

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LAVRAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

PORTFÓLIO ACADÊMICO

MANUTENÇÃO ESTRATÉGICA: TECNOLOGIAS E OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS

**ESTEFANY DE OLIVEIRA
MARCOS VINÍCIUS VALACI FERREIRA
THIAGO HENRIQUE REZENDE**

ESTEFANY DE OLIVEIRA
MARCOS VINÍCIUS VALACI FERREIRA
THIAGO HENRIQUE REZENDE

MANUTENÇÃO ESTRATÉGICA: TECNOLOGIAS E OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS

Portfólio Acadêmico apresentado ao Centro Universitário de Lavras, como parte das exigências da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, no curso de graduação em Engenharia Mecânica.

ORIENTADOR

Prof. M.Sc. Caio Carvalho Pinheiro

LAVRAS-MG
2024

Ficha Catalográfica preparada pelo Setor de Processamento
Técnico da Biblioteca Central do UNILAVRAS

O48m Oliveira, Estefany de.
 Manutenção estratégica: tecnologias e otimização de recursos
 / Estefany de Oliveira, Marcos Vinícius Valaci Ferreira, Thiago
 Henrique Rezende. – Lavras: Unilavras, 2024.

 77f. : il.

 Portfólio acadêmico (Graduação em Engenharia Mecânica) –
 Unilavras, Lavras, 2024.

 Orientador: Prof. Caio Pinheiro Carvalho.

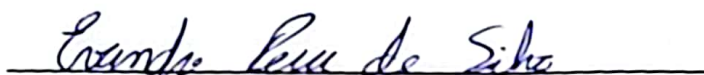
 1. Manutenção de ativos. 2. Realidade aumentada. 3. Gestão de
 projetos. I. Ferreira, Marcos Vinícius Valaci. II. Rezende, Thiago
 Henrique. III. Carvalho, Caio Pinheiro. (Orient.). IV. Título.

Centro Universitário de Lavras – UNILAVRAS

Portfólio intitulado "MANUTENÇÃO ESTRATÉGICA: TECNOLOGIAS E OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS", de autoria dos graduandos Estefany de Oliveira, Marcos Vinícius Valaci Ferreira, Thiago Henrique Rezende, aprovado pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:



Prof. Ms. Caio Pinheiro Carvalho - UNILAVRAS (orientador)



Prof. Dr. Evandro Pereira da Silva - UNILAVRAS (Convidado)



Profa. Dr^a Isadora Cota Carvalho – UNILAVRAS (presidente da banca)

Aprovado em 08 de junho de 2024

DEDICATÓRIA

A Deus toda a Glória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me feito chegar até aqui. Agradeço a minha mãe Cleuza de Fatima Oliveira e meus familiares que sempre acreditaram em mim, dando-me seu total apoio ao longo destes anos. Meus agradecimentos também para meus orientadores, Prof. Caio Pinheiro e para Prof.^a Isadora Cota Carvalho, pela paciência e orientação. A toda a Comunidade Acadêmica, aos professores e amigos que fiz durante essa trajetória na faculdade, bem como à banca examinadora, meus sinceros agradecimentos. Muito obrigado por fazerem parte da minha vida, pelos ensinamentos, apoio e incentivo que contribuíram para meu crescimento profissional.

Estefany de Oliveira

A Deus por me capacitar e proporcionar condições pelas quais sem Ele certamente não poderia concluir mais esta graduação. A minha família, em especial as minhas amadas vó Cici, tias Lena e Lúcia que me ensinaram o caminho pelo qual devo andar. Minha amada noiva Lina e minha pequena Alice (filha de quatro patinhas), necessárias em todo tempo por me ajudarem a suportar a jornada dentro e fora do ambiente acadêmico.

Faço menção ao Orientador Caio pela orientação, bem como as suas disciplinas ministradas. Professores Isadora e Evandro, atuantes em disciplinas essenciais ao longo do curso contribuindo para a conscientização e os benefícios da Engenharia.

Aos colegas das Engenharias, nos encontraremos em algum momento da vida.

Obrigado!

