



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**IMPLEMENTAÇÃO DE PROCESSO PARA FABRICAÇÃO DE PEÇAS APLICADO
À INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE**

JAQUELINE SILVA DE OLIVEIRA

**Tucuruí – PA
2022**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**IMPLEMENTAÇÃO DE PROCESSO PARA FABRICAÇÃO DE PEÇAS APLICADO
À INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE**

JAQUELINE SILVA DE OLIVEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Mecânica do Campus de Tucuruí, como parte dos requisitos para obtenção do título bacharel em Engenharia Mecânica.

**Orientador:
Profº Msc. Maciel da Costa Furtado**

**Tucuruí – PA
2022**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

- O48i Oliveira, Jaqueline Silva de.
Implementação de Processo para Fabricação de Peças Aplicado
à Indústria de Papel e Celulose / Jaqueline Silva de Oliveira. —
2022.
63 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof. Me. Maciel da Costa Furtado
Coorientador(a): Prof.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de
Engenharia Mecânica, Tucuruí, 2022.
1. Peças de reposição. 2. Processo de fabricação. 3.
Redução de custos. I. Título.

CDD 621.7



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**IMPLEMENTAÇÃO DE PROCESSO PARA FABRICAÇÃO DE PEÇAS APLICADO
À INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE**

JAQUELINE SILVA DE OLIVEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia Mecânica do Campus de
Tucuruí, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Mecânica

BANCA EXAMINADORA

Maciel da Costa Furtado

Orientador: Prof^o Msc. Maciel da Costa Furtado
FEM/CAMTUC/UFPA

Wassim Raja El Banna

Membro Interno: Prof^o Dr^o Wassim Raja El Banna
FEM/CAMTUC/UFPA

Walter dos Santos Sousa

Membro Interno: Prof^o Dr^o Walter dos Santos Sousa
FEM/CAMTUC/UFPA

Conceito: Excelente

Tucuruí, 03 de fevereiro de 2022.

*Dedico à minha vó, Zilda Moreira de Oliveira que sempre me apoiou,
acreditou e orou por mim.*

AGRADECIMENTOS

À minha família, que sempre me apoiou para superar as mais diversas dificuldades. Em especial, meus tios João Eudes e Antônia Oliveira, por me apoiarem quando precisei e pôr torcerem por mim. À minha vó, Zilda Moreira, pelo amor incondicional durante todos os momentos, pelas orações e por sempre me proporcionar todo o suporte necessário para eu estudasse.

Ao Prof. Maciel Furtado, pelas orientações prestadas, que auxiliaram o desenvolvimento deste trabalho. E professores Walter dos Santos e Wassim Raja, por terem aceitado participar da banca avaliadora do presente trabalho.

Ao corpo docente da Universidade Federal do Pará – Campus Universitário de Tucuruí, que contribuíram para a construção do conhecimento necessário para a execução deste trabalho e pela minha formação acadêmica.

Ao meu gestor Evaldo Boaventura, por ter acreditado em mim e me dado a oportunidade de realizar meu estágio na área da Manutenção da Recuperação e Utilidades, disponibilizando todos os recursos necessários para este fim e juntamente com os demais colegas de empresa compartilhando conhecimento comigo. Sempre serei grata por esta oportunidade e pelo meu desenvolvimento neste período, que só foi possível graças a cada um que colaborou com a minha trilha de desenvolvimento. Agradeço também aos meus amigos de Imperatriz, que tornaram os momentos longe de casa e da família mais suportáveis e mais leve, obrigada também por me incentivarem. Tenho certeza que a implementação desse trabalho na empresa e todos os seus resultados foi mais fácil por ter vocês compartilhando essa jornada comigo.

*“Em algum lugar, algo incrível está esperando para ser descoberto.”
(Carl Sagan)*

**IMPLEMENTAÇÃO DE PROCESSO PARA FABRICAÇÃO DE PEÇAS APLICADO
À INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE**

RESUMO

A fabricação de peças de reposição para a manutenção industrial é relevante para as empresas pois garante que a sua estrutura física, máquinas e equipamentos, estarão disponíveis para atender a demanda de produção. Através do investimento na fabricação de peças industriais é possível garantir uma infraestrutura completa e preparada para atender às necessidades dos clientes, o que é indispensável para que qualquer negócio se destaque no mercado. Neste âmbito, a fabricação de peças industriais sob medida é altamente recomendável porque assegura que a empresa terá à sua disposição as soluções mais adequadas ao tipo de atividade desempenhadas. Entretanto, para que seja possível usufruir de todos os benefícios que a fabricação de peças industriais é capaz de proporcionar, é fundamental que haja um processo estruturado para a fabricação das peças de reposição que garanta a qualidade nos processos de fabricação. Desta forma, propõe-se a implementação de um processo de fabricação de peças de reposição utilizando máquinas por comando número computacional, software de programação de máquinas e engenharia reversa, além de equipamentos de controle dimensional em indústria do ramo de papel e celulose localizada no sudeste do estado do Maranhão. O processo permitiu que fossem fabricadas peças sob demanda que foram entregues com relatório dimensional e análise da composição química dos materiais utilizados em sua produção, assegurando assim a sua confiabilidade. Esse processo corroborou com a redução dos custos com a aquisição de peças para a área da manutenção industrial da empresa em estudo. Os resultados alcançados vieram por confirmar a viabilidade do processo e demonstram que investir na fabricação de peças de reposição industriais sob medida é uma atitude estratégica e com potencial de grandes benefícios e retorno financeiro.

Palavras-chave: *Peças de reposição, Processo de fabricação, Redução de custos.*

IMPLEMENTATION OF PARTS MANUFACTURING PROCESS APPLIED TO THE PAPER AND PULP INDUSTRY

ABSTRACT

The manufacture of spare parts for industrial maintenance is relevant for companies as it ensures that their physical structure, machinery and equipment will be available to meet production demand. By investing in the manufacture of industrial parts, it is possible to guarantee a complete infrastructure prepared to meet the needs of customers, which is essential for any business to stand out in the market. In this context, the manufacture of bespoke industrial parts is highly recommended because it ensures that the company will have at its disposal the most appropriate solutions for the type of activity performed. However, in order to enjoy all the benefits that the manufacture of industrial parts is capable of providing, it is essential that there is a structured process for the manufacture of spare parts that guarantees quality in the manufacturing processes. In this way, it is proposed the implementation of a spare parts manufacturing process using machines by computer number command, machine programming software and reverse engineering, in addition to dimensional control equipment in a pulp and paper industry located in the Southeast. of the state of Maranhao. The process allowed parts to be manufactured on demand that were delivered with a dimensional report and analysis of the chemical composition of the materials used in their production, thus ensuring their reliability. This process corroborated with the reduction of costs with the acquisition of parts for the industrial maintenance area of the company under study. The results achieved confirmed the viability of the process and demonstrate that investing in the manufacture of custom-made industrial spare parts is a strategic attitude with the potential for great benefits and financial return.

Keywords: *Spare parts, Manufacturing process, Cost reduction.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Fluxo e registro de ordens de serviço.	20
Figura 2. Tipos de Processos de Fabricação.	22
Figura 3. Fresadora CNC modelo Romi D 600.	24
Figura 4. Torno CNC modelo ROMI Centur 40.	24
Figura 5. Fluxo para solicitação de peças de reposição.	28
Figura 6. Fluxo de separação de peças metálicas.	29
Figura 7. Caçamba do projeto.	30
Figura 8. Materiais sujeitos a transformação.	30
Figura 9. Analisador de ligas.	31
Figura 10. Durômetro portátil digital.	32
Figura 11. Fluxograma de decisão para abertura de notas e ordens.	33
Figura 12. Exemplo de nota para solicitação de desenho técnico mecânico.	34
Figura 13. Braço de medição scanner 3D.	35
Figura 14. Pinhão atuador pneumático original.	36
Figura 15. Pinhão atuador pneumático scaneado com o braço de medição scanner 3D.	36
Figura 16. Desenho técnico mecânico do pinhão do conjunto atuador pneumático.	37
Figura 17. Fluxo para fabricação de peças.	38
Figura 18. Fluxograma de cadastro de materiais via WebFormat.	38
Figura 19. NI criado via SAP.	39
Figura 20. Fluxograma da Ordem de Produção.	40
Figura 21. Definição dos valores dos componentes fabricados via Ordem de Produção.	41
Figura 22. Fluxograma do processo de fabricação.	42
Figura 23. Número de desenhos técnicos mecânicos produzidos por mês.	44
Figura 24. Avanço físico projeto.	44
Figura 25. Redução de custos com desenhos mecânicos.	45
Figura 26. Redução de custos com fabricação interna com materiais externos.	46
Figura 27. Redução de custos com material reaproveitado.	46
Figura 28. Redução de custos com horas de engenharia.	47
Figura 29. Exemplo de peças fabricadas pelo Projeto Fabricar.	47
Figura 30. Análise de dureza do pinhão original.	48
Figura 31. Análise de composição química no pinhão original.	48
Figura 32. Análise da dureza do pinhão fabricado.	49

Figura 33. Análise da composição química do pinhão fabricado..... 49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição dos custos de manutenção em %:	20
Tabela 2. Tipos de materiais cadastrados via SAP.	39
Tabela 3. Transações envolvidas no processo de fabricação.	43
Tabela 4. Propriedades mecânicas - AISI 1020.	50
Tabela 5. Propriedades mecânicas - AISI 4140.	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção

ER – Engenharia Reversa

ESG – Governança Ambiental, Social e Corporativa

ERP – *Enterprise Resource Planning*

HB – Dureza Brinell

MCM – Manutenção de Classe Mundial

CNC – Comando Numérico Computadorizado

NI – Número de Identificação

PCM – Planejamento e Controle de Manutenção

PDM – Padrão Descritivo de Materiais

PC – Pedido de Compra

PIB – Produto Interno Bruto

PM – *Plant Maintenance*

RC – Requisição de Compra

SAMI – *Strategic Asset Management Inc.*

SAP – Sistemas, Aplicativos e Produtos

SIG – Sistema Integrado de Gestão Empresarial

FRX – Fluorescência de raios X

ZFAB – Peça Fabricada

MRO – Manutenção, Reparos e Operação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	17
1.2 OBJETIVOS.....	18
1.2.1 Objetivo Geral	18
1.2.2 Objetivos Específicos	18
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO	19
2.2 CUSTOS DE MANUTENÇÃO	20
2.3 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO.....	21
2.3.1 Usinagem	22
2.4 ENGENHARIA REVERSA.....	25
2.5 SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE MANUTENÇÃO COMPUTADORIZADO	25
3 DESENVOLVIMENTO DE PROJETO PARA FABRICAÇÃO DE PEÇAS	27
3.1 SEPARAÇÃO DAS PEÇAS METÁLICAS NA ÁREA DE ORIGEM	29
3.2 LOGÍSTICA DE MOVIMENTAÇÃO ENTRE A ÁREA DE ORIGEM E O PONTO DE COLETA	30
3.3 TRIAGEM E IDENTIFICAÇÃO DE ACORDO COM AS CARACTERÍSTICAS DAS PEÇAS.....	31
3.4 CATALOGAÇÃO DOS MATERIAIS E DIRECIONAMENTO PARA ESTOQUE	32
3.5 SOLICITAÇÃO DE PROJETOS MECÂNICOS	32
3.5.2 Projeto e detalhamento mecânico	35
3.6 FABRICAÇÃO DE PEÇAS.....	37
3.6.1 Criação de material no sistema SAP	38
3.6.2 Ordem de produção	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	52

5.1 CONCLUSÕES	52
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	53
REFERÊNCIAS	54
APÊNDICE A – FLUXO DE SOLICITAÇÃO DE PROJETOS MECÂNICOS.....	57
APÊNDICE B – CRONOGRAMA DE EXPANSÃO DAS ORDENS DE PRODUÇÃO	58
APÊNDICE C – RESULTADOS ECONOMICOS DA FABRICAÇÃO DE PEÇAS	59
APÊNDICE D – RELATÓRIO DIMENSIONAL.....	61

1 INTRODUÇÃO

A fim de obterem um desempenho de manutenção de classe mundial cada vez mais companhias estão direcionando esforços para melhorar a qualidade, produtividade e reduzir custos. Frente as mudanças do mercado, as empresas são forçadas a agirem de maneira inovadora de forma a manter a rentabilidade dos negócios sem impactar a qualidade e entrega dos serviços ou produtos. Em meio a este cenário, a gestão de ativos da organização torna-se fator crítico para a geração de resultados e sua correta abordagem proporciona um diferencial na busca pelo desenvolvimento sustentável (GOMES, 2020).

A linha de produção de uma indústria depende basicamente de sua infraestrutura tecnológica através de suas máquinas e equipamentos. As máquinas e equipamentos fornecem praticidade e a possibilidade de realizar determinadas atividades em larga escala, em períodos ininterruptos e com alta precisão, garantindo segurança e produtividade (MONFERRATO, 2020). Contudo, as máquinas falham, sobretudo, devido ao desgaste de peças, exposição a condições de trabalho fora de suas recomendações, reposição de peças de forma inadequada e pelo fim de sua vida útil, e toda parada não programada em equipamentos produtivos é considerada uma perda de produção. Por isso, a manutenção de equipamentos possui grande importância para a garantia de funcionamento contínuo dos equipamentos, aumentando a sua vida útil e evitando falhas (NATREB, 2020).

No ambiente de manutenção, a otimização e gestão de estoques de peças sobressalentes engloba atividades que visam assegurar a disponibilidade de peças de forma adequada e no tempo certo satisfazendo às necessidades de manutenção e conseqüentemente os objetivos dos negócios, mantendo os mínimos custos possíveis. Segundo Petterson (2015) a gestão estratégica de estoques vem ganhando importância cada vez maior na gestão da cadeia de suprimento com o aumento da competição global e a pressão sobre o mercado de modo que para as empresas se colocarem em vantagens competitivas devem customizar serviços e produtos. Sendo o desafio, assegurar elevados níveis de entrega das suas atividades com os menores custos.

Os itens estratégicos de manutenção, também chamados de sobressalentes, são segundo o dicionário Michaelis (2020) um acessório ou peça que se destina a substituir outra em caso de avaria ou desgaste. Para Janfrone (2020), independentemente do tamanho da empresa, a administração do estoque de peças de reposição é um dos principais itens para a garantia de menor tempo de ressuprimento para atender o cliente final, sendo itens que possuem a premissa de dimensionamento adequado para um equilíbrio entre disponibilidade e custos. Wanke (2004) ao referir-se aos estoques de peças de reposição afirma que estes podem responder por uma das

maiores parcelas dos custos corporativos em empresas de diferentes setores da economia e que sua gestão é pouco compreendida no ambiente gerencial. O estoque de materiais indiretos e peças de reposição se faz necessário para garantir a produtividade das atividades de manutenção, garantindo que as linhas de produção não parem de produzir devido a falha de máquinas ou falta de insumos. (TELES, 2018).

