a tomada de decisão.



Fonte: Autor (2023)

3.2 SELEÇÃO DE CASO

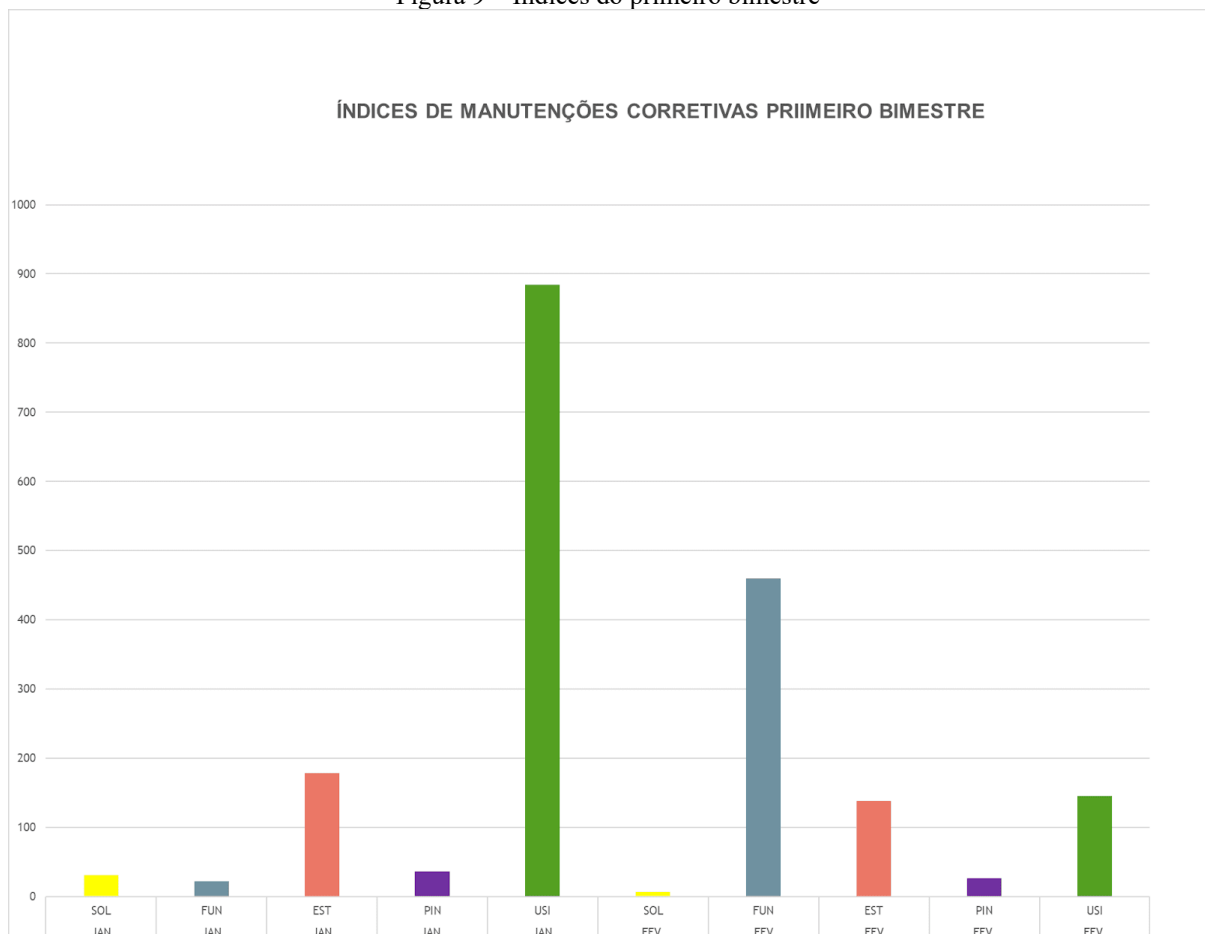
Com as informações obtidas através do software de gestão industrial foi possível gerar gráficos dos índices de manutenções corretivas, dados em horas, de janeiro até agosto de 2023, dos setores de estamparia, fundição, solda e usinagem como podem ser vistos nas imagens 10, 11, 12 e 13.

Figura 8 – Legenda dos índices bimestrais de manutenções corretivas

	ESTAMPARIA
	FUNDIÇÃO
	PINTURA
	SOLDA
	USINAGEM

Fonte: Autor (2023)

Figura 9 – Índices do primeiro bimestre



Fonte: Autor (2023)