Thiago Henrique Rezende

*Consagre ao Senhor tudo o que você faz,
e os seus planos serão bem-sucedidos.
Provérbios de Salomão 16:3.*

LISTAS DE SIGLAS

5W1H – *What, Where, When, Why, How*

5W2H - *What, Where, When, Why, How e How Much*

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM – *American Society for Testing and Materials*

EDS – Espectroscopia por Energia Dispersiva

EIP – Equipamento Individual de Proteção

EPI – Equipamento de Proteção Individual

EPC – Equipamento de Proteção Coletiva

Hz - Hertz

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

ISO – *International Organization for Standardization*

LP – Líquido Penetrante

LR – Líquido Revelador

MG – Minas Gerais

mm – Milímetro

MHz - Mega-hertz

MTIC – Ministério do Trabalho Indústria e Comércio

MTR – Manifesto de Transporte de Resíduos

NPS – Net Promoter Score

NR – Norma Regulamentadora

PDCA – *Plan, Do, Check, Action*

POMAN – Procedimento de Manutenção

SAP - *System Applications and Products in Data Processing*

SASSMAQ – Sistema de Avaliação de Saúde, Segurança, Meio Ambiente e Qualidade

SRTTFLO – Semirreboque Tritrem Florestal

T – Tonelada

UPER – Unidade de Produção de Energia Renovável

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Demonstração do HoloLens.....	16
Figura 2 – Ilustração Trimble XR10.....	19
Figura 3 - Divisão das etapas de implementação do projeto Trimble XR10 com HoloLens.	23
Figura 4 - Instruções de vestimenta e uso do capacete.	24
Figura 5 – (A) Interface de calibração do HoloLens quando do primeiro uso e (B) interação com o aplicativo via hologramas (imagem à direita).	25
Figura 6 - Barra de menus do HoloLens.	26
Figura 7 - Primeiro teste com o HoloLens	26
Figura 8 - Teste com o HoloLens.....	27
Figura 9 - Teste com o HoloLens na máquina	27
Figura 10 - Sincronização da Starlink.....	29
Figura 11 - Página inicial do aplicativo da Starlink.	30
Figura 12 - Linha do tempo da evolução da empresa desde a fundação até os dias atuais.....	32
Figura 13 - Tela inicial do aplicativo.	34
Figura 14 - Comparativo de modelo de gestão tradicional de projetos versus modelo ágil.....	36
Figura 15 - Visualização de fluxo de trabalho contínuo Scrum.....	37
Figura 16 - Diferença entre projeto e produto.....	38
Figura 17 - Visão macro da cadeia de valor do produto do carro por assinatura e a jornada do carro.	39
Figura 18 - Funil de vendas genérico.	39
Figura 19 - Fluxo de recebimento de pedidos até a entrega do carro, anterior à utilização do carro pelo cliente.....	40
Figura 20 - Fluxo de desativação, após a utilização do carro pelo cliente.	40
Figura 21 - Pergunta origem do NPS e cálculo detalhado.	42
Figura 22 - Manutenção Corretiva não planejada.	48
Figura 23 - Pilares e ferramentas da Manutenção Prescritiva.....	51
Figura 24 - Viga do Eixo.....	56
Figura 25 - Eixo montado.	56

Figura 26 - Modelos de vigas de eixo.....	57
Figura 27 - Eixo no sistema explodido sendo montado.....	57
Figura 28 - Roda montada.	58
Figura 29 - Croqui de SRTTFLO.	59
Figura 30 - Ponta do eixo quebrada.	59
Figura 31 - Soltura do rodado sem quebra do eixo.	59
Figura 32 - Demonstração da ponta do eixo e indicação de possíveis fraturas.	60
Figura 33 - Gráfico de Ishikawa.....	61
Figura 34 - Plano de ação pelo 5W1H.....	62
Figura 35 - Princípios básicos da inspeção de materiais por ultrassom.....	67
Figura 36 - Ensaio por ultrassom.....	68
Figura 37 – Porca Castelada.....	70
Figura 38 - Porca Castelada instalada no cubo.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Plano de ação 5W2H para implementação do HoloLens	22
Tabela 2 - Plano de ação 5W2H: Primeira fase	23
Tabela 3 - Plano de ação para a segunda fase de implementação do HoloLens.....	28
Tabela 4 - Tipos de manutenções, vantagens e desvantagens.	52
Tabela 5 - Procedimento operacional de Manutenção Preventiva e Corretiva.....	53
Tabela 6 - PBI para a Programação de Manutenção Preventiva..	55