Durante as tarefas de manutenção, pode se fazer necessário a substituição de peças defeituosas, sendo justamente este o momento no qual precisa-se de um estoque com peças de reposição. Quando uma máquina apresenta falhas, parando de forma inesperada, uma linha completa de produção pode ser comprometida, gerando prejuízos e reduzindo a disponibilidade dos ativos. Investir na fabricação de peças de reposição apresenta-se como uma alternativa dentro do processo, pois contribui para a redução de custos mantendo a qualidade das peças, diminuindo o tempo de ressurgimento de itens e podendo atender a manutenção conforme a necessidade de maneira planejada e ágil, reduzindo problemas de atraso e de indisponibilidade de equipamentos.

No entanto, manter estoques elevados de peças de reposição que eventualmente ou nunca são consumidos geram custos de gestão, armazenamento e inventário. Por outro lado, a escassez leva a baixos níveis de serviço e falta de confiabilidade. Portanto, deve haver um meio termo no controle de peças sobressalentes que atenda o setor de manutenção de uma indústria. Alguns fatores, como, obsolescência, capacidade de almoxarifados e baixo giro de consumo também podem impossibilitar a permanência de itens em estoque. Por isso, buscando evitar este tipo de situação, é importante atuar de forma preventiva e manter uma gestão de substituição de peças desgastadas, por peças em condições ideais de operação e com garantia de qualidade, de forma eficaz, que funcione como prevenção contra defeitos inesperados em equipamentos.

Segundo Bounou, Barkany e Biyaali (2017), a disponibilidade dos sistemas dependem do tempo de reparo e do nível de estoque de peças de reposição. Assim, para que as atividades de reparo e substituição sejam realizadas é necessário que as peças de reposição estejam disponíveis quando requisitadas, para que possam ser utilizadas em ordens de manutenção. Ao ocorrer falta de peças de reposição em estoque, o desempenho das atividades é interrompido e o sistema é parado até que a peça chegue e o mantenedor possa realizar o reparo. Desta forma, para Oliveira (2020) a questão chave é encontrar o equilíbrio entre o custo de aquisição dessas peças, obsolescência e a falta de estoque de peças de reposição.

Buscando diminuir os impactos causados pela falta de peças de reposição e os altos custos para aquisição das mesmas, o presente estudo avaliou o cenário de gestão de

fornecimento de peças de reposição da manutenção dos equipamentos de uma planta industrial de fabricação de papel e celulose localizada na cidade de Imperatriz – MA e verificou a viabilidade de implementação de um sistema de fabricação de peças conforme a necessidade, de modo a garantir soluções adequadas às demandas das atividades de manutenção, garantindo a obtenção dos resultados.

A empresa sofria com o tempo elevado para a reposição de peças, devido sua localização geográfica estar longe dos principais fornecedores, localizados em outros estados ou até mesmo fora do país, além dos altos custos com a aquisição de peças. Ao passo que, a empresa conta com um centro integrado de usinagem com máquinas e recursos, como máquinas CNC, softwares de programação de máquinas e ferramentas de controle dimensional. Também foi identificado um alto índice de peças descartadas dos equipamentos industriais, durante as manutenções de rotina e paradas programadas.

Logo, identificou-se uma oportunidade de melhoria através da implementação de um projeto de fabricação de peças. Revelou-se então os desafios e resultados da aplicação da gestão da fabricação de peças sobressalentes neste tipo de nicho e mercado, e os impactos nos custos de manutenção que este processo pode proporcionar, além da viabilidade de implantação e replicação em outras unidades da empresa. Portanto, de acordo com o embasamento teórico demonstrado, a gestão de fabricação de peças de reposição de manutenção pode se tornar um diferencial em economia no processo produtivo, revelando visões sistêmicas bem como a importância da atuação da gestão da manutenção.

1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

A má gestão de peças sobressalentes pode afetar o desempenho das atividades de manutenção e causar atrasos provocando perda de produção. Buscando então promover maior produtividade de equipamentos e de produção, diminuir custos e consequentemente aumentar o capital da organização foi observada uma oportunidade de melhoria na área de manutenção em uma empresa brasileira pioneira no desenvolvimento de papel e celulose.

Por meio da estruturação do problema se identificou a necessidade de implementação de um sistema que viabilizasse a redução do tempo de trabalho em paradas programadas, diminuição dos custos de manutenção e o tempo de espera na aquisição de peças ao fabricá-las internamente na própria empresa, utilizando recursos e ferramentas já disponíveis na fábrica. Além de captar peças descartadas e transforma-las em matéria prima para a fabricação de novos componentes, dando um novo ciclo de vida aos materiais e modificando o modelo de uso linear

para um modelo circular, apostando em novas formas de consumo, transformando um item que seria descartado em um novo recurso.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver e implementar um projeto para fabricação de peças de reposição em uma fábrica de papel e celulose.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estruturar o processo de viabilização e fabricação de peças de reposição;
- Criar transações no SAP que permitam a aplicação do processo de fabricação de peças;
- Obter uma redução de custo a partir da fabricação interna de peças na fábrica;
- Garantir a qualidade nos processos de fabricação de peças de reposição por meio de análise dimensional;
- Garantir a viabilidade de replicação do processo em outras unidades da empresa;
- Criar bancos de dados centralizados de informações do projeto;
- Reaproveitar peças descartadas da manutenção transformando-as em matéria-prima para a fabricação de novas peças dando uma nova vida útil a esses materiais.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para melhor entendimento do trabalho, ele foi estruturado em cinco seções. Cada seção apresenta uma contribuição para o alcance dos objetivos do estudo. Desta forma, a seção 1 trata da introdução acerca do tema, juntamente com a justificativa do trabalho e os objetivos gerais e específicos a serem alcançados. Já a seção 2 apresenta a revisão bibliográfica necessária para a compreensão dos termos e conteúdo do trabalho. A terceira seção apresenta as etapas criadas para o desenvolvimento do projeto de fabricação de peças, detalhando a estrutura criada para se alcançar os resultados desejados e descritos nos objetivos. A quarta seção mostrará os resultados obtidos e a discussão dos mesmos, justificando os resultados alcançados, e, uma vez mostrada a eficiência da proposta implantada, validando-a. A quinta e última seção expõe as conclusões deste trabalho, assim como sugestões e trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO

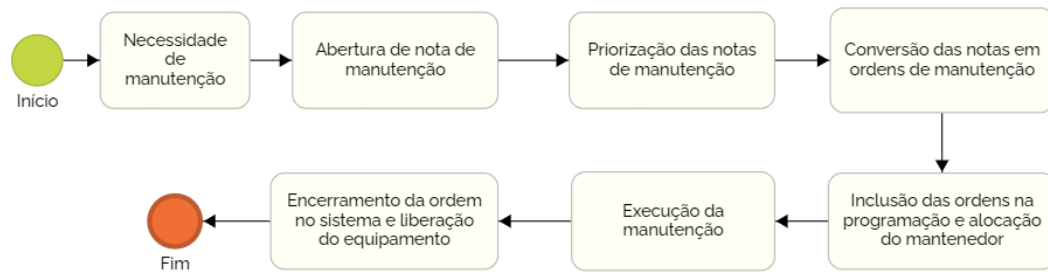
Para Slack et al. (2008) o Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) se trata de um conjunto de ações para preparar, programar e acompanhar o resultado da execução das tarefas de manutenção a partir de parâmetros predefinidos e adotar medidas de correção de desvios para a conquista dos objetivos e da missão da empresa. De acordo com Pereira (2019), o PCM é parte fundamental para o sucesso dos sistemas preventivos. Sendo a principal função de gestão do departamento de manutenção.

Lopes & Almeida (2018) afirmam que as atribuições do PCM podem variar de uma empresa para outra dada a gestão adotada. O PCM tem como objetivo principal planejar as atividades de manutenção de forma clara e objetiva e deve seguir uma sequência lógica. É responsabilidade do planejamento prever e prover os recursos materiais necessários para a eliminação da causa raiz dos defeitos identificados nos ativos.

Cabe ao analista de planejamento incluir os recursos materiais necessários para a realização da atividade de manutenção levando sempre em consideração a característica de reposição de cada item, desde a emissão de reservas a geração de requisições de compra, além de visar sempre as melhores condições de custos. Sendo o planejamento o principal responsável pelo histórico de informações de utilização de peças de reposição no sistema SAP. Todas as peças de reposição que forem utilizadas devem estar vinculadas a uma ordem de serviço. As ordens de serviços solicitadas com antecedência podem ser preparadas para retirada pelo departamento solicitante e isso reduz o tempo de espera do departamento de manutenção no depósito de peças para que sua ordem de serviço seja atendida. As informações do histórico de ordens, são utilizadas pelas equipes responsáveis pelos materiais de MRO para a correta gestão dos processos de estoque.

Sempre que o planejamento precisa de uma peça para planejar determinada ordem de serviço de manutenção, realiza-se a verificação da disponibilidade no almoxarifado da fábrica, e caso não haja em estoque é feita uma requisição de compra. Por isso, ao se implantar um processo de fabricação de peças, é fundamental que o planejamento esteja ciente no processo, para que sempre que surgir a necessidade de aquisição de uma peça, seja possível verificar a viabilidade de fabricação da peça antes de adotar o processo normal de compra.

Na Figura 1 é apresentado o fluxo de trabalho para chamados de manutenção em máquinas do processo fabril da empresa em estudo, adotado pelo PCM.

Figura 1. Fluxo e registro de ordens de serviço.

Fonte: Adaptado da empresa em estudo (2021).

2.2 CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Campbell (2016) enfatiza a importância dos custos da manutenção em uma empresa industrial, embora ressalte que o percentual que eles representam do total de custos da empresa varia enormemente de acordo com o tipo de organização. Por outro lado, a Associação Brasileira de Manutenção – ABRAMAN (2019) divulga que os custos da manutenção no Brasil representam cerca de 5% do faturamento bruto de uma empresa. A Tabela 1 revela a composição dos custos de manutenção até o ano de 2003, segundo Pereira (2019).

Tabela 1. Composição dos custos de manutenção em %:

Ano	Pessoal	Material	Serviços	Outros
2003	33,97	31,86	25,31	8,86
2001	34,41	29,36	26,57	9,66
1999	36,07	31,44	23,60	8,81

Fonte: Pereira (2019).

Para Pereira (2019), os custos de manutenção são altos e preocupam a administração das empresas, pois as informações de custos podem ser utilizadas para gerar orçamentos, monitorar tendências na utilização de recursos e sua indisponibilidade e controlar a influência de serviços preventivos nos corretivos e no tempo de equipamento indisponível para produzir.

A rentabilidade empresarial depende muito da escolha do modelo mais apropriado de gestão, no controle dos gastos e otimização no uso de recursos. As áreas de produção e manutenção, devem auxiliar a empresa para determinar o preço final de produtos, permanecendo competitiva no mercado que atua.

A gestão de peças de reposição dos itens de manutenção é fundamental para reduzir custos. Sem uma metodologia de gestão de estoque bem aplicada fica impossível controlar e reduzir os custos do setor de manutenção. De acordo com Teles (2018), em média, 25% dos ativos de uma empresa estão no estoque e boa parte disso são peças, materiais, insumos e

ferramentas para a manutenção, reparo e operações. Ou seja, o estoque de itens para MRO (Maintenance, Repair and Operations) – Manutenção, reparo e operações. Gerir os estoques de peças de reposição se torna então um grande diferencial para as empresas, pois com uma abordagem adequada pode-se reduzir consideravelmente os custos, mantendo um nível de serviço adequado.

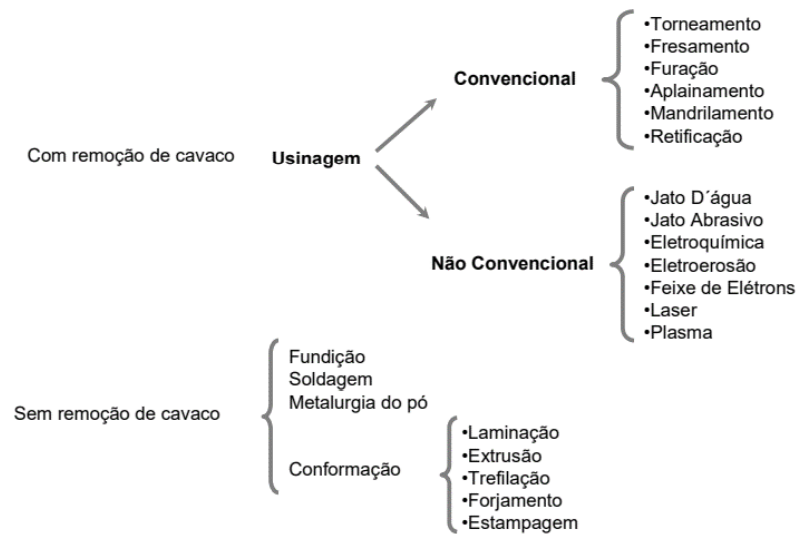
Se forem colocados muitos itens de reposição em estoque, o custo para gestão e manutenção do mesmo será alto. Se houverem poucos itens em estoque, a empresa pode sofrer para alimentar o plano de manutenção e pagar caro quando houver alguma manutenção corretiva emergencial. Deve-se, portanto, conhecer o que realmente merece atenção dentro do estoque, quando se deve comprar e por quanto comprar.

2.3 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

A construção de peças com as especificações desejadas é denominada processo de fabricação. Ao longo da história, para suprir as necessidades da sociedade, surgiram muitas técnicas de fabricação, com o objetivo de transformar matéria prima em um produto acabado, e houve um elevado aperfeiçoamento das mesmas, de modo que atualmente há uma gama de materiais e processos de fabricação. Para Oliveira e Costa (2021) para se manterem competitivos, os fabricantes têm procurado produzir com mais qualidade, mas sempre buscando a redução do tempo de produção e custos.

Existem muitos processos de fabricação, podendo ser agrupados em cinco tipos básicos: conformação mecânica, fundição, soldagem, metalurgia do pó e usinagem. Um resumo dos processos pode ser observado na Figura 2.

Figura 2. Tipos de Processos de Fabricação.



Fonte: IFSC (2021).

Para o desenvolvimento deste trabalho será adotado o processo de usinagem devido a empresa possuir todos os recursos e ferramentas necessárias para a fabricação de peças utilizando este processo de fabricação.

2.3.1 Usinagem

Schwaizer (2018) define usinagem como um processo que tenha como característica a remoção de material com geração de cavaco, cujos objetivos são determinar forma, dimensão ou acabamento de peças. A usinagem se fundamenta no estudo de mecânica no que envolve o atrito e deformações plásticas, estuda-se também a termodinâmica através dos impactos do calor e, por fim, pode-se abranger uma análise nas propriedades dos materiais (DIN 8580, 2003).