Figura 10 – Índices do segundo bimestre

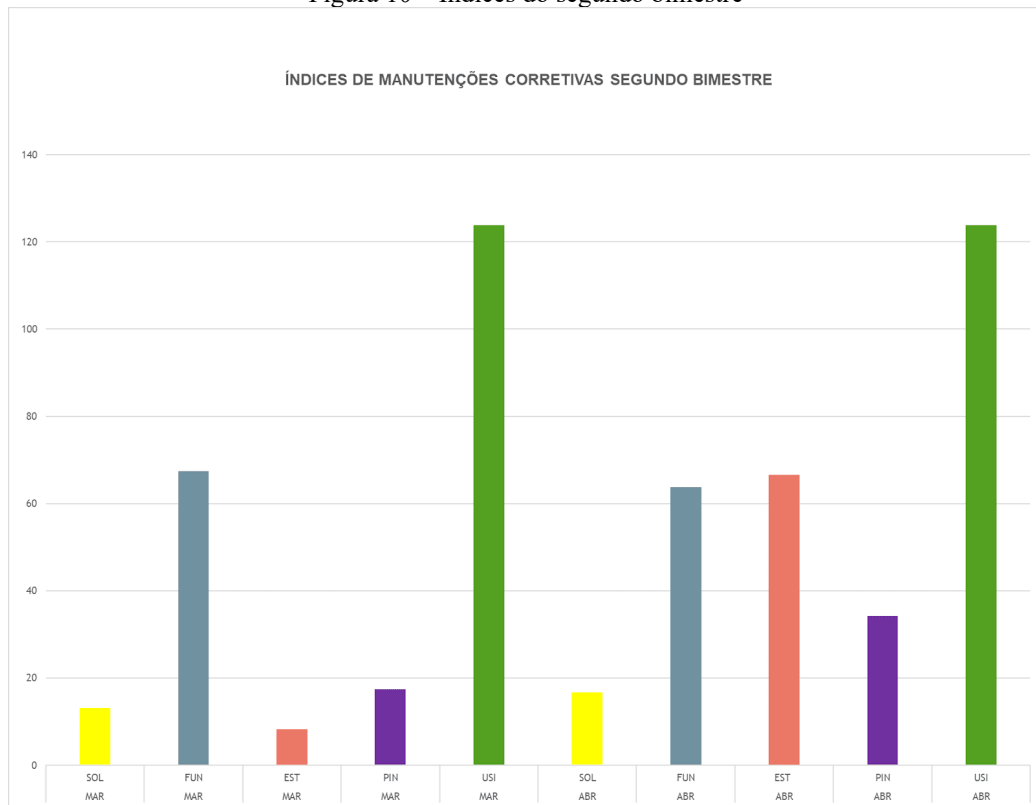


Figura 11 – Índices do terceiro bimestre

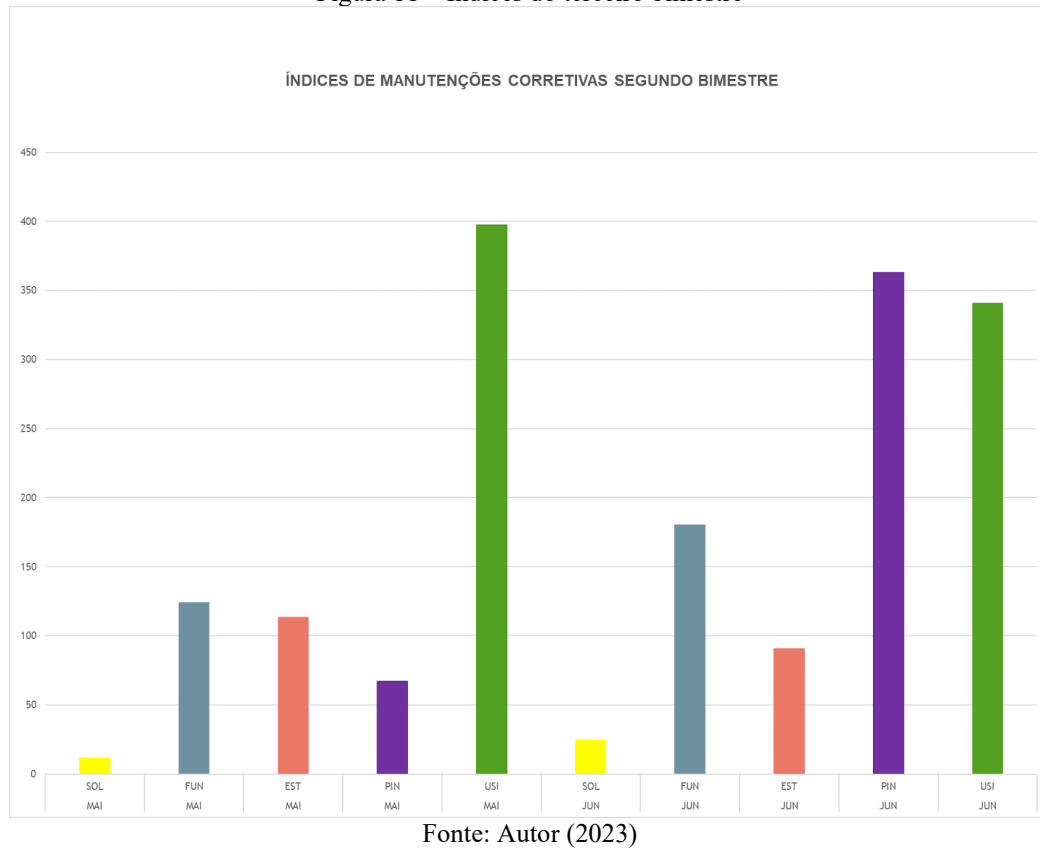
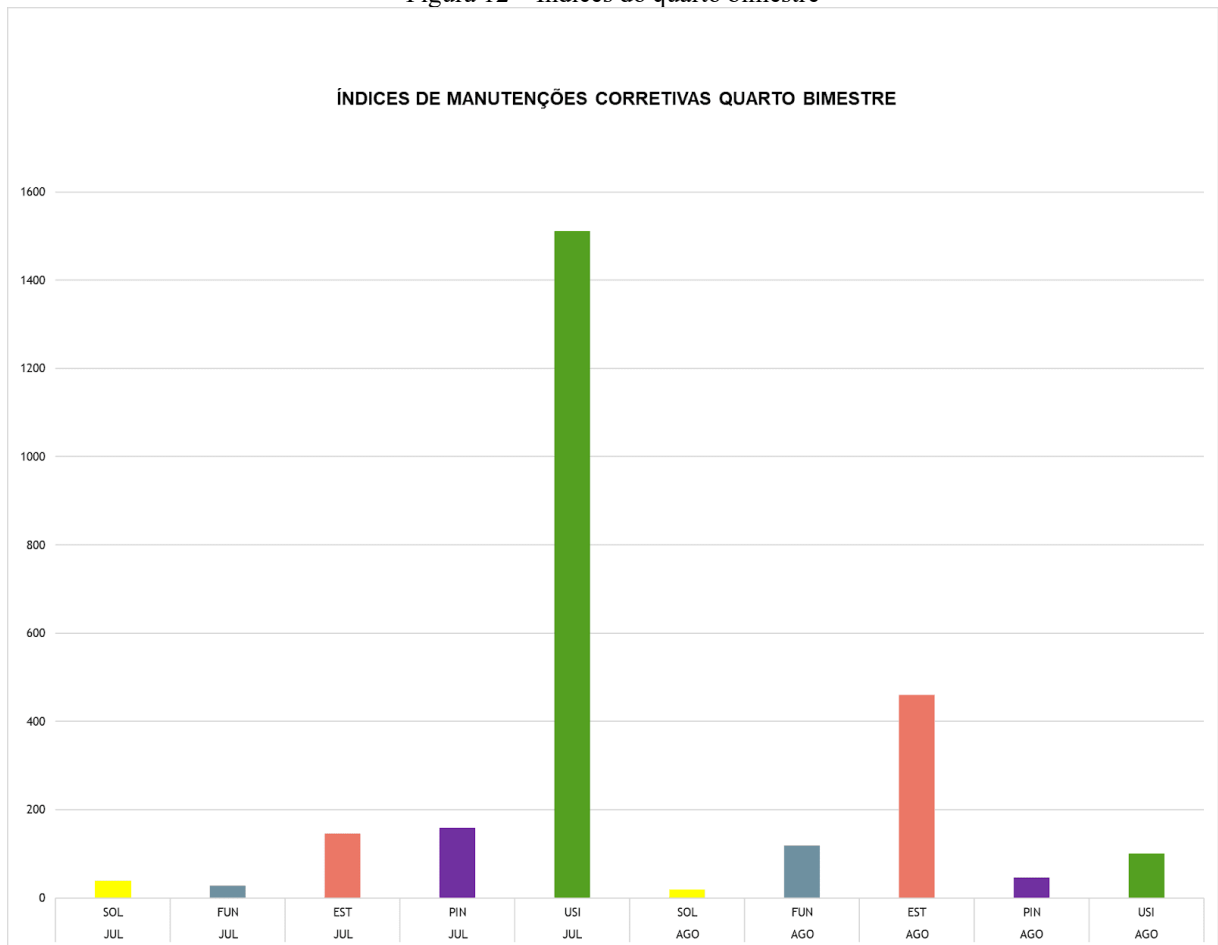


Figura 12 – Índices do quarto bimestre



Através desses gráficos foi possível interpretar e definir de forma rápida qual o setor para estudo, ficando em destaque os índices de janeiro e julho do setor de usinagem.