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	DESENVOLVIMENTO.....	15
2.1	Desenvolvimento da aluna Estefany de Oliveira	15
2.1.1	Apresentação do tema	15
2.2	Referencial teórico.....	16
2.2.1	Manutenção Corretiva	16
2.2.2	Manutenção Preventiva.....	17
2.2.3	Manutenção Preditiva.....	17
2.3	Projeto Trimble XR10 com HoloLens	17
2.3.1	Plano de ação para a implementação do capacete.....	21
2.3.2	Implementação do projeto Trimble XR10 com HoloLens 2	22
2.3.2.1	Fase 1: treinamento dos mecânicos para o uso do equipamento	23
2.3.2.1.1	Ajuste do capacete no usuário	24
2.3.2.1.2	Interface do software	25
2.3.2.1.3	Uso dos aplicativos.....	25
2.3.2.1.4	Teste prático.....	26
2.3.2.2	Fase 2: internet no campo.....	28
2.3.2.2.1	Escolha de uso de antena via satélite: Starlink	28
2.3.2.2.2	Identificação do problema de conexão com a antena de rede	29
2.3.2.2.3	Ativação da nova antena no aplicativo do usuário	30
2.3.2.3	Fase 3: Fase de testes finais – validação da tecnologia em campo.....	31
2.4	Desenvolvimento do aluno Marcos Vinícius Valaci Ferreira.....	32
2.4.1	A empresa	32
2.4.2	Contextualização do negócio	33
2.4.3	Fundamentos de gestão de projetos e gestão ágil.....	34
2.4.4	Gestão de produtos digitais.....	37
2.4.5	Diferença entre projeto e produto.....	38
2.4.6	Vivência geral.....	38
2.4.6.1	Vendas	39
2.4.6.2	Gestão de ativos	40
2.4.6.3	Faturamento	41

2.4.6.4	Aplicativo	41
2.4.6.5	Fim do <i>job rotation</i>	42
2.5	Desenvolvimento do aluno Thiago Henrique Rezende.....	44
2.5.1	Contextualização das minhas atividades.....	44
2.5.2	Manutenção: evolução e interface.....	44
2.5.3	Tipos de manutenção	46
2.5.3.1	Manutenção Corretiva	47
2.5.3.2	Manutenção Preventiva	48
2.5.3.3	Manutenção Preditiva.....	50
2.5.3.4	Manutenção Detectiva.....	50
2.5.3.5	Manutenção Prescritiva	51
2.5.4	Processo de manutenção dentro da empresa	52
2.5.5	Estudo de caso - Sistema de quebra de ponta de eixo e soldura do rodado	55
2.5.5.1	Verificação com Líquidos penetrante e revelador	62
2.5.5.2	Ensaio com ultrassom	67
2.5.5.3	Análise por ensaio metalográfico	68
2.5.5.4	Instalação da porca castelada com trava	69
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
	REFERÊNCIAS.....	75

1. INTRODUÇÃO

O presente portfólio traz as experiências adquiridas por nós, alunos do curso de Engenharia Mecânica, em nossas atividades laborais e destaca cada fase dessas vivências, os quais serão discorridos a seguir.

Eu, Estefany de Oliveira, neste portfólio, relatarei sobre a implementação de um projeto no qual trabalhei, que será aplicado na manutenção de máquinas agrícolas. A manutenção em máquinas agrícolas é crucial para assegurar a eficiência e a segurança das operações. Com a crescente complexidade desses equipamentos, torna-se cada vez mais claro a necessidade de soluções inovadoras para facilitar o trabalho dos técnicos de manutenção. Nesse cenário, o projeto do capacete de realidade aumentada (RA), surge como uma ferramenta transformadora. O intuito do projeto vai desde o diagnóstico rápido até o suporte remoto e treinamentos avançados. Os capacetes de RA estão redefinindo os padrões de eficiência e segurança na manutenção de máquinas agrícolas.