Os processos de usinagem podem ser divididos em duas grandes categorias: convencionais e não-convencionais. No primeiro caso, as operações de corte empregam energia mecânica na remoção do material, principalmente por cisalhamento, no contato físico da ferramenta com a peça. No segundo, as operações se utilizam de outros tipos de energia de usinagem, tais como ultrassom, laser, plasma, fluxo abrasivo, reações químicas ou eletroquímicas, feixe de elétrons, dentre outros, e não geram marcas-padrão na superfície da peça e a taxa volumétrica de remoção de material é muito menor que a dos processos convencionais (SOUZA, 2004).

Os processos convencionais de usinagem podem ainda ser subdivididos em duas classes: usinagem com ferramentas de corte com geometria definida – exemplo: torneamento,

fresamento, furação; e usinagem com ferramentas de corte com geometria não-definida, como por exemplo: retificação, brunimento, lapidação (SOUZA, 2004).

A usinagem pode ainda utilizar *softwares* de programação na usinagem por Controle Numérico Computacional (CNC), que se trata de um processo de fabricação no qual um *software* de computador pré-programado determina o movimento das máquinas e ferramentas utilizadas no processo de fabricação por usinagem. O processo pode ser usado para controlar uma variedade de máquinas complexas, de retíficas e tornos a moinhos e roteadores. Com a usinagem CNC tarefas de corte tridimensionais podem ser realizadas em um único conjunto de comandos. O processo CNC, portanto, substitui as limitações do controle manual, onde os operadores ativos são necessários para solicitar e orientar os comandos das ferramentas de usinagem por meio de alavancas, botões e rodas.

Para Goulart (2018) a utilização das máquinas CNC em processos de fabricação permitiu a elevação da produtividade e qualidade dos produtos, reduzindo a interferência dos operadores no controle da peça acabada. Rebeyka (2008) afirma que o processo de usinagem por CNC é hoje o mais dinâmico processo de fabricação de peças, constituindo um dos maiores desenvolvimentos para a automação de máquinas para usinagem. Ele representa investimento inicial maior, porém, quando a sua aplicação é bem estruturada, o investimento é compensado devido às vantagens do processo, ao produzir peças com menor tempo de fabricação, aumentar a qualidade do produto, produzir com maior eficiência e, desta maneira, aumentando também a produtividade. As máquinas CNC podem ser de diferentes tipos, como por exemplo, fresadora, *router*, máquina de corte a laser e a plasma, torno, dobradoras automáticas, gravadora de circuitos eletrônicos e muitos outros. Para a fabricação das peças propostas por esse trabalho, utilizou-se máquinas de usinagem CNC do tipo fresadora e torno. Polastrini (2016) define a fresadora CNC como uma máquina desenvolvida para usinar materiais desde alumínio, aço e até mesmo titânio. Devido ao material de trabalho, sua construção prioriza a força de deslocamento e não a velocidade. O material é fixado em uma base e esta se desloca nos eixos X e Y do plano cartesiano, já o motor que gira a ferramenta de corte se desloca ao longo do eixo Z. Para este estudo foi utilizada uma máquina ROMI modelo D 600, com CNC SIEMENS, que pode ser utilizada para múltiplas aplicações de usinagem em ambientes de produção e ferramentaria. Uma ilustração do modelo por ser vista na Figura 3.

Figura 3. Fresadora CNC modelo Romi D 600.



Fonte: ROMI (2021).

Outro tipo de máquina CNC também bastante utilizado, e adotada neste trabalho, são os tornos. Equipamento semelhante ao torno mecânico, porém, conta com um conjunto de motores e controladores que automatizam o processo de usinagem de peças de revolução ou cilíndricas. O equipamento possui duas bases sobre as quais se deslocam o eixo X e outro eixo Z, o material é acoplado em uma castanha, que por sua vez é fixada em uma placa acoplada ao eixo central da máquina. Uma máquina ROMI modelo Centur 40 que oferece grande flexibilidade para usinagem de diferentes tipos de peças, com ótimos níveis de potência, rapidez de movimentos e precisão foi utilizada para a fabricação das peças propostas neste estudo. A máquina pode ser vista na Figura 4.

Figura 4. Torno CNC modelo ROMI Centur 40.



Fonte: ROMI (2021).

2.4 ENGENHARIA REVERSA

Em uma indústria a falta de projeto para determinada peça ou equipamento pode provocar diversos impactos. A falta de projeto mecânico pode comprometer a fabricação de peças, pois equipamentos antigos geralmente não possuem desenhos e as empresas fabricantes não existem mais. Isso faz com que a fabricação de uma nova peça seja inviável, pois os documentos do projeto mecânico são de extrema importância para transmitir com exatidão as características de uma peça a ser construída. Alguns fabricantes também não disponibilizam desenhos de fabricação das peças de seus equipamentos, por ser uma propriedade intelectual da empresa, como também uma forma de exigir que as peças de reposição sejam vendidas por elas mesmas.

E é neste âmbito que a engenharia reversa pode ser utilizada como estratégia. A engenharia reversa é um processo de análise de um objeto para identificar os componentes de um sistema e suas inter-relações e criar sua representação de outra forma, ou em um nível de abstração mais elevado, para posterior modelagem, simulação em busca de uma nova solução (BACK et al, 2008). Bagci (2013) define engenharia reversa como a avaliação sistemática de um produto com o propósito de replicação, envolvendo a criação de um novo componente, cópia de uma parte existente ou ainda pode ser aplicada para a recuperação de uma peça danificada ou quebrada.

A engenharia reversa é muito importante para se conhecer e detalhar componentes de um processo que possuam geometrias complexas, auxiliando a construção de desenhos técnicos, documento imprescindível para a fabricação de peças. O processo básico é replicar a peça digitalmente, normalmente em software de desenho assistido por computador (CAD). A geometria digital é criada usando um scanner para aproveitar a peça anterior. Proporcionando, aos engenheiros projetistas ganhos consideráveis de tempo em suas atividades durante o desenvolvimento de produtos pois os scanners 3D automatizam o trabalho de medições das peças que se deseja recriar formando uma nuvem de pontos. Uma vez recriada a geometria, o engenheiro pode então construir a peça usando métodos de fabricação tradicionais ou aditivos.

2.5 SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE MANUTENÇÃO COMPUTADORIZADO

Segundo Fontanini (2018) devido à complexidade das operações e ao tamanho da organização, é fundamental a utilização de um sistema integrado de gestão empresarial (SIG), também conhecido como ERP (*Enterprise Resource Planning*). O maior objetivo de um ERP

dentro das organizações consiste na integração de todos os dados e processos atuantes em um único sistema.

O sistema integrado trata-se de um *software* que integra todas as informações das diversas áreas da empresa de forma transparente e em tempo real. Assim, ele permite uma troca ágil dessas informações, acelerando os processos de tomada de decisão e de gerenciamento. Além disso, evita-se a criação de dados duplicados e informações conflitantes.

O *software* utilizado pela empresa é sistema de uma das maiores fornecedoras de ERP do mundo: o SAP (Sistemas, Aplicativos e Produtos). Dentre todos os módulos oferecido pelo SAP, para o presente trabalho foi utilizado o SAP PM - *Plant Maintenance*. Módulo que possui transações específicas para a gestão da manutenção, como as utilizadas para criação de listas técnicas, roteiros de operações, criação de ordens de produção entre outras transações utilizadas para a execução do processo proposto neste trabalho.

3 DESENVOLVIMENTO DE PROJETO PARA FABRICAÇÃO DE PEÇAS

A presente seção visa a criação de um modelo para fabricação de peças para atender as necessidades da manutenção industrial de uma empresa de papel e celulose. Assim como, transformar peças que seriam descartadas, devido às más condições de uso, em matéria-prima para a fabricação de novas peças. A possibilidade de reaproveitamento de peças que seria descartado para sucata representa uma redução de custos para a empresa. Para tal objetivo, fez-se necessário, inicialmente, uma pesquisa via SAP de dados referentes aos custos de manutenção com a aquisição de peças em um período de 12 meses. A pesquisa, revelou que foram gastos R\$ 3.032.562,36 (três milhões, trinta e dois mil, quinhentos e sessenta e dois reais e trinta e seis centavos) com a obtenção de peças que poderiam ter sido desenvolvidas localmente em seu centro de usinagem, mas que foram adquiridas com fornecedores externos, impactando nos custos de manutenção, que são fortemente afetados pela variação do preço do dólar e do aço.

Além dos custos para a aquisição de peças, os prazos de entrega dos fornecedores também oneravam o processo. Na maior parte das compras de reposição de peças não havia o cumprimento dos prazos de entrega, provocando atrasos não somente na execução das atividades de manutenção, mas impactando também diretamente os custos, sendo necessário sempre mobilizar uma quantidade de pessoas para realizarem acompanhamento com fornecedores e ajustarem novas condições de recebimento visando buscar o mínimo de impactos no processo.

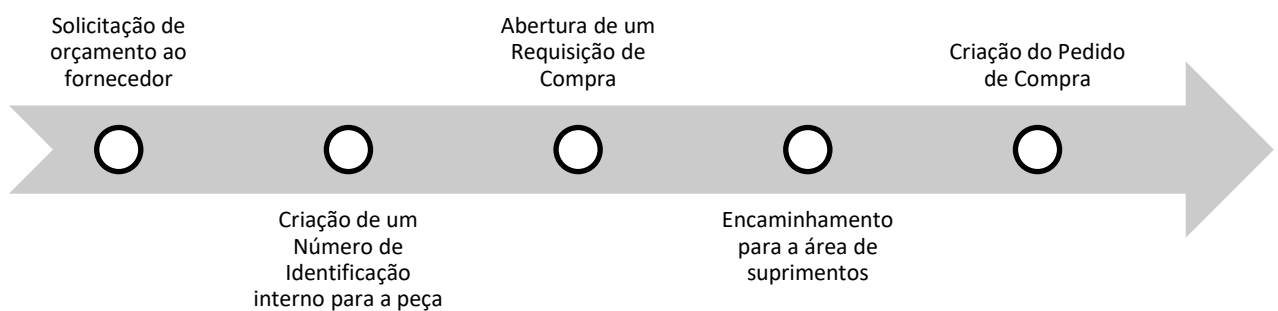
Outro cenário encontrado foi o de descarte de peças metálicas durante as manutenções de rotina e paradas programadas. As peças que não possuem mais condições de serem utilizadas nos equipamentos, devido não estarem em conformidade com os padrões de utilização para determinadas aplicações, são descartadas em pontos de coleta, adequados para materiais metálicos, existentes em todas as áreas dos processos produtivos. Os materiais descartados são coletados por uma empresa prestadora de serviço e encaminhados à central de resíduos da fábrica, local onde é dada a correta destinação a todos os resíduos industriais gerados durante o processo de produção de celulose e papel. Os resíduos provenientes do descarte de peças metálicas são vendidos como sucata, dando um baixo retorno financeiro para a empresa.

Foi então elaborada uma estratégia para dar uma nova destinação a essas peças, após a sua coleta, para que pudessem ser disponibilizadas como matéria prima para a fabricação de novos componentes por meio de processos de usinagem. A captação e coleta das sucatas metálicas decorrente do descarte de peças do setor de manutenção irão reduzir o custo com a

aquisição de peças, entregando-as de maneira ágil e conforme a necessidade e destinando os materiais que seriam descartados a um novo ciclo de vida útil, reduzindo a necessidade de extração de recursos naturais para a fabricação de novas peças ao se utilizar materiais reaproveitados, resultando em um impacto ambiental positivo.

Para fins de entendimento é mostrado na Figura 5 o fluxo adotado pela empresa para a solicitação e aquisição de peças de reposição.

Figura 5. Fluxo para solicitação de peças de reposição.

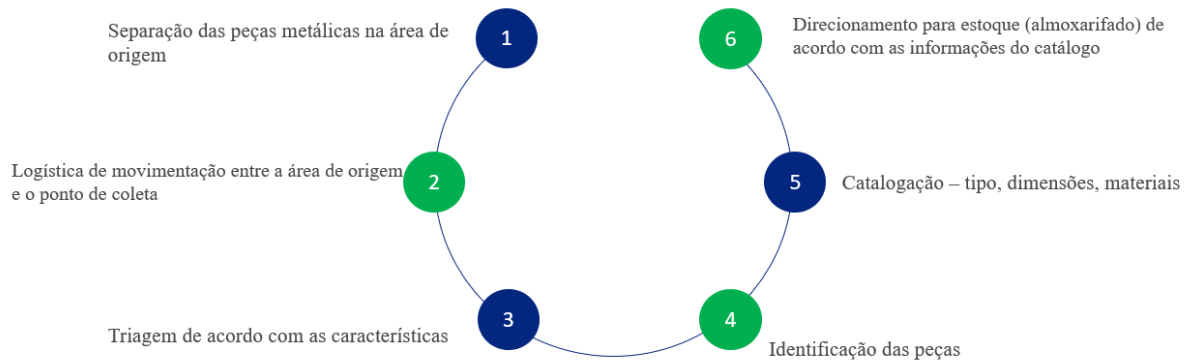


Fonte: Autoria Própria (2021).

Inicialmente é solicitado pela empresa uma proposta comercial da peça ao fornecedor para que com os dados da proposta seja criado o cadastro da peça no sistema de SAP, contendo todas as informações necessárias, como código da peça, valor e fabricante. Quando a peça é cadastrada é então atribuído a ela um número interno de identificação. Após a geração desse número um responsável abre via SAP uma requisição de compra (RC), que consiste em um chamado via SAP solicitando a compra desta peça. Com a RC criada e aprovada, o setor de suprimentos da empresa entra em contato com o fornecedor cadastrado, negocia e fecha o pedido de compras (PC).

Para iniciar o novo modelo, inicialmente se propôs identificar as peças metálicas que seriam descartadas de suas utilizações nos equipamentos industriais, devido as falhas ou pelo fim de sua vida útil. As peças eram identificadas em sua origem, depois separadas e movimentadas para um ponto de coleta onde seriam triadas e catalogadas de acordo com as suas características, como dimensões e tipo de material. Na Figura 6, pode se ver o modelo sugerido para esta etapa.

Figura 6. Fluxo de separação de peças metálicas.



Fonte: Autoria própria (2021).

3.1 SEPARAÇÃO DAS PEÇAS METÁLICAS NA ÁREA DE ORIGEM

Para que o principal insumo do processo seja adequadamente coletado, é necessário que o mantenedor que realiza as manutenções esteja consciente da nova proposta e atue como ponto focal dessa iniciativa. Deste modo, foram implantadas caçambas, conforme o modelo mostrado na Figura 7, destinadas a coleta do descarte desses materiais em áreas estratégicas da empresa. Para o alcance desse objetivo foram realizadas apresentações do projeto para toda a área da manutenção, além de divulgação interna nos canais de comunicação corporativos da empresa, com o intuito de informar e conscientizar os colaboradores sobre a nova prática de recolhimento de peças, colocando o colaborador como agente fundamental dessa ação. Assim, ao retirar peças dos equipamentos durante as manutenções, o colaborador é orientado a identificar a possibilidade de uso no descarte de maneira correta para que se possa dar andamento nas demais etapas do processo.