Para que este trabalho fosse executado foi necessário fazer um planejamento bem definido para determinar as variáveis, parâmetros e instrumentos a serem utilizados, demonstrados no quadro 1:

Quadro 1 – Metodologia proposta

METODOLOGIA PROPOSTA	
ETAPA	ATIVIDADES
Entrevista manutenção	Para que o estudo fosse iniciado foi preciso entrevistar os funcionários da manutenção para entender como todos os processos são realizados
Análise dos gráficos	Com os valores em horas dos índices mensais fornecidos pelos gráficos foi possível definir qual o setor com mais ocorrências
Análise planilha	Com o setor definido foi preciso analisar todas as manutenções através da planilha fornecida pela manutenção e buscar saber quais as máquina dentro do setor escolhido possuíam maior número de ocorrências
Separação manutenções	O próximo passo foi separar as ocorrências preventivas das corretivas
Definição do alvo do estudo	Após analisar as ocorrências foi definido que uma máquina a qual vinha tendo muitas vezes várias ocorrências no mesmo dia seria estudada mais profundamente
Análise das corretivas	Com a máquina definida foi preciso separar as ocorrências preventivas das corretivas. Como a planilha fornecida pelo setor de manutenção não possui detalhes dos chamados foi necessário abrir de uma por uma no software Prodesys e salvar as informações
Coleta de informações na usinagem	Foi buscado informações com a usinagem sobre a máquina e sua rotina, como por exemplo quanto tempo o operador do equipamento trabalha na empresa, quantos anos tem a máquina, qual a carga horária de trabalho por dia, quantos equipamentos da mesma marca possuem no setor entre outros.
Coleta de informações métodos e processos	Para conseguir quantificar as informações, como por exemplo quantas peças a máquina produziu no primeiro semestre, quais os valores dos processos e valor final das peças produzidas, exigiu-se consultar o setor de métodos e processos. Durante a entrevista também foram constatados pequenos acidentes que a máquina sofreu nos últimos tempos.
Quantificar os dados	Com os dados conseguidos na etapa anterior foi possível fazer análises envolvendo custos de manutenção e de máquina parada
Buscar custos de melhoria	Para que se possa escolher a melhor opção de melhoria buscou-se a informações de valores de uma máquina nova e para fazer retrofit na máquina
Plano de ação	Com todos valores em mãos o próximo passo seria colocar uma opção contra a outra e analisar quais os pontos positivos e negativos de cada uma
Proposta de melhoria	Com todo conhecimento adquirido durante as pesquisas para realização desse trabalho pode-se fazer alguns apontamentos para melhorias que possam ser implementadas na empresa

Fonte: Autor (2023)

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta etapa serão postos em prática os conhecimentos adquiridos na fase de revisão bibliográfica aplicado na metodologia proposta.

4.1 ENTREVISTAS MANUTENÇÃO

Para saber exatamente como funcionam as rotinas de manutenção na empresa foi averiguado se as manutenções nos setores são executadas de maneira aleatória entre os técnicos ou se cada dupla ou indivíduo é responsável por um setor específico, e como é definida a ordem de prioridades.

Após a pesquisa foi constatado que o processo é feito da seguinte forma: o administrativo emite diariamente as ordens de manutenção definindo a prioridade através dos conhecimentos adquiridos da área, não sendo o sistema responsável pela cronologia, e posteriormente as ordens são colocadas em um quadro para acesso dos técnicos. Geralmente cada técnico fica responsável por setores específicos, o que é benéfico já que o mesmo acaba conhecendo com mais precisão as máquinas.

4.2 ANÁLISE DOS GRÁFICOS

Grande parte da gestão industrial na empresa é feita através do *software* Prodesys, desta forma os dados presentes neste trabalho referente a manutenção, produção e custos foram obtidos utilizando o programa citado. Todas as ocorrências atendidas pela manutenção são inseridas no sistema, onde são anexadas as informações de data, horário, qual procedimento foi executado e o responsável. Essas referências podem ser exportadas em forma de planilha para serem trabalhadas, conforme a figura 16. Com essas planilhas pode-se gerar gráficos para melhor visualização.

Conforme evidenciado na figura 15, é possível notar que nos meses de janeiro, março, abril, maio e julho, o setor de usinagem apresentou os índices mais elevados de manutenção, destacando-se nesse aspecto. No entanto, no mês de fevereiro, a fundição assumiu a liderança nesse cenário. Vale ressaltar que a implementação da automatização no setor de fundição pode ser considerada como um evento atípico, uma vez que esse setor está passando por um

processo de reformulação, demandando naturalmente ajustes mais significativos. A mesma explicação se aplica ao setor de pintura no mês de junho, que também passou por melhorias.

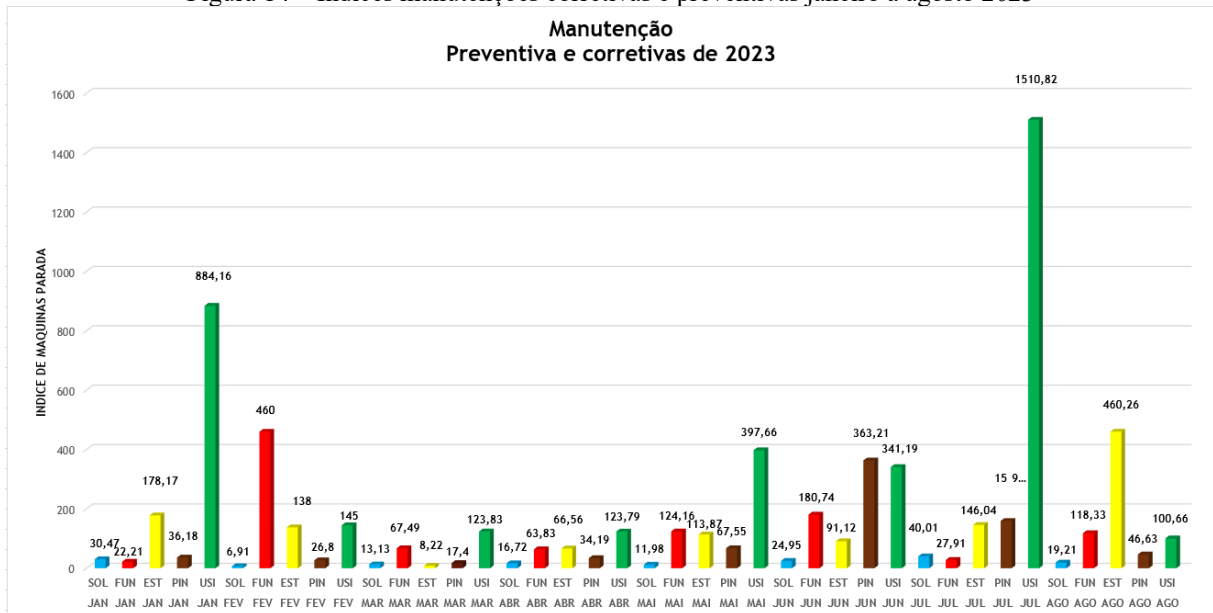
Desta forma conclui-se que o setor com maior padrão de ocorrências corretivas é o setor de usinagem, portanto será desmembrado a seguir. Além disso, como mencionado anteriormente, foram consultados alguns gestores da empresa que apontaram a usinagem como um setor problemático dentro da empresa.

Figura 13 – Legenda índices manutenções corretivas e preventivas janeiro a agosto

	ESTAMPARIA
	FUNDIÇÃO
	PINTURA
	SOLDA
	USINAGEM

Fonte: Autor (2023)

Figura 14 – Índices manutenções corretivas e preventivas janeiro a agosto 2023



Fonte: Autor (2023)

4.3 VERIFICAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS

Através das planilhas mensais, exemplificadas na figura 16, iniciou-se a verificação de quais máquinas possuíam mais ocorrências de janeiro até julho de 2023 e separar as manutenções corretivas das preventivas. Constatou-se que o centro de usinagem MCU-10 teve 77 ocorrências se destacando com o maior índice, já o torno CNC MTC-09 obteve o segundo maior índice com 43 ocorrências. Para um estudo mais aprofundado e objetivo foi definido que a máquina com o maior número de ocorrências seria o alvo de pesquisa para o planejamento de melhorias. Sendo assim, para que fossem obtidos mais detalhes das ocorrências, foi necessário realizar uma pesquisa no sistema e analisar quais as falhas mais frequentes.