Eu, Marcos Vinícius Valaci Ferreira, realizei meu estágio e fui contratado em uma empresa de locação de carros, na área de tecnologia, no segmento de assinatura de carros para pessoas físicas e jurídicas com frota abaixo de dez carros.

Eu, Thiago Henrique Rezende, irei descrever as vivências dentro de uma empresa multinacional, no ramo de Transporte e Logística com sede em Lavras – MG. Um estudo de caso sobre a resolução de quebra de ponta de eixo e solda de rodado de equipamentos semirreboques Tritrens Florestais que transportam madeira longitudinal. Este estudo está atrelado ao ganho acadêmico das matérias lecionadas nestes dez períodos.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Desenvolvimento da aluna Estefany de Oliveira

O tema apresentado neste portfólio é um projeto no qual participei em uma empresa multinacional do setor florestal. Situada na cidade de Capelinha-MG, a empresa conta com mais de 1000 funcionários diretos, e sua principal atividade é a colheita e a queima de Eucalipto para a produção do carvão vegetal.

Fundada 1944, surgiu como um player global em aços inoxidáveis, elétricos e carbono especial. Hoje, são mais de 30 escritórios em todo o mundo, com atuação voltada para soluções em aços especiais e desenvolvimento sustentável. No Brasil, está presente nas cidades de São Paulo, Belo Horizonte, Timóteo, Capelinha, Minas Novas, Itamarandiba, Veredinha e Turmalina. São mais de 70 anos de história marcados por inovação, agilidade e liderança.

2.1.1 Apresentação do tema

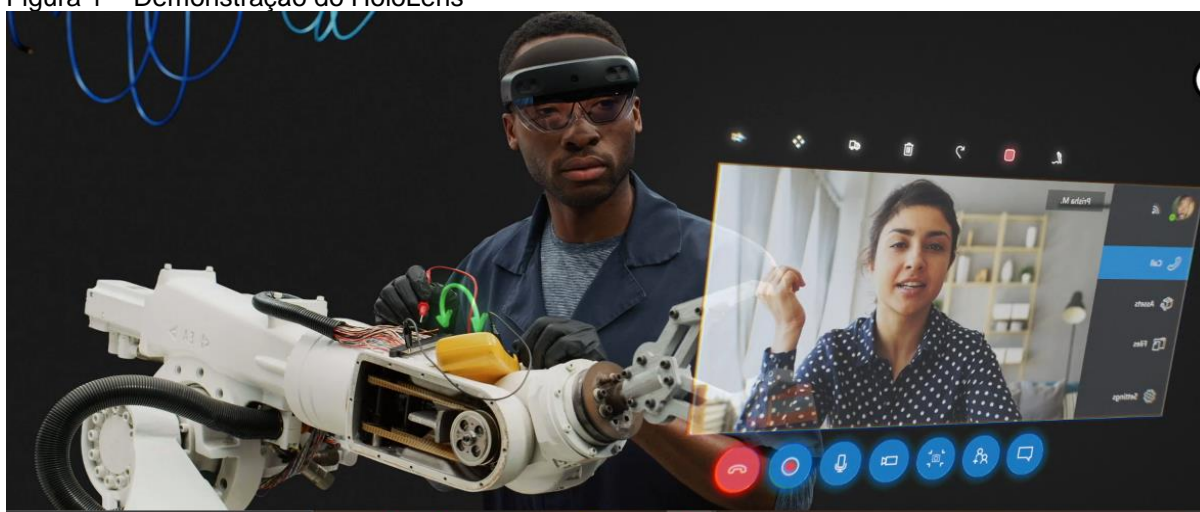
Hoje, a disputa em um cenário que é extremamente competitivo e a procura pelo aumento da disponibilidade dos equipamentos, faz com que as empresas invistam em tecnologias e em gestões que lhes garantam melhores resultados. O setor florestal está em crescente evolução, com máquinas capazes de aumentar a produtividade, mas, que necessitam de sistemas e ferramentas adequadas para que possam extrair o seu máximo desempenho (Rodrigues, 2018).