Figura 7. Caçamba do projeto.



Fonte: Autoria própria (2021).

3.2 LOGÍSTICA DE MOVIMENTAÇÃO ENTRE A ÁREA DE ORIGEM E O PONTO DE COLETA

Após a separação das peças metálicas em suas áreas de origem, deve-se levar para um local apropriado para o seu armazenamento onde poderá posteriormente ser triada de acordo com as suas características. Visando um melhor uso do *layout* da fábrica o local para o ponto de coleta escolhido foi a oficina central, devido estar localizada ao lado do almoxarifado e possuir espaço livre para utilização. Na Figura 8 são mostrados alguns itens já alocados nessa parte específica da oficina que foi criada para os materiais sujeitos a transformação.

Figura 8. Materiais sujeitos a transformação.



Fonte: Autoria própria (2021).

3.3 TRIAGEM E IDENTIFICAÇÃO DE ACORDO COM AS CARACTERÍSTICAS DAS PEÇAS

Com as peças separadas e coletadas, fez-se então a triagem de acordo com as suas características. Nesta etapa, para identificação da composição química da peça coletada, utilizava-se um Analisador portátil por FRX (Fluorescência de raios X) para ligas e metais, como o da Figura 9.

Figura 9. Analisador de ligas.



Fonte: Olympus (2021).

O equipamento mencionado anteriormente fornece identificação confiável para ligas e metais puros em poucos segundos, auxiliando a triagem das peças, obtendo resultados rápidos e confiáveis para a análise de classificação de ligas para uma ampla variedade de materiais ferrosos e não ferrosos.

Outro equipamento utilizado na fase de identificação foi o durômetro portátil digital, o qual que possibilita a medição da dureza dos seguintes materiais: aço e aço liga, aço ferramenta, aço inoxidável, ferro fundido cinzento, ferro fundido nodular, ligas de alumínio, ligas de cobre-zinco (latão), ligas de cobre-alumínio (bronze), cobre. Ideal para peças de grande porte, robustas, em que a medição precisa ser feita fora do laboratório. O equipamento realiza ensaios de dureza por impacto na escala Leeb (HLD) e faz a conversão automática para as escalas Rockwell (HRB - HRC), Brinell (HB), Vickers (HV) e Shore (HS), sendo o ensaio feito com esfera de carboneto de tungstênio. Uma imagem desse instrumento do modelo pode ser vista na Figura 10.

Figura 10. Durômetro portátil digital.



Fonte: Digimess (2021).

Também foi adotada a classificação pelo diâmetro e comprimento. Utilizou-se instrumentos de medida como paquímetros e trenas para aferir as dimensões. Com base nas informações coletadas, como composição química e dureza, realizava-se o estudo das propriedades mecânicas da peça analisada.

3.4 CATALOGAÇÃO DOS MATERIAIS E DIRECIONAMENTO PARA ESTOQUE

Na empresa estudada, todos os materiais e insumos disponíveis para utilização foram remanejados para o almoxarifado e incluídos no sistema SAP com as informações referentes de cada item, como, por exemplo, a quantidade disponível em estoque. De modo que ficava disponível ao usuário quais tipos de materiais estavam em estoque para uso como matéria-prima, de acordo com as especificações desejadas, como diâmetro, comprimento e composição química.

No sistema SAP é possível realizar uma busca por itens cadastrados por meio de diversos tipos de pesquisa, como o tipo do material, diâmetro, comprimento, entre outras características e propriedades. Logo, ao necessitar de um material, como um aço SAE 4340, o usuário pode realizar uma busca e verificar se existe disponibilidade no almoxarifado. Caso afirmativo, o usuário pode realizar uma reserva e fazer a retirada do item.

3.5 SOLICITAÇÃO DE PROJETOS MECÂNICOS

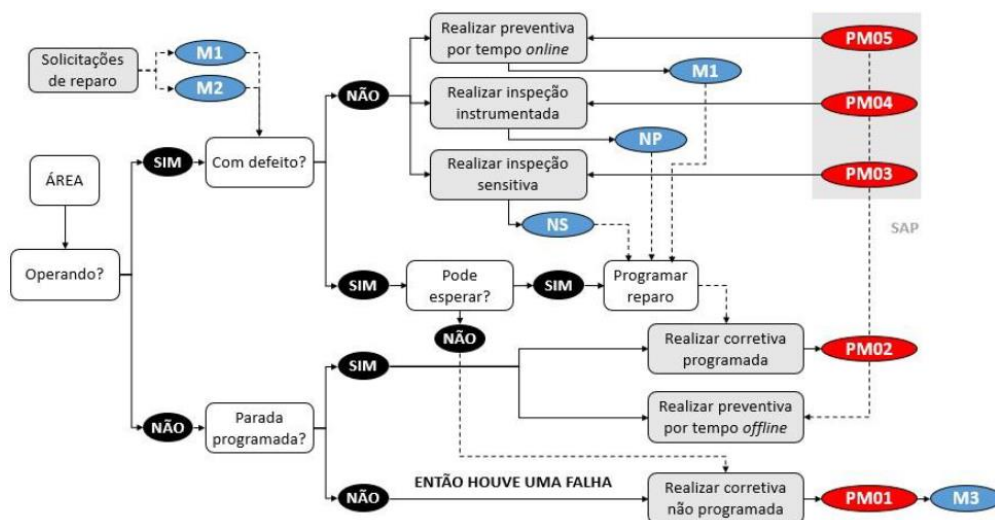
Para a fabricação de uma peça é necessário o desenho técnico mecânico, pois com ele pode-se fazer o detalhamento preciso de todas as partes que compõem uma peça, sendo o meio mais exato de descrever geometricamente determinado objeto. Com toda a descrição feita no desenho técnico mecânico, o próximo passo é encaminhar a peça para fabricação. Nessa fase, o desenho técnico é de grande importância, pois torna a produção precisa isenta de erros.

Ressalta-se que muitas máquinas da empresa não possuem desenhos técnicos, sendo necessário o desenvolvimento de um desenho próprio. Diante desta dificuldade, foi criado um fluxograma de solicitação de projetos mecânicos, que está detalhado no Apêndice A.

3.5.1 Notas e Ordens de manutenção

As notas de manutenção no SAP são solicitações de trabalho, que descrevem uma avaria e/ou defeito em um equipamento, condição que ofereça risco ao processo, pessoas ou ambiente, sugestões de melhoria em processos e/ou instalações. É esperado que as notas de manutenção sejam criadas de maneira adequada para a correta identificação do problema e posterior priorização. As notas no SAP são geradas quando se detecta algum problema ou anomalia e devem ser geradas sempre que for detectado um problema, quando for necessário solicitar algum tipo de trabalho para a manutenção ou após a realização de um serviço em caráter emergencial. Na Figura 11 é mostrado o fluxograma de decisão para abertura de notas e ordens.

Figura 11. Fluxograma de decisão para abertura de notas e ordens.



Fonte: Adaptado da empresa em estudo (2021).

Onde:

- **M1** – Nota aberta pelo mantenedor;
- **M2** – Nota aberta pelo operador;
- **M3** – Nota de ação;
- **NS** – Nota de rota sensível;
- **NP** – Nota de rota preditiva;

As ordens são emitidas após a priorização das notas e contém as informações necessárias para a execução de um trabalho de manutenção, como etapas do trabalho e recursos. Os tipos de ordens são:

- **PM01 – Corretiva Imprevista;**
- **PM02 – Corretiva Programada;**
- **PM03 – Preventiva Condicional Sensitiva;**
- **PM04 – Preventiva Condicional Instrumentada;**
- **PM05 – Preventiva Sistemática;**

Logo, as solicitações de projetos mecânicos devem ser geradas via nota. Na figura 12, pode-se ver um exemplo de uma nota do tipo M1.

Figura 12. Exemplo de nota para solicitação de desenho técnico mecânico.

Objeto de referência	
Loc. instalação	I1203TE308 TORRE ESTOCAGEM MC 308 BRANQUEAMEN...
Equipamento	
Conjunto	

Responsabilidades	
Grp.plnj.PM	IMR / 1301 MEC. RECUP. QUIMIC
GenTrab respon.	ENG_MAN / 1301 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO FABRICA
Pessoa responsá	
Autor da nota	JAQUELINESO
Data da nota	18.10.2021 14:14:21

Fonte: Adaptado da empresa em estudo (2021).

Com a nota de manutenção aberta, o setor de projetos deve indicar a prioridade e então transformar as notas em ordens de serviço, conforme os tipos mencionados acima.

3.5.2 Projeto e detalhamento mecânico

Após o planejamento e programação da ordem de manutenção solicitando uma peça e/ou desenho técnico mecânico, a equipe de projetos entra em contato com o requisitante da solicitação para que o mesmo disponibilize o item ou conjunto que se deseja detalhar. Nesta etapa, novamente faz-se o uso do Analisador portátil por FRX (Figura 9) e do durômetro portátil digital (Figura 10), para se identificar o tipo de material e dureza da peça analisada. E utiliza-se também, quando necessário, o braço de medição scanner 3D para auxiliar no dimensionamento. Um modelo semelhante ao utilizado é mostrado na Figura 13.

Figura 13. Braço de medição scanner 3D.



Fonte: Hexagon (2021).

O braço de medição scanner realiza a medição tridimensional. Uma inspeção com base em três coordenadas (X, Y e Z) e não apenas com cota linear, como ocorre com aparelhos de metrologia convencionais, trabalhando em conjunto com um *software* que realiza cálculos matemáticos, com base nas leituras de dados do equipamento de medição tridimensional. Com recursos analógicos, como paquímetros e micrômetros, só é possível analisar comprimento, largura e altura. Na medição 3D, o foco está na montagem final de peças. Por isso, o controle de qualidade é muito mais completo, garantindo a confiabilidade da cotação e consequentemente uma produção que atenda às necessidades de montagem e uso.

O funcionamento é simples: o equipamento de medição realiza a captura de dados ao tocar os pontos nas peças e componentes da máquina. Em seguida, os dados obtidos são enviados ao *software*, que faz as análises. Como a medição é feita com equipamentos e

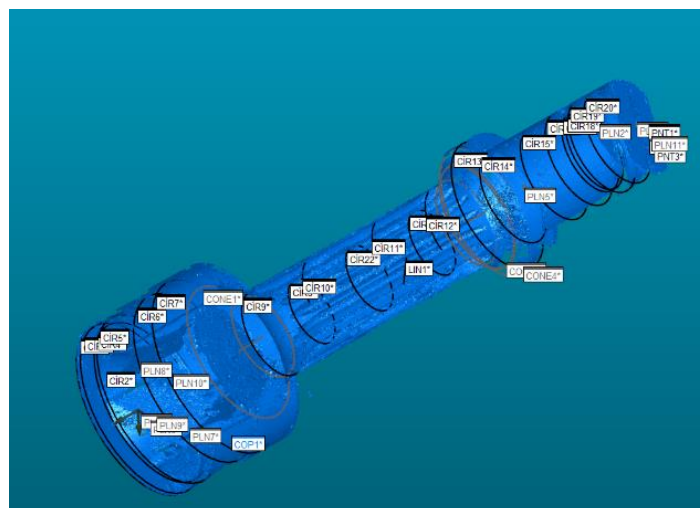
softwares precisos, os operadores e técnicos garantem mais confiabilidade ao processo de controle de qualidade já que todo o processo tem menos influência de fontes de incertezas do que o método comum, por isso esta tecnologia é empregada em peças com geometrias mais complexas. Pode-se ver na Figura 14 e 15 o pinhão de um conjunto atuador pneumático que foi escaneado com o braço de medição scanner 3D. E logo após, na Figura 16, pode-se ver o desenho técnico mecânico final da peça.

Figura 14. Pinhão atuador pneumático original.



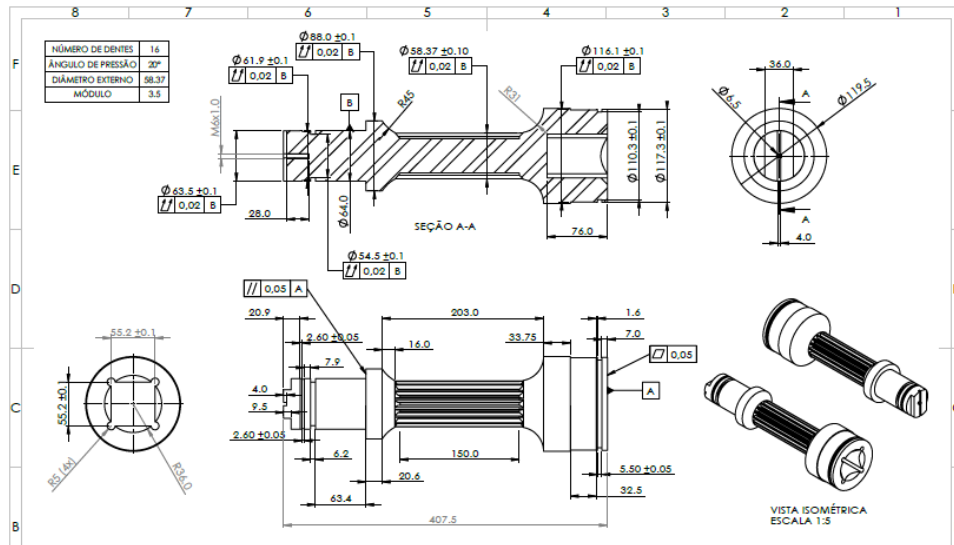
Fonte: Autoria própria.

Figura 15. Pinhão atuador pneumático scaneado com o braço de medição scanner 3D.



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 16. Desenho técnico mecânico do pinhão do conjunto atuador pneumático.



Fonte: Adaptado da empresa em estudo (2021).

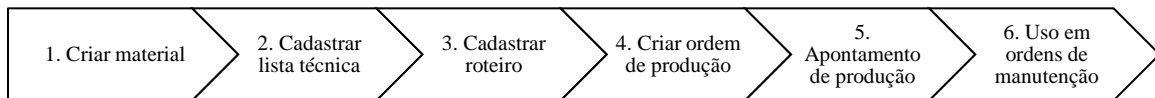
Entretanto, peças de baixa complexidade podem ser medidas utilizando-se ferramentas de metrologia convencionais como paquímetro e trena, devido ao baixo número de detalhes, sendo inviável a utilização do braço de medição.