Depois de verificar todas as manutenções corretivas de janeiro até julho foi observado que os problemas mais comuns eram folgas nos eixos, deixando a mesa fora de posição, ausência de ar comprimido na máquina e problemas com o fuso, como podem ser observados nas figuras 17, 18, 19 e 20. Essas complicações podem causar falhas nas peças, portanto a máquina deve ficar parada até que os mesmos sejam resolvidos, gerando atrasos na entrega das peças.

Algumas manutenções podem ser feitas enquanto a máquina está trabalhando, por isso a importância de se investir em preventivas. Das 77 manutenções realizadas de janeiro até julho na usinagem, apenas 16 foram preventivas.

Figura 15 – Índices de parada de máquina



VENCE TUDO **MANUTENÇÃO ÍNDICE DE PARADA DE MAQUINA DA USINAGEM**

Maquina	Descricao	C.Custo	Inicio Parada	Termino Parada	Horas Parada
MTC-02	TORNO CNC MAZAK QTN 150-II	TR CNC QTN-150/QTN-150II/GT-20- 5402	4/25/23 7:57	4/25/23 8:45	0,8
MTC-03	TORNO CNC MAZAK QTN 250-II M	TR CNC QTN-250II/QTN-250II M/ - 5403	4/21/23 8:00	4/21/23 10:00	2
MTC-04	TORNO CNC MAZAK QTN 250-II	TR CNC QTN-250II/QTN-250II M/ - 5403	4/11/23 10:30	4/11/23 10:40	0,17
MTC-04	TORNO CNC MAZAK QTN 250-II	TR CNC QTN-250II/QTN-250II M/ - 5403	4/14/23 14:00	4/14/23 14:50	0,83
MTC-04	TORNO CNC MAZAK QTN 250-II	TR CNC QTN-250II/QTN-250II M/ - 5403	4/20/23 9:45	4/20/23 9:55	0,17
MTC-05	TORNO CNC MAZAK QTN 150-II	TR CNC QTN-100/QTN-150/TC-16MA- 5401	4/3/23 7:29	4/3/23 7:39	0,17
MTC-05	TORNO CNC MAZAK QTN 150-II	TR CNC QTN-100/QTN-150/TC-16MA- 5401	4/11/23 13:52	4/11/23 14:10	0,3
MTC-08	TORNO CNC YCM GT-300MA	TR CNC QTN-250II/QTN-250II M/ - 5403	4/21/23 15:30	4/21/23 16:00	0,5
MTC-09	TORNO CNC YCM TC-16MA	METALURGICA - 5490	4/24/23 11:39	4/24/23 12:00	0,35
MTC-09	TORNO CNC YCM TC-16MA	METALURGICA - 5490	4/26/23 20:12	4/27/23 17:00	20,8
MTC-11	TORNO CNC YCM GT-250MA	TR CNC QTN-250II/QTN-250II M/ - 5403	4/3/23 9:56	4/3/23 14:00	4,07
MTC-11	TORNO CNC YCM GT-250MA	TR CNC QTN-250II/QTN-250II M/ - 5403	4/14/23 2:59	4/14/23 9:00	6,02
MTC-11	TORNO CNC YCM GT-250MA	TR CNC QTN-250II/QTN-250II M/ - 5403	4/14/23 3:07	4/14/23 9:00	5,88
MTC-12	TORNO CNC YCM TC-16MA	METALURGICA - 5490	1/13/23 17:20	1/13/23 17:21	0,02
MTC-12	TORNO CNC YCM TC-16MA	METALURGICA - 5490	4/5/23 9:03	4/5/23 12:00	2,95
MTC-12	TORNO CNC YCM TC-16MA	METALURGICA - 5490	4/11/23 10:30	4/11/23 10:31	0,02
MTC-12	TORNO CNC YCM TC-16MA	METALURGICA - 5490	4/17/23 8:15	4/17/23 8:17	0,03
MTC-14	TORNO CNC OKUMA GENOS L300-M	TORNO HOR CNC OKUMA GENOS L300- 5423	4/10/23 9:28	4/10/23 10:00	0,53
MTC-14	TORNO CNC OKUMA GENOS L300-M	TORNO HOR CNC OKUMA GENOS L300- 5423	4/18/23 10:46	4/18/23 11:00	0,23
MTC-14	TORNO CNC OKUMA GENOS L300-M	TORNO HOR CNC OKUMA GENOS L300- 5423	4/20/23 7:38	4/20/23 11:00	3,37
MTC-14	TORNO CNC OKUMA GENOS L300-M	TORNO HOR CNC OKUMA GENOS L300- 5423	4/21/23 8:15	4/21/23 8:30	0,25
MTC-14	TORNO CNC OKUMA GENOS L300-M	TORNO HOR CNC OKUMA GENOS L300- 5423	4/22/23 11:34	4/22/23 11:40	0,1
MTC-14	TORNO CNC OKUMA GENOS L300-M	TORNO HOR CNC OKUMA GENOS L300- 5423	4/24/23 8:16	4/24/23 8:45	0,48
MTC-14	TORNO CNC OKUMA GENOS L300-M	TORNO HOR CNC OKUMA GENOS L300- 5423	4/26/23 8:52	4/26/23 9:00	0,13
MTC-15	TORNO CNC OKUMA GENOS L300-M	TORNO HOR CNC OKUMA GENOS L300- 5423	4/24/23 16:55	4/24/23 17:00	0,08
MTC-16	TORNO CNC OKUMA LB3000EXII	TORNO HOR CNC OKUMA LB3000EX - 5424	4/3/23 14:51	4/4/23 10:00	19,15
MTC-16	TORNO CNC OKUMA LB3000EXII	TORNO HOR CNC OKUMA LB3000EX - 5424	4/5/23 8:16	4/5/23 11:00	2,73
MTC-17	TORNO CNC OKUMA FRONTAL 2SP-150H	TORNO FRON CNC OKUMA 2SP-150H - 5422	4/20/23 17:40	4/20/23 17:45	0,08
MTC-18	TORNO CNC ROMI GL240M (USIN. 2)	METALURGICA - 5490	4/12/23 11:00	4/12/23 11:10	0,17

Fonte: Autor (2023)

Figura 16 – Captura de tela Prodesys manutenção 17/04

Solicitação / Plano de Manutenção - Máquinas

053 180423 0733

Número: 126465 [SOLICITAÇÃO]

Maquina: MCU-10 Tipo Manutenção: MC008 CORRETIVA-8
CENTRO USIN. VEKER MVK-1700C

Log da Solicitação: 079 LUIS PAULO 00/00/00 00 00
Log do Encerramento: 053 MANUTENÇÃO 18/04/23 07 34

Dados Solicitação de Manutenção

Data Emissão	C. Custo Solicitante	Operador	Executar Até	HH:MM
17/04/23	5432	1544	17/04/23	16 30

C.U. V. XV560A/XV LUIS P SIEBEN

Observação: EIXO Y FORA DE POSIÇÃO

Dados Retorno do Técnico

Técnico Responsável	4027 ADILSON JAIME KUHN	Início Parada	17/04/23 16 26
Status da Solicitação	C CONCLUIDO	Término Parada	17/04/23 17 50
Causa	O OPERACIONAL	Relógio	0

Máquina	Descrição	Tipo de Manutenção	Emissão	Usuário
MCU-10	CENTRO USIN. VEKER MVK-1700C	MC008 - CORRETIVA-8	17/04/23	079 - LUIS PAULO

Fonte: Autor (2023)