Atualmente, estou trabalhando em um projeto de implementação de um capacete de realidade aumentada, designado Projeto Trimble XR10 com HoloLens, para manutenção corretiva. Com o HoloLens, pretende-se otimizar o tempo de máquina parada e a qualificação de mão de obra especializada.

O capacete de realidade aumentada é a junção de um capacete de segurança com um óculo de realidade virtual aumentada. A realidade aumentada é o conceito que mistura elementos do mundo real com os da realidade virtual, permitindo que objetos, menus e ferramentas físicas e virtuais possam ser utilizados normalmente por meio de gestos (Azuma, 2001). Estas funcionalidades têm feito desta tecnologia uma importante ferramenta no contexto da manutenção.

A realidade mista é uma ferramenta que proporciona aos profissionais da área uma nova visão para a manutenção, fornecendo a capacidade de visualizar de forma holográfica o interior de uma máquina, proporcionando uma ideia de como realizar a manutenção dos elementos projetados. Esta tecnologia também tem sido explorada em outros ramos da engenharia, como a manutenção de braços robóticos, conforme mostra a Figura 1 a seguir.

Figura 1 – Demonstração do HoloLens



Fonte: Microsoft [s.d.].

2.2 Referencial teórico

2.2.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é uma abordagem reativa que busca corrigir falhas ou problemas após sua ocorrência. Ela se divide em duas categorias: não planejada e planejada. A manutenção corretiva não planejada ocorre de forma emergencial e aleatória, após, uma quebra inesperada, o que resulta em altos custos devido às perdas na produção e possíveis danos adicionais (Kardec; Nascif, 2009). Já a manutenção corretiva planejada, embora ainda reativa, permite uma intervenção mais organizada, utilizando parâmetros observados pela manutenção preditiva Kardec & Nascif (2009). É crucial identificar e eliminar as causas fundamentais das falhas para reduzir os custos e impactos negativos (Xenos, 1998).

2.2.2 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva busca evitar falhas e quedas de desempenho por meio de intervenções planejadas em intervalos de tempo pré-definidos (Xenos, 1998). Ela permite um gerenciamento eficaz das atividades, previsibilidade no consumo de materiais e nivelamento dos recursos, mas pode exigir a retirada temporária de equipamentos para execução das atividades (Kardec; Nascif, 2009).

Apesar de sua implementação nem sempre ser direta devido à falta de dados precisos dos fabricantes e às condições ambientais, investir em manutenção preventiva justifica-se pela redução das falhas e aumento da disponibilidade dos equipamentos (Xenos, 1998).

2.2.3 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva maximiza a disponibilidade dos equipamentos por meio do acompanhamento contínuo de variáveis e parâmetros de desempenho, permitindo intervenções no momento ideal (Machado; Otani, 2008). Visa prevenir falhas através do rastreamento de parâmetros, minimizando intervenções desnecessárias (Kardec; Nascif, 2009). A detecção precoce de anomalias possibilita diagnósticos antecipados e ações corretivas no momento adequado (Sellito; Toazza, 2015).

Técnicas como análise de vibração, termografia e ferrografia monitoram o estado dos equipamentos de forma não invasiva, identificando problemas antes que se tornem falhas graves (Sellito; Toazza, 2015). Essa abordagem não apenas aumenta a disponibilidade dos equipamentos, mas também reduz custos e minimiza danos causados por falhas (Carvalho, 2010).

2.3 Projeto Trimble XR10 com HoloLens

O projeto vem para resolver um problema do tempo de parada das máquinas por motivo de manutenção corretiva, que, como descrita por diversos autores, é uma abordagem reativa que se concentra na correção de falhas ou problemas identificados após sua ocorrência. Ela reflete uma realidade onde as intervenções

ocorrem somente em resposta a eventos imprevistos ou quando a deterioração da estrutura é evidente (Beliches, 2000).