Após a elaboração, o desenho técnico mecânico é enviado ao solicitante para verificação. Após confirmado o detalhamento necessário, este é anexado na ordem de serviço para que seja finalizada no sistema SAP. Os desenhos mecânicos também são carregados em uma pasta na rede no serviço de nuvem compartilhado da empresa onde todos podem ter acesso de forma rápida e fácil, garantindo a disponibilidade e transparência das informações.

3.6 FABRICAÇÃO DE PEÇAS

Com os desenhos técnicos mecânicos e os materiais disponíveis para utilização, pôde-se, então, estruturar um fluxograma para fabricação de peças. Do mesmo modo que para a solicitação de um serviço é necessário a criação de uma nota de manutenção, para a fabricação de peças é necessário a abertura de uma ordem de produção. O processo simplificado pode ser visto na Figura 17.

Figura 17. Fluxo para fabricação de peças.



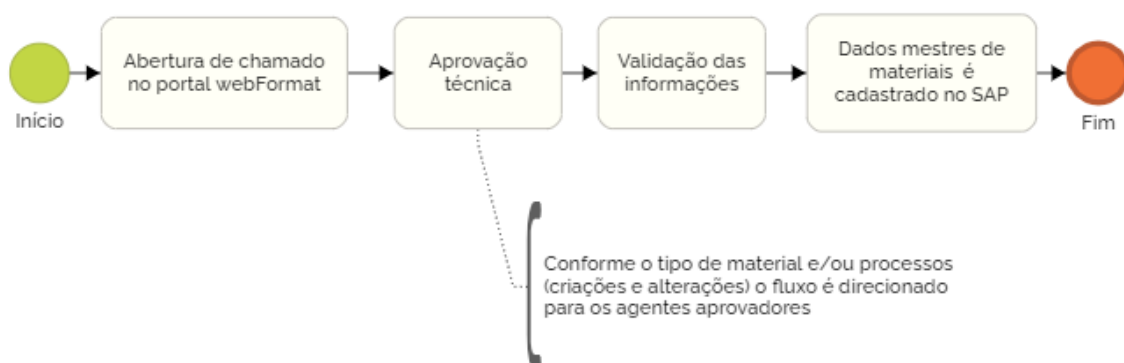
Fonte: Autoria própria (2021).

3.6.1 Criação de material no sistema SAP

Toda peça que entra na fábrica precisa ter um Número de Identificação (NI) associado a ele. O processo de cadastro do NI de peças adquiridas via compra direta (processo normal de aquisição de materiais, onde as peças são oriundas de fornecedores externos) é realizado através da plataforma WebFormat, portal online utilizado para cadastro de materiais, que oferece além do cadastro, o serviço de manutenção de listas de materiais e catálogos. Por meio dessa plataforma as informações dos materiais são compartilhadas, tornando o cadastro de materiais ativo e sempre atualizado. A plataforma utiliza o Padrão Descritivo de Materiais (PDM) para fazer a descrição dos materiais de maneira estruturada, o que ajuda a empresa a gerir melhor o estoque e a reduzir custos.

O processo de padronização PDM consiste na organização do cadastro a fim de auxiliar a identificação e o registro de elementos por meio de uma forma estruturada. Sua finalidade é fazer uma descrição correta dos elementos, excluindo aqueles que estão duplicados, mas que possuem códigos diferentes. Assim, reduz-se os itens que possuem o mesmo gênero a um padrão ou modelo específico. As solicitações de cadastro partem do ponto focal de cada uma das áreas da manutenção. Na Figura 18 pode-se ver o fluxograma adotado no WebFormat para cadastro de materiais.

Figura 18. Fluxograma de cadastro de materiais via WebFormat.



Fonte: Autoria própria (2021).

Para seguir o processo de criação do NI via WebFormat é necessária uma proposta do fornecedor com código e preço do material, para que o item possa ser classificado e cadastrado no sistema. Para o caso das peças fabricadas internamente foi adotado então um processo de cadastro manual via SAP. Esse processo já é praticado pela empresa para alguns materiais, como pode ser observado na Tabela 2. Para este processo foi criado no sistema SAP o tipo de material denominado ZFAB – Peça Fabricada. Para todos os tipos abaixo, o cadastro é realizado pela transação MM01 no SAP.

Tabela 2. Tipos de materiais cadastrados via SAP.

Tipo	Denominação
ZFAB	Peça Fabricada
ZPME	Produto acabado ME
ZPMI	Produto acabado MI
ZRVD	Produto venda direta
ZRES	Revenda custo standard

Fonte: Autoria própria (2021).

Na Figura 19, é ilustrado um exemplo de NI do tipo ZFAB criado via SAP para um eixo rolete.

Figura 19. NI criado via SAP.

Material	0050076467	EIXO ROLETE
Área MRP	2289	Uni. De apoio Flor. Imperatriz
Centro	2289	Tipo de MRP
	Z3	Tipo material
	ZFAB	Unidade
		PC

Fonte: Adaptado da empresa em estudo (2021).

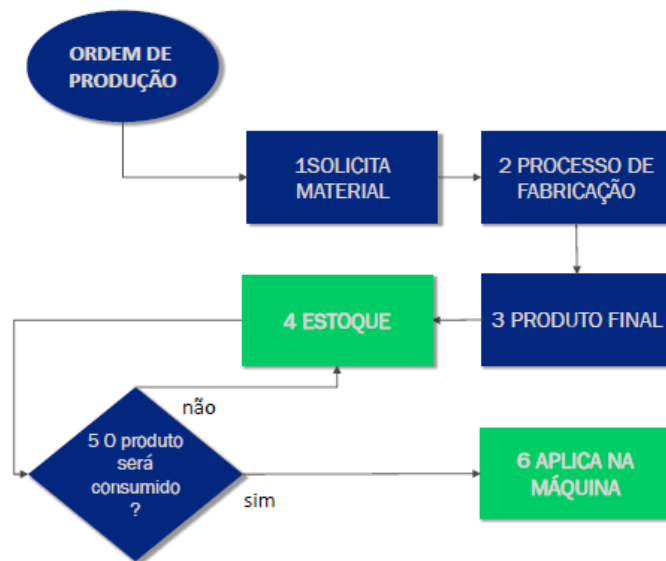
Uma vez criado, o NI é disponibilizado na forma de uma ficha técnica com roteiros para a fabricação desse componente, ou seja, a descrição de como fazer a peça, no sistema SAP, permitindo acesso futuro para auxiliar a fabricação em outros momentos que forem necessários e em outras unidades da empresa.

3.6.2 Ordem de produção

É o tipo de ordem utilizada para solicitar a fabricação de uma peça no centro de usinagem com inclusão ao estoque após fabricação. Consiste em uma Ordem de Produção com os custos da fabricação dos componentes, englobando material e mão de obra. Estes custos serão incorporados à peça fabricada. Este processo é inédito na empresa onde o estudo foi realizado e permite maior gestão sobre os componentes fabricados, transferências de materiais acabados entre unidades industriais e troca de tecnologia, além de retorno financeiro.

Para a criação das ordens de produção são necessárias algumas transações que não estavam disponíveis no SAP para a fábrica de Imperatriz da empresa estudada. Assim, foi iniciado um projeto de expansão dessas ordens, que envolveu uma equipe responsável pela configuração no sistema para que as mesmas pudessem ser utilizadas pelas equipes de manutenção. Para este processo foi elaborado o cronograma em anexo no Apêndice B. A proposta do processo via SAP para geração da ordem de produção é mostrada na Figura 20.

Figura 20. Fluxograma da Ordem de Produção.



Fonte: Adaptado da empresa em estudo (2021).

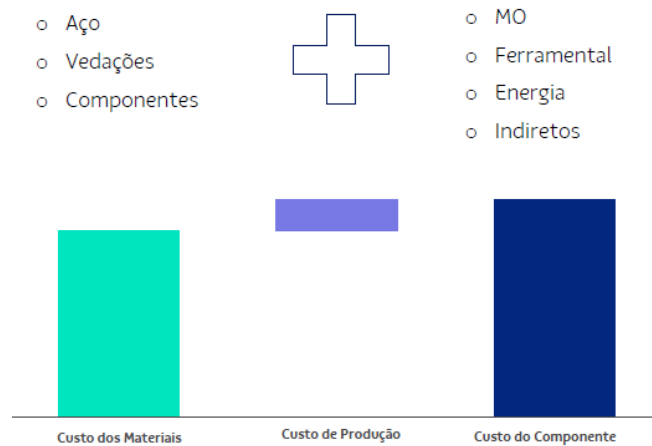
Como visto no fluxograma da Figura 20, o processo de Ordem de Produção pode ser dividido em seis etapas, sendo elas:

1. Solicitação de material do estoque, conforme lista técnica para fabricação do lote;
2. Processo de usinagem, tendo seu custo alocado no centro de custo de usinagem;
3. Finalização da ordem, com o fim de fabricação do lote;
4. Envio para estoque, rateando o valor da ordem para cada material produzido;

5. Produto pode permanecer no estoque ou ser aplicado, recebendo valor médio;
6. Aplicação na máquina;

O modelo de definição do valor do componente fabricado é exemplificado na Figura 21. Parte dos custos da peça fabricada provém dos custos dos materiais, como o custo do material que está sendo utilizado para a fabricação da peça e a outra parte dos custos advém da produção, como o custo com as ferramentas utilizadas na fabricação das peças, energia gasta durante o processo e mão de obra. O total dos custos são inseridos dentro da ordem de produção e o valor é pago pelo centro de custo da área que solicitou a produção da peça.

Figura 21. Definição dos valores dos componentes fabricados via Ordem de Produção.

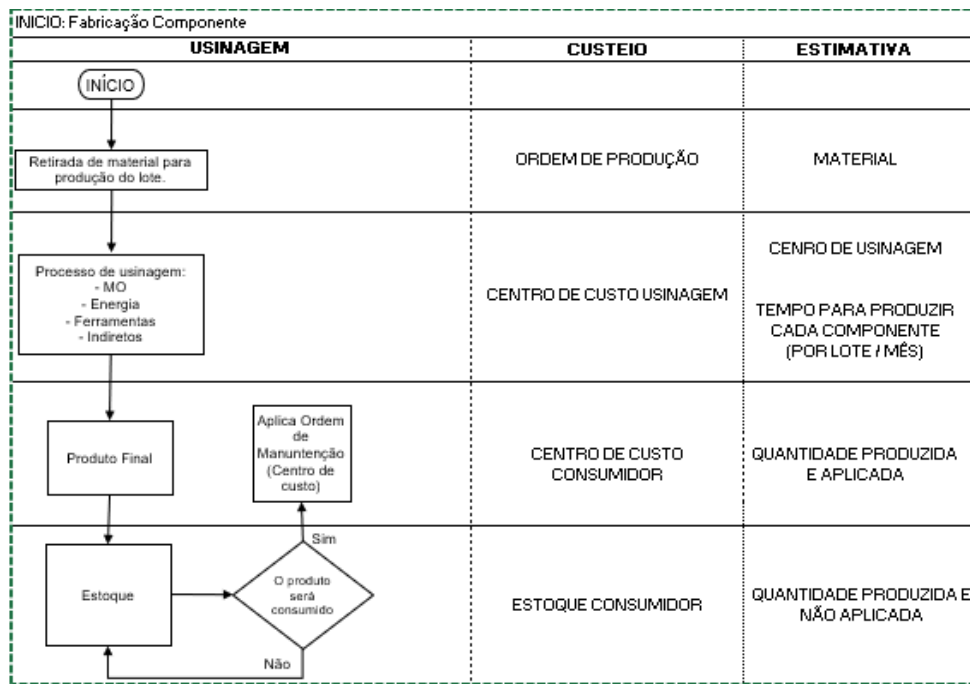


Fonte: Adaptado da empresa em estudo (2021).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do estudo realizado, entre abril e dezembro de 2021 foi implementado na empresa o projeto de fabricação de peças. O fluxograma do processo de fabricação é mostrado na Figura 22.

Figura 22. Fluxograma do processo de fabricação.



Fonte: Adaptado da empresa em estudo (2021).

O processo de fabricação de componentes se dá início com a retirada de material para a produção de uma peça ou lote de peças, onde os custos dos materiais são inseridos dentro da ordem de produção. Depois ocorre o processo de usinagem conforme a programação feita pelo PCM e os custos envolvidos nesta etapa, como mão de obra, energia e ferramentas são incorporados ao valor final das peças produzidas. O produto final é entregue ao estoque e se for consumido é aplicado à uma ordem de manutenção. Caso a peça não seja utilizada imediatamente ela é estocada para aguardar uma solicitação de utilização. As transações envolvidas no processo de produção podem ser vistas na Tabela 3. As transações são um código utilizado para executar um processo dentro do SAP ERP.

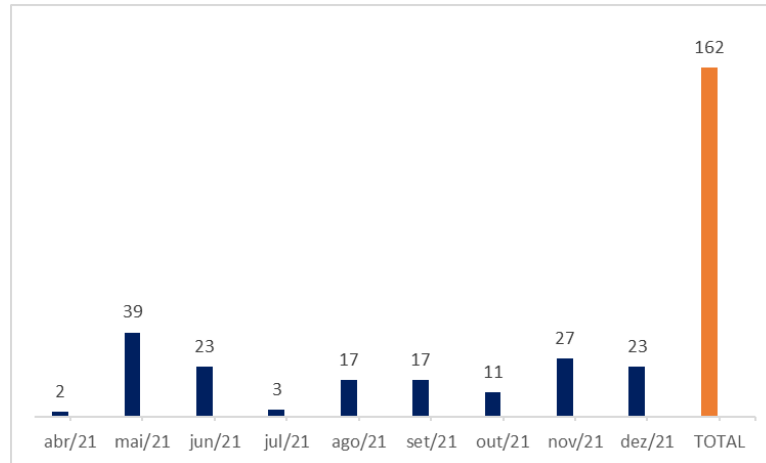
Tabela 3. Transações envolvidas no processo de fabricação.

Processo Materiais	
MM01	Criar material
MM02	Modificar material
Processo Produzir	
CS01	Criar lista Técnica de materiais
CR01	Criar o Centro de Trabalho
CA01	Criar roteiro
CO01	Criar ordem de produção
MB31	Apontar Produção
MB1A	Apontar Consumo
Processo Custos	
ZCO004	Criar Ordem de CO Automaticamente
KKBC_ORD	Criar o Centro de Trabalho
KKBC_ORD / CKM3N	Avaliação dos custos pós liquidação automática
ZCO009	Relatório de Rateios dos Consumos/Estoques e Índices Estatísticos
KO88	Liquidação de ordem
Processo Manutenção	
IW31	Criar ordem de manutenção
IW41	Apontamento de horas

Fonte: Autoria própria (2021).

Durante o período de desenvolvimento do projeto, foram produzidos 162 desenhos técnicos mecânicos, conforme mostra a Figura 23, onde é discriminada a quantidade de desenhos realizados por mês.