Figura 17 – Captura de tela Prodesys manutenção 26/06

Solicitação / Plano de Manutenção - Máquinas

053 260623 1331

Número: 129267 [SOLICITAÇÃO]

Maquina: MCU-10 Tipo Manutenção: MC007 CORRETIVA-7
CENTRO USIN. VEKER MVK-1700C

Log da Solicitação: 402 USINAGEM11 00/00/00 00 00
Log do Encerramento: 053 MANUTENÇÃO 26/06/23 13 32

Dados Solicitação de Manutenção

Data Emissão	C. Custo Solicitante	Operador	Executar Até	HH:MM
26/06/23	5432	10182	26/06/23	09 50

C.U. V. XV560A/XV LUIS HENRIQUE DE MELL

Observação: MESA COM FOLGA, EIXO Y E EIXO X

Dados Retorno do Técnico

Técnico Responsável	4027 ADILSON JAIME KUHN	Início Parada	26/06/23 09 53
Status da Solicitação	C CONCLUIDO	Término Parada	26/06/23 10 00
Causa	D DESGASTE	Relógio	0

Máquina	Descrição	Tipo de Manutenção	Emissão	Usuário
MCU-10	CENTRO USIN. VEKER MVK-1700C	MC007 - CORRETIVA-7	26/06/23	402 - USINAGEM11

Fonte: Autor (2023)

Figura 18 – Captura de tela Prodesys manutenção 10/06

Solicitação / Plano de Manutenção - Máquinas

Número: 128636 [SOLICITAÇÃO]

Maquina: MCU-10 Tipo Manutenção: MC006 CORRETIVA-6
CENTRO USIN. VEKER MVK-1700C

Log da Solicitação: 177 USINAGEM8 00/00/00 00 00
Log do Encerramento: 053 MANUTENÇÃO 12/06/23 13 32

Dados Solicitação de Manutenção

Data Emissão: 10/06/23 C. Custo Solicitante: 5432 Operador: 3857 Executar Até: 10/06/23 HH:MM: 10 30
C.U. V. XV560A/XV SILVERIO RODRIGUES

Observação: Folga no eixo y , x máquina parada , urgente .

Dados Retorno do Técnico

Técnico Responsável: 4027 ADILSON JAIME KUHN Início Parada: 10/06/23 10 14
Status da Solicitação: C CONCLUIDO Término Parada: 10/06/23 11 15
Causa: R REGULAGEM Relógio: 0

Máquina	Descrição	Tipo de Manutenção	Emissão	Usuário
MCU-10	CENTRO USIN. VEKER MVK-1700C	MC006 - CORRETIVA-6	10/06/23	177 - USINAGEM8

Fonte: Autor (2023)

Figura 19 – Captura de tela Prodesys manutenção 03/05

Solicitação / Plano de Manutenção - Máquinas

Número: 126916 [SOLICITAÇÃO]

Maquina: MCU-10 Tipo Manutenção: MC007 CORRETIVA-7
CENTRO USIN. VEKER MVK-1700C

Log da Solicitação: 131 USINAGEM4 00/00/00 00 00
Log do Encerramento: 053 MANUTENÇÃO 04/05/23 07 27

Dados Solicitação de Manutenção

Data Emissão: 03/05/23 C. Custo Solicitante: 5432 Operador: 10182 Executar Até: 03/05/23 HH:MM: 15 08
C.U. V. XV560A/XV LUIS HENRIQUE DE MELL

Observação: ENTRANDO CAVACO NO GUIA BORRACHA RASGOU

Dados Retorno do Técnico

Técnico Responsável: 8391 MAICON TAILAN BATISTA Início Parada: 03/05/23 15 08
Status da Solicitação: C CONCLUIDO Término Parada: 03/05/23 15 40
Causa: D DESGASTE Relógio: 0

Máquina	Descrição	Tipo de Manutenção	Emissão	Usuário
MCU-02	CENTRO USIN. XV 1020A	MC001 - CORRETIVA	04/05/23	131 - USINAGEM4
MCU-10	CENTRO USIN. VEKER MVK-1700C	MC007 - CORRETIVA-7	03/05/23	131 - USINAGEM4

Fonte: Autor (2023)

4.4 COLETA DE INFORMAÇÕES USINAGEM

Saber informações específicas da máquina também é muito importante. Muitas vezes a máquina já está defasada e realmente precisa ser substituída por uma nova devido à alta demanda que uma empresa de grande porte possui. Desta forma foram feitas entrevistas no setor de usinagem, mostrado na figura 21, para levantar algumas informações relevantes e outras foram buscadas no sistema. Como pode ser observado na figura 22, o centro de usinagem MCU-10 foi adquirido novo em 28 de fevereiro de 2014, possuindo quase 10 anos de uso.

A vida útil de um equipamento pode variar dependendo de diversos fatores. Ao longo desses quase 10 anos, a máquina trabalhou em torno de 28000 horas sofrendo com condições ambientais, como períodos de muitas chuvas onde a água invadiu boa parte da fábrica, a poeira excessiva proveniente do setor de fundição principalmente, as altas temperaturas dos últimos verões, também com a falta de troca de peças preventivamente e o baixo índice de manutenções preventivas, acarretando em várias falhas e depreciação de seus componentes.

Figura 20 – Usinagem Vence Tudo



Fonte: Autor (2023)

Figura 21 – Captura de tela Prodesys máquina

Máquinas

Código: MCU-10 Outros << >>

Descrição: CENTRO USIN. VEKER MVK-1700C Lig Processo: 388

Dimensões:

Fabricante:

Família: USI-2 Tempo Manutenção: 0.00 Tipo: M

Grupo: Tempo Médio Preparação: 0.00000 Programa: N

Centro Custo: 5432 C.U. V. XV560A/ Data Aquisição: 030214 C.Capacidade: N

Valor Aquisição: 0.00 Status: A

Quantidade Máquina: 1 Vida Útil até: 000000 Pré-requisito CF: N

Quant. Operador: 0.00 Vida Útil Quant Peça: 0

Quant. Preparador: 0.00 Peso: 7200.000

Quantidade Ajudante: 0.00 Código Imobilizado:

Manutenção Próxima: 000000 Nr. Fabricante: 1323321517

Manutenção Última: 000000 Data Cadastro: 280214

Fonte: Autor (2023)

Atualmente as máquinas do setor de usinagem trabalham cerca de 16,85 horas por dia, em dois turnos. Conforme apurado com o técnico da manutenção, responsável pela usinagem, os reparos feitos nos equipamentos costumam ser breves, para que o mesmo volte a produzir o mais rápido possível, não sendo feitas trocas de peças preventivamente e a rotina de checklist da máquina é executada pelo próprio operador como mostrado na figura 24. São verificados apenas itens básicos como nível de óleo, trava de segurança da porta e refrigeração, sendo notado como ponto de melhoria um checklist dos componentes da máquina.