Cada vez mais se tem usado a tecnologia para otimizar o tempo de parada na manutenção. Este projeto tem o objetivo de otimizar o tempo de parada das máquinas e qualificar a mão de obra. O HoloLens tem um potencial muito grande dentro da manutenção. No nosso caso, ele será usado para fazer a interação entre o técnico e o mecânico por intermédio de vídeo chamada.

Hoje, o setor florestal conta com um maquinário de ponta e estes maquinários requerem uma mão de obra mais especializada e cara, o projeto vem para ajudar a sanar este problema.

O projeto vai ser implementado dentro da manutenção corretiva planejada. Embora planejada, essa abordagem ainda responde a falhas já ocorridas, mas seu planejamento prévio permite uma intervenção mais organizada, ao contrário da não planejada, onde as ações são realizadas de maneira aleatória e emergencial após a ocorrência de uma quebra inesperada. Essa última abordagem, como destacado por Kardec & Nascif (2009), resulta em altos custos devido às perdas na produção, qualidade e aos possíveis danos adicionais aos equipamentos.

Como a empresa tem muitos talhões de eucalipto distribuídos na região de Capelinha. Muitas vezes a máquina estraga em um talhão distante da fábrica. Considerando o tempo de deslocamento, isso aumenta o tempo improdutivo e, conseqüentemente, gera um ônus financeiro para a empresa.

O capacete vai ser utilizado nestas ocasiões, permitindo que o mecânico consiga uma comunicação direta com o técnico através do capacete pela função de chamada de vídeo do HoloLens.

A Figura 2 ilustra a imagem do Trimble XR10 com HoloLens, que é um capacete de segurança com os óculos de realidade virtual aumentada. A realidade aumentada é definida como "um sistema com uma combinação de objetos reais e virtuais dentro de um ambiente real, no qual estes coexistem alinhados", destacando a integração harmoniosa entre elementos virtuais e físicos (Azuma, 2001).

Na disciplina de Manutenção Industrial foi ensinado o quanto a manutenção é essencial para garantir a operação segura, eficiente e sustentável dos equipamentos

e sistemas industriais, contribuindo para o sucesso e a competitividade das organizações em diversos setores.

Figura 2 – Ilustração Trimble XR10 com HoloLens



Fonte: Google [s.d.].

O projeto da Trimble XR10 com HoloLens atende a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em específico a Norma Regulamentadora 06 (NR) de Equipamento de Proteção Individual (EPI).

A segurança no trabalho é uma forma de proteger a vida e sempre esteve presente ao longo da evolução humana, mesmo nos momentos mais difíceis. Os fundamentos da segurança no trabalho existem desde tempos muito remotos.

Embora os primeiros seres humanos não soubessem nomear os EPIs, que visavam proteger sua integridade física e mental durante as caçadas, já utilizavam recursos como vestimenta feita de peles de animais para se protegerem contra mordidas de animais venenosos e contra as condições climáticas extremas da época (Fernandes, 2018).

Conforme Fernandes (2018), o termo original para EPI foi Equipamentos Individuais de Proteção (EIP), conforme estabelecido pela Portaria do Ministério do Trabalho Indústria e Comércio (MTIC) nº 319, de 30 de dezembro de 1960. Esse foi o primeiro documento oficial a exigir um Certificado de Aprovação para os EPIs.

Com o avanço dos EPIs, a segurança no trabalho também evoluiu, especialmente a partir da Revolução Industrial, e ganhou destaque nas NRs, particularmente na NR 06.

Segundo ABNT – NBR 8221:2019, existem basicamente dois tipos de capacetes de segurança: Classe A e Classe B. A escolha do modelo ideal depende das condições do ambiente de trabalho e dos riscos aos quais os trabalhadores estarão expostos. Os capacetes de Classe A são recomendados para uso geral, sendo os mais comuns na construção civil. Eles também são apropriados para trabalhos em altura, como resgate, alpinismo e atividades em ambientes florestais, mas não devem ser usados em trabalhos com rede elétrica. Por outro lado, os capacetes de Classe B possuem isolamento elétrico e são bastante semelhantes aos de Classe A em termos de forma e composição.