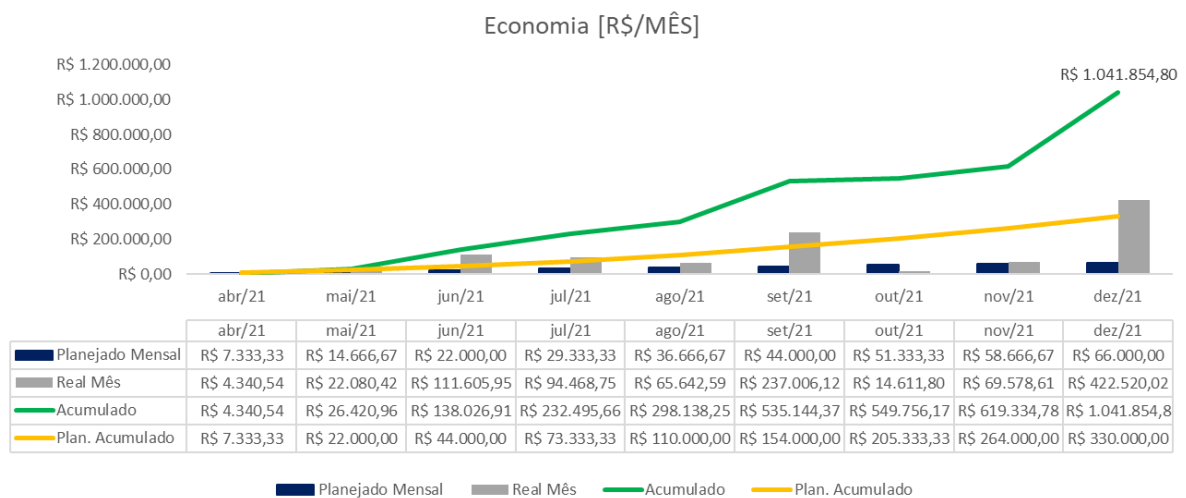
Figura 23. Número de desenhos técnicos mecânicos produzidos por mês.



Fonte: Autoria própria (2021).

O projeto fabricou, no período de estudo, 1411 peças internamente, agregando os custos dos componentes, mão de obra e indiretos. Inicialmente, visava-se uma redução de custo de R\$ 330.000,00 para o ano de 2021, mas alcançou-se uma redução de custo de R\$ 1.041.854,80. Os resultados item a item e por mês podem ser verificados no Apêndice C. A Figura 24 mostra o gráfico de curva de avanço físico das reduções de custos proporcionados pelo projeto.

Figura 24. Avanço físico projeto.

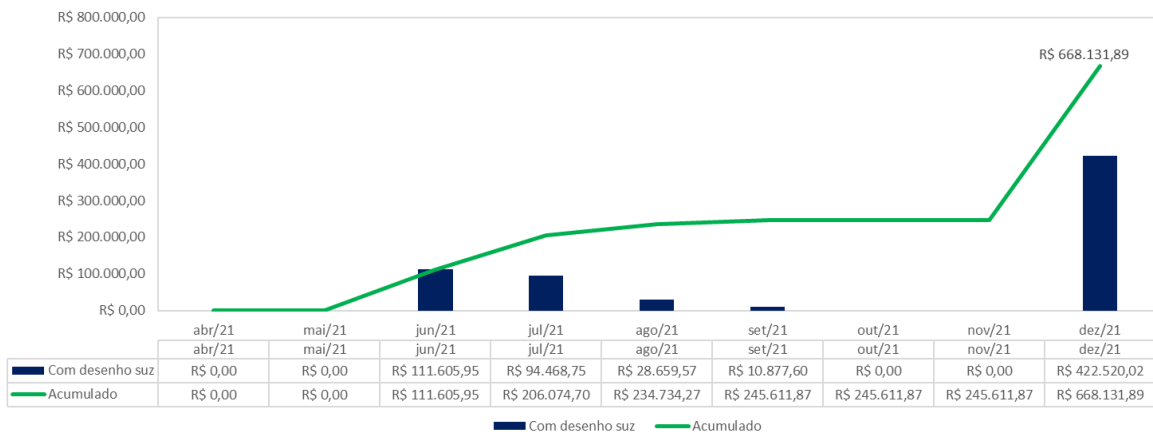


Fonte: Autoria própria (2021).

As reduções de custos podem ser divididas em quatro categorias: redução com desenhos mecânicos, redução com fabricação interna, redução com material reaproveitado e redução de

horas de engenharia. As reduções de custo com desenhos mecânicos são aquelas nos quais, por meio do desenho técnico mecânico produzido pela própria empresa, conseguiu-se cotar a peça com fornecedor local e foi possível obter uma economia com relação a cotação do fabricante original da peça. Essa estratégia foi adotada sempre que os recursos disponíveis no centro de usinagem não eram suficientes para a fabricação de uma peça. E a redução total de custo obtida por meio dessa solução pode ser vista da Figura 25.

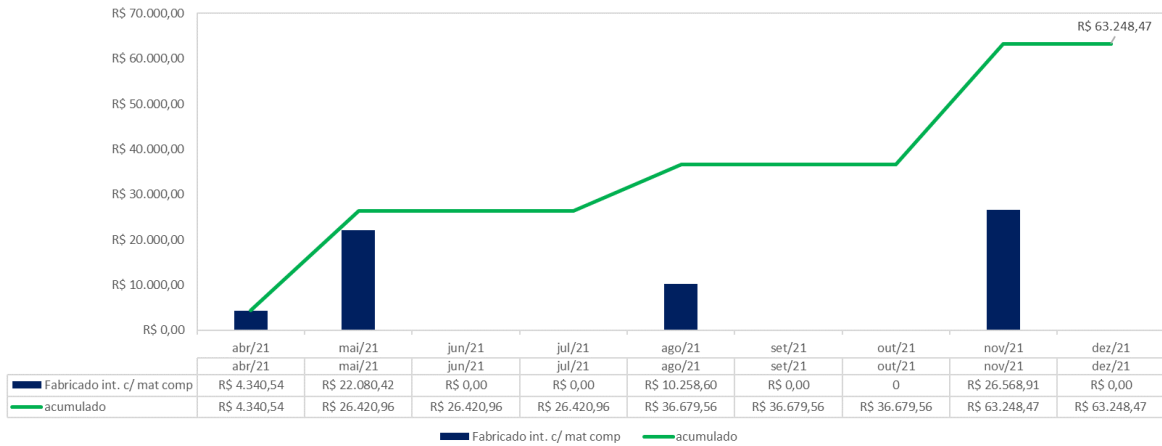
Figura 25. Redução de custos com desenhos mecânicos.



Fonte: Autoria própria.

Outra categoria de redução de custo contabilizado no projeto foi a economia obtida com a fabricação interna de peças utilizando como matéria prima materiais disponíveis no almoxarifado que não eram provenientes de peças reaproveitadas. Ou seja, matérias primas que de fato foram compradas para serem utilizadas como insumos em processos de fabricação. Os resultados financeiros de economia alcançados por meio desta categoria são apresentados na Figura 26.

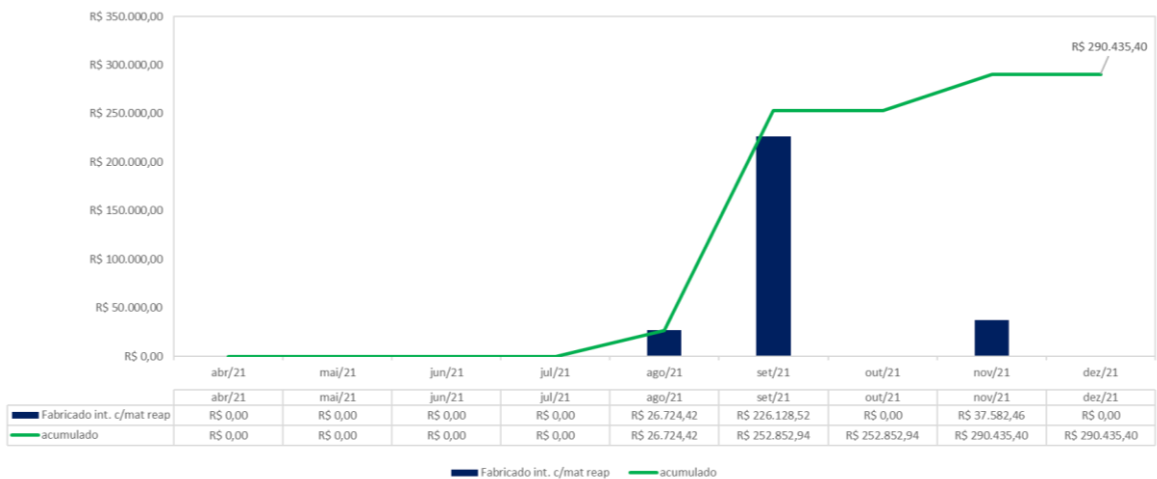
Figura 26. Redução de custos com fabricação interna com materiais externos.



Fonte: Autoria própria (2021).

Outro tipo de avaliação considerada para a soma total da redução de custos obtida, são os resultados alcançados por meio da fabricação de peças com material reaproveitado. Nestes casos, foi considerado que não houveram custos com a aquisição de matéria prima para a fabricação das novas peças, logo, para peças deste tipo, foram considerados apenas os custos de produção, como: energia, ferramentaria e mão de obra. Os resultados de economia em reais por mês são exibidos na Figura 27.

Figura 27. Redução de custos com material reaproveitado.

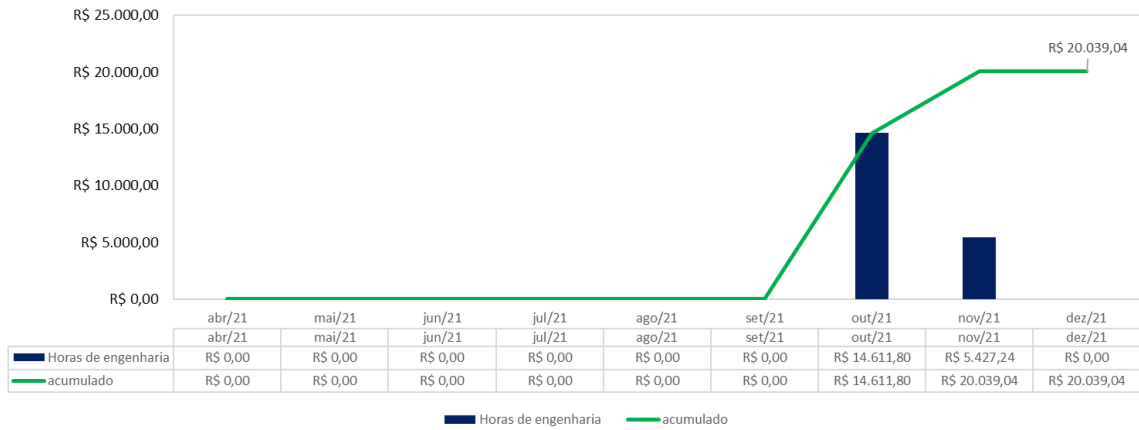


Fonte: Autoria própria (2021).

Foi ainda considerado, como parte dos resultados, as reduções de custo com a contratação de serviço de engenharia. Pois antes do processo ser implantado haviam custos recorrentes com a contratação de projetistas para a elaboração e simulação de projetos

mecânicos. Como a estruturação do processo de fabricação de peças, foi criado um fluxo de solicitação de projetos mecânicos, reduzindo a contratação de serviços para este fim, obtendo assim uma economia que é apresentada na Figura 28.

Figura 28. Redução de custos com horas de engenharia.



Fonte: Autoria própria (2021).

O projeto produziu peças para todas as áreas da manutenção industrial da planta de Imperatriz – MA da empresa. A Figura 29 mostra algumas peças entregues pelo projeto que atualmente se encontram em área garantindo a disponibilidade dos equipamentos e da produção.

Figura 29. Exemplo de peças fabricadas pelo Projeto Fabricar.



Fonte: Autoria própria (2021).

Foi realizado o controle dimensional e de qualidade das peças. O procedimento consiste na utilização do braço de medição scanner 3D que aferia as medidas exatas das peças produzidas e gerava relatório dimensionais, conforme mostrado no Apêndice D. Além disso, utilizava-se o durômetro portátil para verificar a dureza da peça produzida em comparação a dureza da peça original realizando-se o processo de engenharia reversa. Para complementar os testes, também foi realizada a análise de composição química das diversas peças. A título de exemplo, nas Figuras 30 e 31 são apresentados os resultados de dureza Brinell (HB) e de composição química de um pinhão, respectivamente.

Figura 30. Análise de dureza do pinhão original.



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 31. Análise de composição química no pinhão original.



Fonte: Autoria própria (2021).

Após análise da composição química e dureza da peça, concluiu-se que provavelmente o material se trata de um AISI 1020 com tratamento superficial bicromatizado. Com essas informações foi tomada a decisão de se aplicar uma melhoria na peça e fabrica-la com material AISI 4140. Foram então tomadas as tratativas e adotados as etapas descritas anteriormente para a fabricação da nova peça. Após a fabricação, a nova peça também teve sua dureza e composição química analisada, como mostram as Figuras 32 e 33, respectivamente.

Figura 32. Análise da dureza do pinhão fabricado.



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 33. Análise da composição química do pinhão fabricado.



Fonte: Autoria própria (2021).

O material AISI 4140 escolhido para a fabricação do pinhão, tem aproximadamente 7% mais resistência mecânica do que o material AISI 1020 encontrado no pinhão original, conforme pode ser visto nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4. Propriedades mecânicas - AISI 1020.

Propriedades físicas	Métrica
Dureza, Brinell	137
Dureza, Knoop	156
Dureza, Rockwell B	75
Dureza, Vickers	143
Resistência à tração, Ultimate	472 MPa
Resistência à tração, rendimento	384 MPa
Alongamento na ruptura	32%
Redução de Área	66,5%
Módulos de elasticidade	186 GPa
Módulo de Massa	148 GPa
Razão de Poisson	0,29
Módulo de cisalhamento	72,0 GPa

Fonte: Adaptado de Matweb (2021).

Tabela 5. Propriedades mecânicas - AISI 4140.

Propriedades físicas	Métrica
Dureza, Brinell	197
Dureza, Knoop	219
Dureza, Rockwell B	92
Dureza, Vickers	207
Resistência à tração, Ultimate	655 Mpa
Resistência à tração, rendimento	415 Mpa
Alongamento na ruptura	25,7%
Redução de Área	56,9%
Módulos de elasticidade	205 GPa
Módulo de Massa	160 GPa
Razão de Poisson	0,29
Módulo de cisalhamento	80 GPa

Fonte: Adaptado de Matweb (2021).