Figura 22 – Planilha horas disponíveis das máquinas

VENCE TUDO		CÁLCULO CARGA MÁQUINA - HORAS DISPONÍVEIS														
Usinagem		TOTAL	JANEIRO		FEVEREIRO		MARÇO		ABRIL		MAIO		JUNHO		JULHO	
CÓD	MÁQUINA	HORAS/DIA	DIAS ÚTEIS	SALDO HORAS	DIAS ÚTEIS	SALDO HORAS	DIAS ÚTEIS	SALDO HORAS	DIAS ÚTEIS	SALDO HORAS	DIAS ÚTEIS	SALDO HORAS	DIAS ÚTEIS	SALDO HORAS	DIAS ÚTEIS	SALDO HORAS
MCU-02	CUV YCM XV 1020A	16,85	22	370,70	20	337,00	23	387,55	18	303,30	22	370,70	21	353,85	20	337,00
MCU-03	CUH MAZAK NEXUS 4000-II	16,85	22	370,70	20	337,00	23	387,55	18	303,30	22	370,70	21	353,85	20	337,00
MCU-05	CUV YCM FV50T	8,80	22	193,60	20	176,00	23	202,40	18	158,40	22	193,60	21	184,80	20	176,00
MCU-06	CUV YCM XV 1020A 4°EIXO	16,85	22	370,70	20	337,00	23	387,55	18	303,30	22	370,70	21	353,85	20	337,00
MCU-07	CUV YCM FV50T	8,80	22	193,60	20	176,00	23	202,40	18	158,40	22	193,60	21	184,80	20	176,00
MCU-08	CU PORTAL YCM DCV3016B	16,85	22	370,70	20	337,00	23	387,55	18	303,30	22	370,70	21	353,85	20	337,00
MCU-09	CUH YCM N4450A	16,85	22	370,70	20	337,00	23	387,55	18	303,30	22	370,70	21	353,85	20	337,00
MCU-10	CUV VEKER MVK700C	16,85	22	370,70	20	337,00	23	387,55	18	303,30	22	370,70	21	353,85	20	337,00
MCU-11	CUH W8400H	16,85	22	370,70	20	337,00	23	387,55	18	303,30	22	370,70	21	353,85	20	337,00
MCU-12	CUV YCM NXB560A-APC	16,85	22	370,70	20	337,00	23	387,55	18	303,30	22	370,70	21	353,85	20	337,00
MCU-14	CUH MBS000H	16,85	22	370,70	20	337,00	23	387,55	18	303,30	22	370,70	21	353,85	20	337,00
MCU-15	CENTRO DE USINAGEM NXV1680B	8,80	22	193,60	20	176,00	23	202,40	18	158,40	22	193,60	21	184,80	20	176,00
MCU-16	CENTRO DE USINAGEM MB-5000HII	8,80	22	193,60	20	176,00	23	202,40	18	158,40	22	193,60	21	184,80	20	176,00
USI-2	Sub-Total - Centros de Usinagens	8,80		410,70		373,00		4297,55		3563,30		4110,70		3923,85		3737,00

Fonte: Autor (2023)

Figura 23 – Checklist operador

CENTRO RQMN-030
Revisão: 02
Data Revisão: 04/05/2023

CHECKLIST OPERADOR
DE USINAGEM

FICHA DE INSPEÇÃO

(N) NORMAL
(A) ANORMAL

TURNO: 1ª Operador: 10/182
2ª Operador: 10027
3ª Operador: 10333
4ª Operador:

MÁQUINA: MCU-10
MÊS: MAIO

ITEM	O QUE VERIFICAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	REFRIGERAÇÃO INTERNA	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
2	LIMPEZA GERAL PARA O PRÓXIMO TURNO	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
3	LIMPEZA DOS FILTROS	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
4	NÍVEL ÓLEO 32 / 68 / MDT / DISPOSITIVO	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
5	TRAJA DE SEGURANÇA DA PORTA	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
6	VERIFICAR O NÍVEL DE FLUIDO DE CORTE	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

SEMANAL

ITEM	O QUE VERIFICAR	1ª SEMANA	2ª SEMANA	3ª SEMANA	4ª SEMANA	5ª SEMANA
1	LIMPEZA EXTERNA	N	A	A	A	
2	RUIDO NO SPINDLE / MAGAZINE	N	A	A	A	

OBSERVAÇÃO

VISTO COORDENADOR

1	6	11	16	21
2	7	12	17	22
3	8	13	18	23
4	9	14	19	24
5	10	15	20	25
				30/31

M: MANUTENÇÃO (CHECKLIST MANUTENÇÃO OPERADOR) ARQUIVO

Fonte: Autor (2023)

Outro ponto importante envolve o operador da máquina. Foi buscado informações do tempo que o colaborador trabalha na empresa e quais treinamentos os funcionários recebem quando iniciam na mesma. Na usinagem há uma grande rotatividade de pessoas, fazendo com

que tenham poucos funcionários que conheçam bem cada máquina. Quando o colaborador inicia na empresa ele participa de treinamentos de desenho técnico e metrologia, o que se faz muito necessário para ocupar o cargo de operador. Porém esses treinamentos foram implementados há pouco tempo, o que se faz acreditar que durante muitos anos funcionários sem o mínimo de conhecimento necessário tenham operado as máquinas. E mesmo com o básico sobre metrologia e desenho é preciso ter conhecimentos sobre máquinas CNC. Esse ponto acaba sendo ensinado somente no dia a dia pelos programadores, que muitas vezes não fazem questão de disseminar seus conhecimentos e também em muitos casos não aprenderam da maneira correta o que leva a uma sequência de erros. Após a pesquisa foi verificado que o último operador iniciou na empresa em 2022, ou seja, possui pouco mais de um ano de experiência no equipamento em questão, podendo ser um ponto de avaliação se isso interferiu nos problemas ou não.

Outra informação verificada foi de que o MCU-10 é o único centro de usinagem da marca Veker na empresa, não tendo outro modelo para que pudessem ser comparados os dados.

4.5 COLETA DE INFORMAÇÕES MÉTODOS E PROCESSOS

Para que se pudesse ter uma estimativa de custos e produtividade da máquina foi necessário consultar os setores de métodos e processos e custos. No quadro 2 foram elencadas algumas peças produzidas pela MCU-10, contendo custos com processo e a quantidade produzida.

Quadro 2 – Peças fabricadas

PEÇAS FABRICADAS NO MCU-10					
CÓD. PEÇA	DESCRIÇÃO	VALOR MATÉRIA-PRIMA	VALOR PROCESSO USINAGEM	QUANTIDADE	TOTAL (quantidade * tempo de processo)
004079001	TUBO	R\$ 28,06	R\$ 25,74	68	R\$ 1.750,32
004079001	TUBO	R\$ 28,06	R\$ 25,74	22	R\$ 566,28
007397	TUBO SUPORTE	R\$ 29,20	R\$ 27,79	646	R\$ 17.952,34
010787	ESTRUTURA DA COMPACTAÇÃO	R\$ 13,79	R\$ 23,19	181	R\$ 4.197,39
016677	ESTRUTURA COMPACTADOR V	R\$ 13,02	R\$ 26,22	173	R\$ 4.536,06
019528	BASE	R\$ 36,12	R\$ 30,31	439	R\$ 13.306,09
019987	BRACO DO RODADO	R\$ 168,34	R\$ 36,08	361	R\$ 13.024,88
020029	PERFIL ESQUERDO	R\$ 175,59	R\$ 34,64	151	R\$ 5.230,64
020674	PERFIL DIREITO	R\$ 175,59	R\$ 36,08	204	R\$ 7.360,32
025006001	BRACO RODADO	R\$ 62,42	R\$ 21,48	111	R\$ 2.384,28
025076001	BRACO RODADO DIREITO	R\$ 62,42	R\$ 21,45	111	R\$ 2.380,95
028817	TUBO QUAD.	R\$ 19,58	R\$ 25,98	263	R\$ 6.832,74
055635	TUBO QUAD.	R\$ 12,06	R\$ 25,69	179	R\$ 4.598,51
063159	PARAFUSO FIXAÇÃO PONTEIRA	R\$ 15,11	R\$ 26,59	414	R\$ 11.008,26
064442	TUBO QUAD.	R\$ 41,70	R\$ 32,31	46	R\$ 1.486,26
065232	LATERAL EXTERNA	R\$ 125,02	R\$ 27,42	50	R\$ 1.371,00
066888	DESLIZADOR LATERAL	R\$ 17,17	R\$ 28,14	31	R\$ 872,34
072049001	TUBO ENGATE	R\$ 74,92	R\$ 25,98	142	R\$ 3.689,16
072169001	PERFIL	R\$ 74,77	R\$ 28,86	504	R\$ 14.545,44
072170001	PERFIL DIREITO	R\$ 79,21	R\$ 26,34	270	R\$ 7.111,80
081274	TRAVA PINO	R\$ 42,31	R\$ 25,98	100	R\$ 2.598,00
081994	BRACO ARTICULACAO	R\$ 258,25	R\$ 21,62	4	R\$ 86,48
131130001	TUBO	R\$ 12,58	R\$ 22,37	1742	R\$ 38.968,54
133095001	PERFIL ESQUERDO	R\$ 132,07	R\$ 28,86	212	R\$ 6.118,32
200732001	TUBO BASE DA ESCALA	R\$ 13,78	R\$ 25,24	474	R\$ 11.963,76
201251001	TUBO DO PE DE APOIO	R\$ 119,73	R\$ 25,50	297	R\$ 7.573,50
500004001	TUBO	R\$ 21,73	R\$ 26,22	1068	R\$ 28.002,96