De acordo com a NR 06, que trata do EPI, entende-se por EPI qualquer dispositivo ou produto de uso individual utilizado pelo trabalhador para proteger-se de riscos que possam ameaçar sua saúde e segurança no ambiente de trabalho. A NR 06 especifica as situações em que as empresas são obrigadas a fornecer esses equipamentos. É dever de o empregador fornecer gratuitamente aos empregados EPIs adequados aos riscos, em perfeito estado de conservação e funcionamento, nas seguintes situações: quando as medidas gerais não oferecem proteção completa contra acidentes de trabalho ou doenças ocupacionais; enquanto as medidas de proteção coletiva estão sendo implementadas; e em situações de emergência (Alves, 2013).

Os EPIs devem ser fornecidos gratuitamente por todas as empresas. Segundo o item 6.6.1 da NR 06, o empregador deve exigir que seus empregados utilizem os EPIs fornecidos, desde que estejam alinhados aos riscos de cada atividade. Cabe ao empregador providenciar treinamento e orientação sobre o uso adequado e a conservação dos EPIs, quando necessário. Antes de adquirir EPIs para os empregados, é importante verificar o certificado de aprovação, que garante que o equipamento atende aos padrões legais (Goulart, 2017).

Os trabalhadores também têm responsabilidades em relação aos EPIs, incluindo usá-los apenas para o propósito destinado, cuidar de sua conservação e a

guarda, comunicar ao empregador qualquer dano ou alteração que comprometa seu uso, e seguir todas as instruções do empregador sobre seu uso (Brasil, 2009).

Na disciplina de segurança do trabalho, foi ensinado sobre a ABNT, além de como identificar e avaliar riscos no ambiente de trabalho, implementar medidas de prevenção e controle e entender a legislação e normas de segurança e na disciplina de automação industrial foi ensinado sobre a indústria 4.0 e uso da tecnologia para resolução de problema.

2.3.1 Plano de ação para a implementação do capacete

O plano de ação escolhido para a implementação do uso de capacetes de realidade aumentada foi através da metodologia do *Who, What, Where, When, Why, How, e How Much* (5W2H), porque ele adota uma abordagem estruturada e simples, alinhada com os princípios da gestão de projetos. Ele define objetivos claros, identifica pontos importante, planeja recursos e cronograma, e prevê avaliação contínua e ajustes antes da implementação em larga escala.

O 5W2H é uma ferramenta de gestão que foi desenvolvida para resolver problemas que ocorrem nos processos metodológicos das empresas. De acordo com Lucinda (2016), ela funciona como um *checklist* de atividades bem claras e definidas que devem ser realizadas em um projeto. Essa ferramenta tem a propriedade de resumir as atividades diárias e, por conseguinte, auxilia no planejamento, distribuição de afazeres, definir os itens que estarão contidos em um plano de ação, bem como registrar e estipular prazos para a sua concretização.

A Tabela 1 descreve o plano de ação estabelecido para a implementação do HoloLens e está diretamente relacionada a matéria de Gestão de Projetos. A ferramenta de planejamento é conhecida como 5W2H. Essa ferramenta é utilizada para definir, planejar e implementar projetos de maneira eficaz. Ao aplicar a 5W2H, a equipe pode garantir que todos os aspectos importantes do planejamento e execução do projeto sejam considerados, resultando em uma maior probabilidade de sucesso.

Tabela 1 - Plano de ação 5W2H para implementação do HoloLens.

Plano de ação: Implementação do HoloLens na manutenção	
O quê	Implementação de uso do capacete de realidade aumentada para otimizar os processos de manutenção
Por que	Para melhorar a eficiência, segura e precisão das atividade de manutenção, reduzir o tempo de inatividade das máquinas.
Onde	Na manutenção de máquinas no campo
Quando	O projeto começou no início do ano, teve alguns contratempos por causa do modelo da antena, mas tá previsto para ser concluído no fim do ano.
Quem	Coordenadora de manutenção, supervisor de manutenção, técnico de manutenção, mecânico e estagiária