Das 1411 peças fabricadas, 23 foram produzidas com materiais reaproveitados, que resultaram em uma redução de custos de R\$ 290.435,40 para a empresa, como evidenciado na Figura 24, além de proporcionar uma destinação adequada aos materiais que seriam descartados e contribuir com soluções sustentáveis visando um impacto ambiental positivo. As demais peças foram produzidas com matérias primas disponíveis no almoxarifado da empresa, que são

oriundas de fornecedores externos, pois os materiais reaproveitando não são capazes de suprir toda a necessidade de variedades de materiais para a fabricação de peças.

Como ação para evitar a falta de materiais em estoque para a fabricação de peças, foi realizado um contrato de fornecimento de matéria prima, com um fornecedor externo, para garantir que sempre houvesse em estoque os principais materiais utilizados para a fabricação de peças. Foi verificado que mesmo realizando a compra de matéria prima para a fabricação de peças, esta opção ainda se apresentava mais viável do que adquirir a peça pronta de fabricantes diretos.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES

Com este trabalho, foi possível identificar oportunidades de melhorias na área da manutenção de um fábrica do segmento de papel e celulose obtendo redução de custos com a implantação de um processo de fabricação de peças. Para tal, fez-se necessário a criação de transações no SAP para a correta abertura de ordens de produção.

Para garantir a qualidade das peças fabricadas foi adicionado ao processo de entrega das peças, relatórios dimensionais que atestam a confiabilidade do produto produzido.

Como maneira de impulsionar os resultados foram captados itens que antes eram descartados e passaram a ser utilizados como uma nova fonte de recurso. Os itens mostraram impactos significativos no orçamento, ao reduzir a necessidade de gastos com a compra de novas peças e utilizar os materiais captados como matéria prima para a fabricação de peças para a reposição nos equipamentos industriais.

O projeto ganhou espaço nas reuniões mensais da equipe de Manutenção. Devido os seus ganhos positivos, passou a ser referência na fabricação de peças servindo de modelo para a implantação em outras unidades da fábrica, inclusive com aumento dos investimentos principalmente na infraestrutura dos centros de usinagem.

Sobre sua replicação, por ser um projeto que necessita de ferramentas e recursos específicos para a fabricação de peças, como tornos CNC, foi decidido que podem ser criados centros integrados de manutenção, divididos por regionais, onde foram definidas quatro fábricas que dispõem das tecnologias necessárias para a implantação do projeto.

Quanto à disponibilização das informações do projeto, como desenhos mecânicos produzidos, por exemplo, foram criados bancos de dados centralizados, de maneira *online*, que permitem o compartilhamento de peças, ferramentas, materiais e usinagens especiais entre todas as unidades industriais da empresa e seus colaboradores.

O projeto foi mencionado como uma das tratativas para o controle de custos da manutenção na reunião de desdobramentos de metas organizado pela equipe de Excelência Operacional Industrial, ação que faz parte do planejamento estratégico, onde são traçadas metas para atingir os objetivos da companhia. Além disso, destaca-se que foi premiado sendo considerado o melhor projeto desafio da unidade de Imperatriz da Fábrica no ano de 2021, após ter seu desenvolvimento e resultados apresentados para todos os colaboradores da empresa e passar por uma avaliação aberta ao público, contanto também com a avaliação de especialistas da área de conhecimento do projeto.

Portanto, a criação e implementação da proposta de fabricação de peças se mostrou viável, eficaz e capaz de ser expandida para outras unidades da empresa, podendo aumentar ainda mais os seus resultados. Mostrou-se que, realizando um trabalho de coleta e captação de materiais que podem ser reaproveitados, e identificando as necessidades de produção de peças e sua viabilidade de fabricação, pode-se solucionar problemas existentes na área da manutenção e melhorar o desempenho das manutenções, produzindo *in loco* peças com a qualidade e rapidez exigida pelos clientes internos da fábrica. Desta forma, pode-se direcionar os custos que seriam gastos com a aquisição de peças de fornecedores externos para outras áreas mais estratégicas da manutenção.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Realizar o estudo e viabilidade da criação de outros centros produtivos de usinagem em outras unidades da fábrica;
- Realizar estudo da viabilidade técnica e financeira para expansão do centro de usinagem para aumento da capacidade produtiva;

REFERÊNCIAS

ABRAMAN – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. **Documento Nacional: A situação da manutenção no Brasil. 2019.**

BACK, Nelson; OLIARI, André; DIAS, Acires; SILVA, Jonny Carlos da Silva. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem.** Barueri, SP: Manoele, 2008.

BAGCI, Eyup. **Reverse engineering applications for recovery of broken or worn parts and remanufacturing: Three case studies.** Advances in Engineering Software, v. 40, p. 407-419, jun. 2009. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965997808001312>. Acesso em: 02 dez. 2021.

BOUNOU, O.; BARKANY, A.; BIYAALI, A. **Inventory Models for Spare Parts Management: A Review.** International Journal of Engineering Research in Africa, v. 28, p. 182–198, 2017.

CAMPBELL, John D.; REYES-PICKNELL, James V. **Uptime: Strategies for Excellence in Maintenance Management.** 3. ed. S.I.]: Productivity Press, 2016.

DEUTSCHES INSTITUT FUR NORMUNG. **DIN 8580:** Fertigungsverfahren - Begriffe, Einteilung. Germany, 2003.

DIGIMESS. **Durômetro Portátil Digital.** Disponível em: <https://www.digimess.com.br/durometro-portatil-digital>. Acesso em: 02 jan. 2022.

HEXAGON. **Braços de Medição Portáteis.** Disponível em: <https://www.hexagonmi.com/pt-br/products/portable-measuring-arms>. Acesso em: 24 dez. 2021.

Instituto Federal de Santa Catarina. **Introdução aos processos de fabricação.** Santa Catarina. Disponível em: <https://www.hexagonmi.com/pt-br/products/portable-measuring-ar>
<http://www.joinville.ifsc.edu.br/~ivandro/ivandro/PFB64/1%20-%20Introdu%C3%A7%C3%A3o%20aos%20Processos%20de%20Fabrica%C3%A7%C3%A3o.pdfms>. Acesso em: 24 dez. 2021.

OLIVEIRA, Geisiane. **A importância do controle de estoque de peças de reposição para uma gestão de Manutenção eficiente.** In: Excelência Operacional. Pernambuco, 28 abr. 2020. Disponível em: <https://www.excelenciaoperacional.blog.br/2020/04/28/a-importancia-do-controle-de-estoque-de-pecas-de-reposicao-para-uma-gestao-de-manutencao-eficiente/>. Acesso em: 21 dez. 2021.

OLYMPUS. **Analísadores por XRF e XRD.** Disponível em: <https://www.olympus-ims.com/pt/xrf-xrd/delta-handheld/delta-scrap/>. Acesso em: 24 dez. 2021.

MICHAELIS **Dicionário escolar Língua Portuguesa.** 4 ed. São Paulo. Melhoramentos, 2020.

MATWEB Material Property Data. **AISI 1020 Steel, cold rolled**. Disponível em: <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=10b74ebc27344380ab16b1b69f1cfffbb&ckck=>. Acesso em: 31 dez. 2021.

A importância do estoque em peças de reposição. **NATREB Soluções Inteligentes Para a Indústria**. Santa Catarina. 12 de mar. 2020. Disponível em: <https://natreb.com/a-importancia-do-estoque-em-pecas-de-reposicao/#:~:text=O%20estoque%20de%20pe%C3%A7as%20de,da%20empresa%20perante%20seus%20clientes>. Acesso em: 20. dez. 2021

A importância do investimento em peças e equipamentos de boa qualidade e sua manutenção. **MONFERRATO Soluções em Ferro e Aço**, Morro da Fumaça, 9 de jan. de 2020. Disponível em: <https://monferrato.com.br/a-importancia-do-investimento-em-pecas-e-equipamentos-de-boa-qualidade-e-sua-manutencao/>. Acesso em: 21 dez. 2021.

FONTANINI, R. A. M. **Implementação de Planos de Manutenção Para Uma Linha de Envasamento em uma Cervejaria dos Campos Gerais (PR)**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, Paraná, 2018.

GOMES, Luciano. **A Gestão de Ativos como Fator Estratégico para a Indústria**. In: Aquila Consultoria. Aquila. São Paulo, 13 nov. 2020. Disponível em: <https://www.aquila.com.br/a-gestao-de-ativos-como-fator-estrategico-para-a-industria/>. Acesso em: 4 jan. 2022.

GOULART, Mateus de Souza. **Viabilidade e Substituição de Máquinas de Usinagem**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, Paraná, 2018.

JANFRONE, A. S.; CAMPOS, R. R. de. **GESTÃO DE ESTOQUE DE PEÇAS SOBRESSALENTES: um estudo de caso para redução de horas de máquina parada em uma indústria do ramo metalúrgico**. Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 613-624, 2020. DOI: 10.31510/infa.v17i1.765. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/765>. Acesso em: 2 jan. 2022.

LOPES, J. N., ALMEIDA, M. H. R. **Análise da Interdependência Entre Indicadores de Desempenho Aplicados na Manutenção de Equipamentos Móveis de Mineração**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí. Tucuruí, Pará, 2018.

OLIVEIRA, PABLO EDSON SOUZA DE; COSTA, RAFAEL SILVA. **Projeto e Construção de uma Mesa Funcional Para Manufatura Aditivada por Deposição a Arco**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Pará. Tucuruí, Pará, 2021.

PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de Manutenção: Teoria e Prática**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2019. p. 17-18.

PETTERSON, C.A. **Gestão Estratégica de Sobressalentes**. Curitiba, Paraná, nov. 2015. **Reliability Weibull**. Disponível em: <https://reliabilityweibull.wordpress.com/2015/11/28/gestao-estrategica-de-sobressalentes/>. Acesso em: 23 dez. 2015.

POLASTRINI, Fernando Henrique. **Desenvolvimento de uma Máquina CNC de Baixo Custo com Software e Hardware Abertos**. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Federal de Minas Gerais. Formiga, Minas Gerais, 2016.

REBEYKA, C. **Comando Numérico Computadorizado: Introdução Teórica**. Curso de Programação CNC. 2008.

ROMI. **Centros de Usinagem Vertical Linha ROMI D**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.romi.com/produtos/linha-romi-d/>. Acesso em 31/12/2021.

ROMI. **Linha CENTUR tornos CNC**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.romi.com/produtos/linha-centur/>. Acesso em 31/12/2021.

SCHWAIZER, Pedro Henrique. **Análise da Qualidade Superficial no Fresamento em Raio com Ferramenta de Ponta Esférica**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, 2018.

SLACK, Nigel; JOHNSTON, Robert; CHAMBERS, Stuart. **Administração da Produção: 4º Ed**. São Paulo: Atlas, 2008.

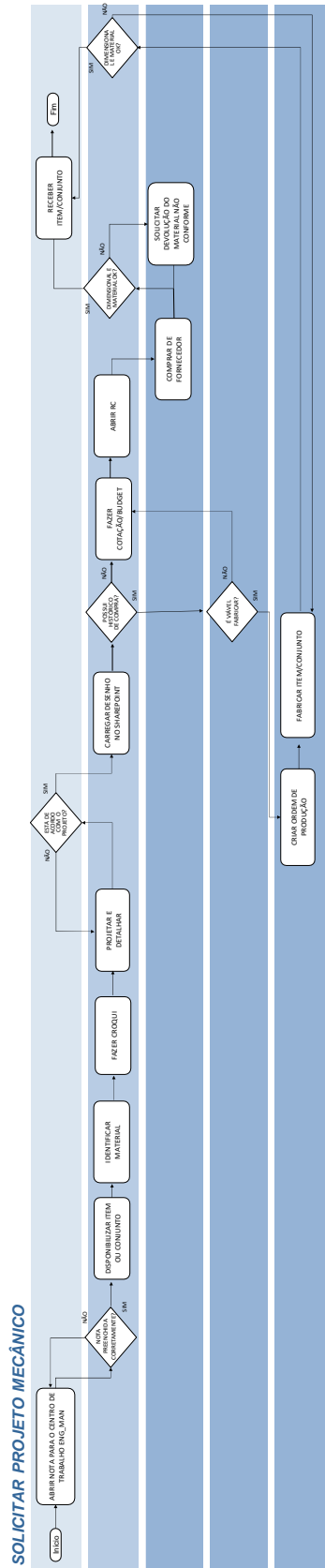
SOUZA, A. J. **Aplicação de multisensores no prognóstico da vida da ferramenta de corte em torneamento**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

SUZANO SA. **Procedimento Geral: Planejamento e Programação dos serviços de Manutenção**. 2021.

TELES, Jhonata. **Gestão de Estoque para Manutenção**. In: Jhonata Teles. ENGETELES. Brasília, 6 fev. 2018. Disponível em: <https://engeteles.com.br/gestao-de-estoque-para-manutencao/>. Acesso em: 16 dez. 2021.

WANKE, P. **Gestão de estoques de peças de reposição de baixo giro**. 2004. Disponível em: <http://www.ilos.com.br/web/gestao-de-estoques-de-pecas-de-reposicao-de-baixo-giro/>. Acesso em: 23 dez. 2021.