Fonte: Autor (2023)

Centros de usinagem são capazes de desempenhar várias funções em processos de usinagem, no caso da MCU-10 isso não estava sendo possível nos últimos meses, a máquina-ferramenta estava executando apenas funções simples como furação, isso se deve ao fato da mesa estar com folga e assim os operadores não garantiam as medidas. Esse problema também pode ter influenciado na carga horária trabalhada em período recente. Conforme a tabela de horas disponíveis de janeiro até julho o saldo de horas seria 2427.1 horas, com a estimativa de 70% desse valor em horas úteis sobriam 1698.97 horas, mas tem-se registrado apenas 1040 horas e 54 minutos e uma produção de 22756 peças, ou seja, a máquina está operando apenas 65% do tempo total útil que teria. Outra informação relevante adquirida em visita ao setor foi que um dos operadores que trabalhava na máquina em 2022 chocou a ferramenta na mesa causando um grande dano ao equipamento e piorando a questão da folga.

4.6 RESULTADOS

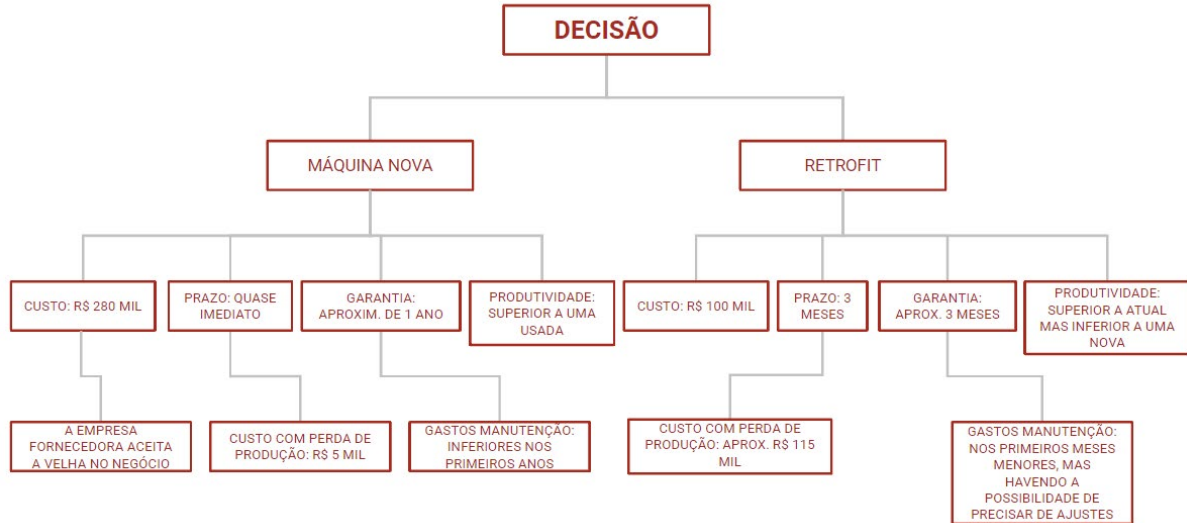
Durante a execução deste trabalho a máquina MCU-10 foi tirada da linha de produção, mostrada na figura 25, devido as falhas constantes, desta forma qualquer ação preventiva não seria mais válida, restando apenas duas opções para uma solução do problema, sendo a compra de um equipamento novo ou o *retrofit*. Para que se pudesse tomar uma decisão quanto a compra de uma máquina nova ou reforma foi optado por utilizar a ferramenta árvore de decisão, onde foram utilizados alguns critérios relevantes para a escolha, como pode ser observado na figura 25 e no quadro 3.

Figura 25 – MCU-10



Fonte: Autor (2023)

Figura 25 – Árvore de decisão MCU-10



Fonte: Autor (2023)

Quadro 3 – Valores envolvidos na decisão

DIMINUIR OS ÍNDICES DE MANTENÇÕES CORRETIVAS		
	MÁQUINA NOVA	RETROFIT
CUSTO	R\$ 280.000,00	R\$ 100.000,00
VELHA NO NEGÓCIO	R\$ 80.000,00	
CUSTO RELATIVO AO TEMPO DE PARADA	R\$ 5.000,00	R\$ 115.000,00
GARANTIA	1 ANO	3 MESES
QUANTO TEMPO SE PAGA	6 MESES E MEIO	4 MESES

Fonte: Autor (2023)

Diante do panorama econômico e a baixa nas vendas da empresa um cenário onde necessitasse uma parada mais prolongada acabaria não sendo um problema, já que teriam outras máquinas para absorver as peças que seriam produzidas na MCU-10, desta forma contando como ponto positivo para o *retrofit*, além de que o investimento seria menor. Entretanto se levar em consideração um possível aumento de produção para o primeiro semestre de 2024 uma máquina nova, com seu rendimento em 100% seria muito mais vantajoso. Além disso com o passar do tempo as peças de reposição necessárias serão mais difíceis de serem conseguidas.

Concluo que devido ao tempo curto em que o equipamento se paga, e haver a possibilidade de aguardar a aquisição devido à baixa produção do semestre 2023/2, é mais vantajoso a longo prazo para a empresa adquirir um equipamento novo.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve o intuito realizar uma análise mais aprofundada das manutenções corretivas em uma indústria metal- mecânica do ramo agrícola. Este estudo revelou algumas constatações que contribuíram para um melhor entendimento das consequências das manutenções corretivas, bem como os desafios que as gestões enfrentam para diminuir esses índices.

Verificou- se que as manutenções corretivas tem grande impacto na produtividade e repetibilidade, desta forma é essencial manter um equilíbrio entre as corretivas e as preventivas e tornar uma operação contínua. É de suma importância usar a tecnologia a nosso favor, utilizando as ferramentas de monitoramento e diagnóstico para prever falhas e reduzir o tempo de inatividade. Desta forma cabe aos setores de gestão investir em mão de obra especializada, manter um estoque de peças de reposição e aumentar o quadro de colaboradores a fim de manter uma resposta rápida, além de conferir se os sistemas de controle e monitoramento estão sendo usados com a maior eficiência possível.

Este estudo mostrou como é relevante colocar em números e apontar todos os pontos de influência na hora da tomada de decisão, pois uma decisão apressada e impensada pode trazer grandes prejuízos a longo prazo.

Por fim, este trabalho buscou apontar a importância da melhoria contínua para inovação na manutenção e gestão industrial a fim de impactar positivamente na qualidade e quantidade da produção.

6 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Com a elaboração deste trabalho foi possível notar alguns pontos de melhoria para trabalhos futuros:

- Buscar averiguar mensalmente as ocorrências corretivas e focar estudos nas máquinas com maiores índices a fim de reverter a situação antes que seja necessária a paralisação completa;
- Intensificar os treinamentos afim de que novos funcionários aprendam os processos corretamente;
- Buscar soluções mais avançadas de monitoramento e diagnóstico de falhas;
- Estratégias de melhoria dos planos de manutenção preventiva;
- Fazer estudos parecidos com este nos demais setores da empresa;
- Fazer estudos referentes aos custos diretos e indiretos associados as manutenções corretivas, comparando com dados de custos das manutenções preventivas;

REFERÊNCIAS

ASB. **O que é retrofit de máquinas e equipamentos no contexto industrial?**.

Disponível em: <https://tdgibrasil.com/o-que-e-retrofit/>. Acesso em: 25 set. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 5462**.

Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BUENO, Edson Roberto Ferreira. **Gestão da Manutenção de Máquinas**. 1. ed. São Paulo:

Contentus, 2020. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 08 set. 2023.

CETNAROWSKI, Enrique; GRAMS, Cassiano A. Retrofit em Máquinas Industriais: estudo de caso. 2013. 61. f. Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba 2014.

COELHO, Reginaldo; OLIVEIRA, João Fernando Gomes de; SILVA Eraldo Janonne. Práticas em processos de produção. **Prática 3 – fabricação em centros de usinagem**. São Paulo.

2015. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5733047/mod_resource/content/1/Pr%C3%83%C2%A1tica%203%20-Nova-Centro%20de%20Usinagem%20.pdf.

Acesso em: 31 out. 2023.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Sondagem especial - Ano 23, n. 88 (Junho 2023) / Confederação Nacional da Indústria. – Brasília : CNI, 2023.

CRAVO, E. **Centros de usinagem: o que é, tipos e diferença do CNC**. Disponível em:

<https://blog.kalatec.com.br/centros-de-usinagem/>. Acesso em: 27 set. 2023.

DESCO. **Reformas e Retrofitting**. Disponível em: <https://descoautomacao.com.br/servico/reformas-e-retrofitting/>. Acesso em: 26 set. 2023.

DUARTE , Jefferson. **Diagrama de causa e efeito - Descubra e aprenda Ishikawa na prática**. Disponível em: https://www.academia.edu/38486702/Diagrama_de_causa_e_efeito_Descubra_e_aprenda_Ishikawa_na_pr%C3%A1tica_pdf. Acesso em 25 set. 2023.

ELIAS, Sérgio José Barbosa. MAGALHÃES, Liciane Carneiro. **Contribuição da produção enxuta para obtenção da produção mais limpa**. Ouro Preto, 2003. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/577/623>. Acesso em: 06 nov. 2023.

EUROSTEC. **Centro de Usinagem Horizontal - HM-80TD**. Disponível em: <https://www.eurostec.com.br/centro-de-usinagem-horizontal-hm-80td>. Acesso em: 23 out. 2023.

FISCHER, Andrea. **Comando numérico computadorizado: principais componentes**. [s.l: s.n.]. Disponível em: http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/~andrea/lib/exe/fetch.php?media=cnc_principaiscomponentes.pdf. Acesso em: 28 set 2023.

FOGLIATO, Flavio. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2009. *E-book*. ISBN 9788595154933. Disponível em: <https://integrada.Minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595154933/>. Acesso em: 01 set. 2023.

FREITAS, Laís Fulgêncio. **Elaboração de um Plano de Manutenção em uma pequena empresa do setor metal- mecânico de Juiz de Fora com base nos conceitos de Manutenção Preventiva**. Juiz de Fora, 2016. 96p. Disponível em: <https://www.ufjf.br/mecanica/files/2016/07/TCC-La%C3%ADs-Fulg%C3%Aancia-Freitas.pdf>>Acesso em: 20 ago. 2023.

GARCIA, Simone Carboni. **O uso de Árvores de Decisão na Descoberta de Conhecimentos na Área da Saúde**. Porto Alegre: PPGC da UFRGS, 2003. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/4703>. Acesso em: 30 out. 2023.

GREGÓRIO, Gabriela F P.; SANTOS, Danielle F.; PRATA, Auricélio B. **Engenharia de manutenção**. Porto Alegre: Grupo A, 2018. *E-book*. ISBN 9788595025493. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595025493/>. Acesso em: 01 set. 2023.

MÁQUINA, H. **Aprenda como montar uma árvore de decisão**. Disponível em: <https://www.homemmaquina.com.br/como-montar-uma-arvore-de-decisao/>. Acesso em: 31 out. 2023.

MMTEC. **Entenda o ciclo de vida útil de equipamentos em sua empresa.** Disponível em: <<https://www.mmtec.com.br/entenda-o-ciclo-de-vida-util-de-equipamentos-em-sua-empresa/>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

NAGAI, Fábio H.; BATISTA, Gustavo B.; DAGNONI, Vagner. **Estudo de caso da aplicação do planejamento e controle da manutenção em uma planta de envase Arla 32.** 2015. 102f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10103/2/CT_COELE_2015_2_12.pdf Acesso em: 20 ago. 2023.

REIS, T. **Diagrama de Ishikawa: como descobrir a razão dos problemas.** Disponível em: <https://www.suno.com.br/artigos/diagrama-de-ishikawa/>. Acesso em: 23 out. 2023.

SELEME, Robson. **Manutenção Industrial: mantendo a fábrica em funcionamento** [livro eletrônico]/ Robson Seleme. Curitiba: InterSaberes, 2015. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/Acervo/Publicacao/37148>. Acesso em 19 ago. 2023.

SILVA, FÁBIO LOPES. **Aprimoramento do plano de manutenção de uma estação de solda utilizando a ferramenta FMEA.** Salvador, 2018.73 f.: il. Disponível em: <http://repositoriosenaiba.fieb.org.br/bitstream/fieb/1297/1/F%C3%81BIO%20LOPES%20A%20SILVA.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2023.

SOUZA, Emílio Duarte. **Vantagens e desvantagens do controle numérico computadorizado (CNC).** Uberaba, 2018. Disponível em: <https://repositorio.uniube.br/bitstream/123456789/514/1/Clayton%20Em%C3%ADlio%20Duarte%20de%20Souza%20.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2023.

SOUZA, Samantha Pereira. **Reforma e Automação de um Torno CNC** / Samantha Pereira de Souza. – 2019. 46 f.: il. Disponível em: <https://www.ifmg.edu.br/betim/biblioteca/tccs/mec-samanthasouza.pdf>. Acesso 12 out. 2023.

TELECURSO 2000 – **Curso Profissionalizante: Manutenção.** – São Paulo, Editora Globo, [s.d.]

VIANA, Hebert Ricardo Garcia. **PCM, planejamento e controle da manutenção**. 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2014. 192p

WORRELL, Ernst; BIERMANS, Gijs. Move over! Stock turnover, retrofit and industrial energy efficiency. **Energy Policy**, v. 33, n. 7, p. 949-962, 2005.