APÊNDICE A – FLUXO DE SOLICITAÇÃO DE PROJETOS MECÂNICOS



APÊNDICE B – CRONOGRAMA DE EXPANSÃO DAS ORDENS DE PRODUÇÃO

Cronograma Ordem de Produção - Usinagem Rollout - MA/SP/MS/MA Imperatriz Industrial								
% Previsto	% Realizado	Nome da tarefa	Transação	Responsável	Início/Prev	Fim/Prev	Início/Real	Fim/Real
		FASE 1 Configurações MM_PP_PM_CO Desenvolvidos de CO						
100%	100%	Apresentação do Projeto para os usuarios SP/MA/MS/MA Imperatriz		Zenaldo Almeida	12/01/2021	12/01/2021		
100%	100%	Validação do BBP do projeto Rollout Ordem Usinagem		Zenaldo Almeida	13/01/2021	13/01/2021		
100%		Configurações para Tipo de Ordem Produção Centros 5400		PP	21/06/2021	21/06/2021		
100%		Configurações para Tipo de Ordem Manutenção Centros		Eduardo Irie	21/06/2021	21/06/2021		
100%		Verificar Configurações de CO		Sergio Navarrete	22/06/2021	22/06/2021		
100%		Ajustar Programas de Custos		Sergio Navarrete	23/06/2021	23/06/2021		
100%		Teste do Perfil do usuário			23/06/2021	23/06/2021		
		FASE 2 - Testes Unitarios - Usuarios						
100%		Criar Material	MM01	MM	21/07/2021	21/07/2021		
100%		Criar Classificação do Material	CL01	PP	21/07/2021	21/07/2021		
100%		Cadastrar centro de trabalho	CR01	PP	22/07/2021	22/07/2021		
100%		Cadastrar Lista técnica	CS01	PP	22/07/2021	23/07/2021		
100%		Cadastrar Roteiro	CA21	PP	23/07/2021	23/07/2021		
100%		Criar ordem de produção	CO01	PP	23/07/2021	23/07/2021		
100%		Liberar ordem de produção	CO02	PP	23/07/2021	23/07/2021		
100%		Apontamento de Produção	MB31	PP	23/07/2021	23/07/2021		
100%		Confirmar ordem de produção	MB1A	PP	23/07/2021	23/07/2021		
100%		Criar Ordem de manutenção para Consumo Estoque	IV31	PM	26/07/2021	27/07/2021		
100%		Consumo de material na Ordem de manutenção	IV32	PM	26/07/2021	27/07/2021		
100%		Encerrar Ordem Manutenção	IV32/IV38	PM	27/07/2021	30/07/2021		
100%		Liquidar a ordem - CO	KO88 - Automática	CO	02/08/2021	03/08/2021		
100%		Executar o relatório dos rateios dos centros de custos produtivos	ZCO009	CO	04/08/2021	12/08/2021		
100%		Executar os índices estatísticos	ZCO009	CO	12/08/2021	13/08/2021		
100%		Transferencias da planta produtiva para os Centros não Produtivos	MB1B	PPfiscal	12/08/2021	12/08/2021		
100%		Transferencias entre Centros não Produtivos	MB1B	PPfiscal	12/08/2021	12/08/2021		
100%		Executar transferencias entre Estados	MB1B	PPfiscal	12/08/2021	12/08/2021		
100%		Emitir NF de Transferencia	J1B3N	PPfiscal	13/08/2021	13/08/2021		
100%		Liquidar Ordens	KO88	CO	13/08/2021	13/08/2021		
100%		Exibe Logs das Ordens Liquidadas	ZCO186	CO	13/08/2021	13/08/2021		
		FASE 3 - Testes Integrados - Usuarios						
100%		Criar Material	MM01	MM	16/08/2021	18/08/2021		
100%		Criar Classificação do Material	CL01	PP	18/08/2021	20/08/2021		
100%		Cadastrar centro de trabalho	CR01	PP	20/08/2021	20/08/2021		
100%		Cadastrar Lista técnica	CS01	PP	20/08/2021	20/08/2021		
100%		Cadastrar Roteiro	CA21	PP	20/08/2021	26/08/2021		
100%		Criar ordem de produção	CO01	PP	26/08/2021	26/08/2021		
100%		Liberar ordem de produção	CO02	PP	26/08/2021	26/08/2021		
100%		Apontamento de Produção	MB31	PP	26/08/2021	26/08/2021		
100%		Confirmar ordem de produção	MB1A	PP	26/08/2021	27/08/2021		
100%		Criar Ordem de manutenção para Consumo Estoque	IV31	PM	27/08/2021	30/08/2021		
100%		Consumo de material na Ordem de manutenção	IV32	PM	27/08/2021	30/08/2021		
100%		Encerrar Ordem Manutenção	IV32/IV38	PM	30/08/2021	30/08/2021		
100%		Liquidar a ordem - CO	KO88	CO	30/08/2021	01/09/2021		
100%		Executar o relatório dos rateios dos centros de custos produtivos	ZCO009	CO	30/08/2021	01/09/2021		
100%		Executar os índices estatísticos	ZCO009	CO	01/09/2021	06/09/2021		
100%		Transferencias da planta produtiva para os Centros não Produtivos	MB1B	PPfiscal	06/09/2021	07/09/2021		
100%		Transferencias entre Centros não Produtivos	MB1B	PPfiscal	06/09/2021	07/09/2021		
100%		Transferencias entre Estados	MB1B	PPfiscal	06/09/2021	07/09/2021		
100%		Emitir NF de Transferencia	J1B3N	PPfiscal	07/09/2021	08/09/2021		
100%		Liquidar Ordens	KO88	CO	09/09/2021	09/09/2021		
100%		Validação das Ordens Liquidadas/Fechamento		CO	10/09/2021	10/09/2021		
		FASE 4 - KT						
100%		Elaborar KT do CO + PP		CO/PP	13/09/2021	14/09/2021		
100%		Reunião de KT com a equipe de sustain		IRIE	14/09/2021	14/09/2021		
100%		Teste do Perfil do usuário		ZENALDO	15/09/2021	17/09/2021		
		FASE 5 - Change						
100%		EF com coding quality		IRIE	20/09/2021	21/09/2021		
100%		De acordo do usuário		ZENALDO	22/09/2021	22/09/2021		
100%		Elaboração de change		IRIE	23/09/2021	23/09/2021		
		FASE 6 - Go Live / Plano de Cutover						
100%		Cadastro dos Materiais N's	MM01	MM	13/09/2021	17/09/2021		
100%		Criar chamado para o w ebformat		PP	17/09/2021	17/09/2021		
100%		Cadastro do Centro de Trabalho	CR01	PP	20/09/2021	20/09/2021		
100%		Cadastro de Lista Técnica	CS01	PP	20/09/2021	21/09/2021		
100%		Cadastro de Roteiro	CA21	PP	22/09/2021	23/09/2021		
100%		Criar ordem Produção	CO01	PP	27/09/2021	27/09/2021		
100%		Criar ordem Manutenção/Reparo	IV31	PM	28/09/2021	28/09/2021		
100%		Análise dos Centros de Custo	CKMBN KKBC_ORD	CO	Fechamento			
100%		Criar ordem CO Custos	ZCO004	CO	Fechamento			
100%		Revisar os Jobs Liquidação CO		CO	Fechamento			

APÊNDICE C – RESULTADOS ECONOMICOS DA FABRICAÇÃO DE PEÇAS

ABRIL						
FORNECEDOR			FABRICADO			
ITEM	VALOR UNIT.	QTD.	TOTAL	VALOR UNIT.	TOTAL	SAVING
EIXO ACIONADO	R\$ 3.645,18	1	R\$ 3.645,18	R\$ 1.091,54	R\$ 1.091,54	R\$ 2.553,65
EIXO LIVRE	R\$ 2.878,43	1	R\$ 2.878,43	R\$ 1.091,54	R\$ 1.091,54	R\$ 1.786,90
MAIO						
FORNECEDOR			FABRICADO			
ITEM	VALOR UNIT.	QTD.	TOTAL	VALOR UNIT.	TOTAL	SAVING
BUCHAS GRITS	R\$ 6.390,00	10	R\$ 63.900,00	R\$ 4.181,96	R\$ 41.819,58	R\$ 22.080,42
JUNHO						
FORNECEDOR			FABRICADO			
ITEM	VALOR UNIT.	QTD.	TOTAL	VALOR UNIT.	TOTAL	SAVING
BOCAL	R\$ 2.903,95	20	R\$ 58.079,00	R\$ 890,00	R\$ 17.800,00	R\$ 40.279,00
EIXO	R\$ 83.766,72	1	R\$ 83.766,72	R\$ 15.986,00	R\$ 15.986,00	R\$ 67.780,72
TAMPA	R\$ 4.376,23	1	R\$ 4.376,23	R\$ 830,00	R\$ 830,00	R\$ 3.546,23
JULHO						
FORNECEDOR			FABRICADO			
ITEM	VALOR UNIT.	QTD.	TOTAL	VALOR UNIT.	TOTAL	SAVING
SUPORTE	R\$ 3.784,85	15	R\$ 56.772,75	R\$ 620,00	R\$ 9.300,00	R\$ 47.472,75
CALÇO 0,10x240x250	R\$ 169,00	10	R\$ 1.690,00	R\$ 60,00	R\$ 600,00	R\$ 1.090,00
CALÇO 0,20x240x250	R\$ 172,00	10	R\$ 1.720,00	R\$ 60,00	R\$ 600,00	R\$ 1.120,00
CALÇO 0,50x240x250	R\$ 96,00	10	R\$ 960,00	R\$ 65,00	R\$ 650,00	R\$ 310,00
CALÇO 1,00x240x250	R\$ 114,00	10	R\$ 1.140,00	R\$ 70,00	R\$ 700,00	R\$ 440,00
CALÇO 2,00x240x250	R\$ 146,00	10	R\$ 1.460,00	R\$ 85,00	R\$ 850,00	R\$ 610,00
CALÇO 3,00x240x250	R\$ 192,00	10	R\$ 1.920,00	R\$ 110,00	R\$ 1.100,00	R\$ 820,00
MANIVELA	R\$ 17.302,00	3	R\$ 51.906,00	R\$ 3.100,00	R\$ 9.300,00	R\$ 42.606,00
AGOSTO						
FORNECEDOR			FABRICADO			
ITEM	VALOR UNIT.	QTD.	TOTAL	VALOR UNIT.	TOTAL	SAVING
EIXO PORTA REBOLO	R\$ 1.075,90	10	R\$ 10.759,00	R\$ 50,04	R\$ 500,40	R\$ 10.258,60
PINOS	R\$ 175,00	20	R\$ 3.500,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 3.500,00
PARAFUSO ESTOJO	R\$ 112,94	200	R\$ 22.588,00	R\$ 7,20	R\$ 1.440,00	R\$ 21.148,00
PINHÃO	R\$ 20.408,45	1	R\$ 20.408,45	R\$ 12.896,88	R\$ 12.896,88	R\$ 7.511,57
ROLO ESCOVA	R\$ 23.224,42	1	R\$ 23.224,42	0	0	R\$ 23.224,42
SETEMBRO						
FORNECEDOR			FABRICADO			
ITEM	VALOR UNIT.	QTD.	TOTAL	VALOR UNIT.	TOTAL	SAVING
BATENTE INOX	R\$ 623,88	20	R\$ 12.477,60	R\$ 80,00	R\$ 1.600,00	R\$ 10.877,60
PINHÃO	R\$ 115.164,26	2	R\$ 230.328,52	R\$ 2.100,00	R\$ 4.200,00	R\$ 226.128,52
OUTUBRO						
FORNECEDOR			FABRICADO			
ITEM	VALOR UNIT.	QTD.	TOTAL	VALOR UNIT.	TOTAL	SAVING
LINHA DE VIDA	R\$ 1.669,92			R\$ 0,00		R\$ 1.669,92

PLATAFORMA	R\$ 4.174,80		R\$ 0,00	R\$ 4.174,80
MELHORIA	R\$ 1.669,92		R\$ 0,00	R\$ 1.669,92
DISPOSITIVO	834,96		R\$ 0,00	R\$ 834,96
DISPOSITIVO	R\$ 6.262,20		R\$ 0,00	R\$ 6.262,20

NOVEMBRO

	FORNECEDOR			FABRICADO		
	VALOR UNIT.	QTD.	TOTAL	VALOR UNIT.	TOTAL	SAVING
ROLO ESCOVA	R\$ 23.224,42	1	R\$ 23.224,42	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 23.224,42
Rolo de Apoio	R\$ 1.700,00	6	R\$ 10.200,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 10.200,00
EIXO PORTA REBOLO	R\$ 1.039,51	4	R\$ 4.158,04	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 4.158,04
BUCHA GUIA	R\$ 48,00	300	R\$ 14.400,00	R\$ 3,45	R\$ 1.036,20	R\$ 13.363,80
DISTANCIADOR CMW	R\$ 42,55	300	R\$ 12.765,00	R\$ 0,69	R\$ 207,24	R\$ 12.557,76
EIXO ROLETE	R\$ 162,96	180	R\$ 29.332,80	R\$ 6,02	R\$ 1.083,46	R\$ 28.249,34
ROLETE MESA	R\$ 482,95	180	R\$ 86.931,00	R\$ 17,27	R\$ 3.108,60	R\$ 83.822,40

DEZEMBRO

	FORNECEDOR			FABRICADO		
	VALOR UNIT.	QTD.	TOTAL	VALOR UNIT.	TOTAL	SAVING
DESEMPENO D	R\$ 4.600,00	43	R\$ 197.800,00	R\$ 1.900,00	R\$ 81.700,00	R\$ 116.100,00
CUNHA AJUSTE	R\$ 81.543,71	3	R\$ 244.631,13	R\$ 9.000,00	R\$ 27.000,00	R\$ 217.631,13
PROTEÇÃO DO PICADOR	R\$ 2.394,46	17	R\$ 40.705,82	R\$ 1.750,00	R\$ 29.750,00	R\$ 10.955,82
PONTEIRAS DE AR	R\$ 6.420,11	10	R\$ 64.201,10	R\$ 1.450,00	R\$ 14.500,00	R\$ 49.701,10
FERRAMENTA ESPECIAL	R\$ 29.431,97	1	R\$ 29.431,97	R\$ 1.300,00	R\$ 1.300,00	R\$ 28.131,97

APÊNDICE D – RELATÓRIO DIMENSIONAL

		NOME DA PEÇA : eixo oco iges					agosto 26, 2021	10:26
		NÚM REV :	NÚMERO DE SÉRIE :			CONTAGEM ESTADÍSTICA :	1	
#	MM	LOC1 - CÍR1						
AX		NOMINAL	TOL+	TOL-	MED	DESV	FORATOL	
D		89.000	0.100	0.000	89.100	0.100	0.000	
#	MM	LOC2 - CÍR2						
AX		NOMINAL	TOL+	TOL-	MED	DESV	FORATOL	
D		90.000	0.100	0.000	90.191	0.191	0.091	
#	MM	LOC3 - CÍR3						
AX		NOMINAL	TOL+	TOL-	MED	DESV	FORATOL	
D		130.000	0.000	-0.150	129.923	-0.077	0.000	
#	MM	LOC4 - CÍR4						
AX		NOMINAL	TOL+	TOL-	MED	DESV	FORATOL	
D		130.000	0.030	0.010	129.755	-0.245	0.255	
#	MM	LOC5 - CÍR5						
AX		NOMINAL	TOL+	TOL-	MED	DESV	FORATOL	
D		144.000	0.000	-0.030	142.875	-1.125	1.095	
#	MM	LOC6 - CÍR6						
AX		NOMINAL	TOL+	TOL-	MED	DESV	FORATOL	
D		131.000	0.030	0.000	131.004	0.004	0.000	
#	MM	LOC7 - CÍR7						
AX		NOMINAL	TOL+	TOL-	MED	DESV	FORATOL	
D		130.000	0.000	-0.150	129.948	-0.052	0.000	
#	MM	LOC8 - CÍR8						
AX		NOMINAL	TOL+	TOL-	MED	DESV	FORATOL	
D		36.000	0.090	0.030	36.745	0.745	0.655	
#	MM	LOC9 - CÍR9						
AX		NOMINAL	TOL+	TOL-	MED	DESV	FORATOL	
D		36.000	0.090	0.030	36.090	0.090	0.000	
#	MM	LOC10 - CÍR10						
AX		NOMINAL	TOL+	TOL-	MED	DESV	FORATOL	
D		130.000	0.030	0.010	129.985	-0.015	0.025	
#	MM	LOC11 - PLN3						
AX		NOMINAL	TOL+	TOL-	MED	DESV	FORATOL	
Z		73.700	0.150	-0.150	74.119	0.419	0.269	