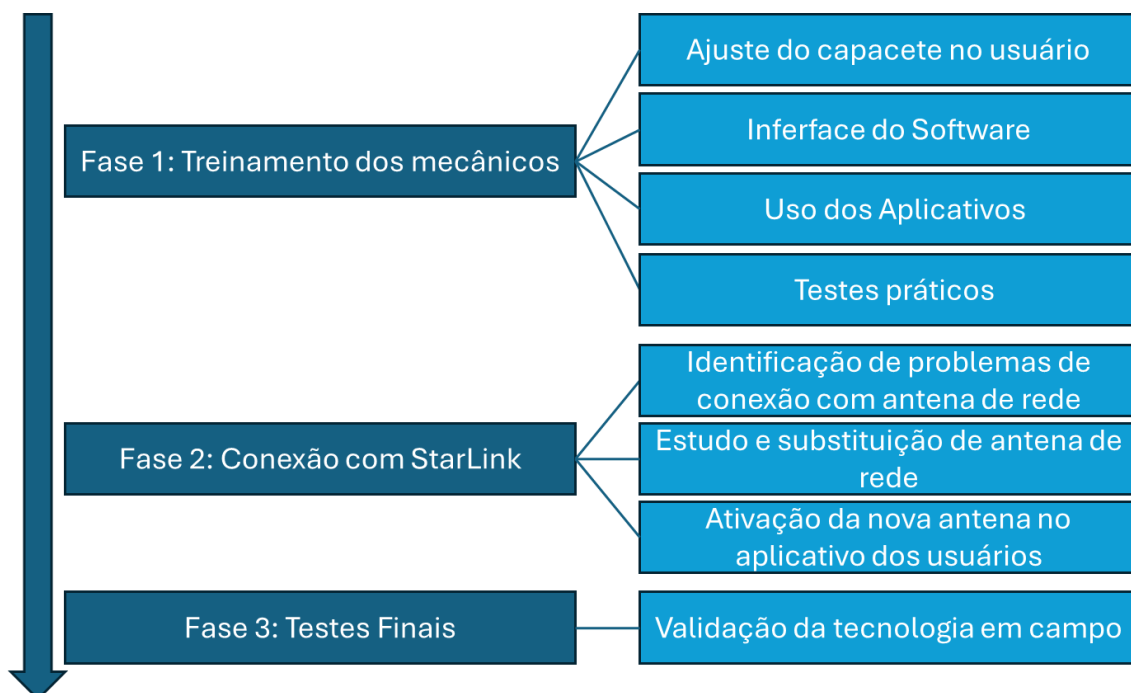
Fonte: Da autora (2024).

Na disciplina de Gestão de Projeto foi ensinado a planejar, executar e finalizar projetos de maneira eficiente e eficaz, garantindo que os objetivos sejam alcançados dentro do prazo e do orçamento estabelecidos. Aprendi algumas ferramentas que facilitam o planejamento do projeto com a 5WH2, utilizado neste projeto.

2.3.2 Implementação do projeto Trimble XR10 com HoloLens 2

A implementação do projeto foi dividida em três partes, como pode ser observado no diagrama ilustrado na Figura 3: O treinamento dos mecânicos usando HoloLens, a conexão com a internet no campo para a conexão do HoloLens, visto que o projeto é para atender ao maquinário no campo, e os testes finais.

Figura 3 - Divisão das etapas de implementação do projeto Trimble XR10 com HoloLens.



Fonte: Da autora (2024).

2.3.2.1 Fase 1: treinamento dos mecânicos para o uso do equipamento

Foi criado um plano de ação para o treinamento dos mecânicos utilizando o método 5WH2, como é mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Plano de ação 5W2H: Primeira fase.

Plano de ação: Para a primeira fase	
O quê	treinar os mecânicos para o uso do capacete de realidade aumentada aplicada na manutenção
Por que	introduzir uma nova tecnologia, que otimizara o tempo de manutenção
Onde	Oficina da UPER Pontal
Quando	No mês de abril de 2024
Quem	estagiário

Fonte: Da autora (2024).

Nesta fase, foi apresentada aos mecânicos a interface do HoloLens e realizados treinamentos para que eles pudessem se familiarizar com o software. Na ocasião, enfrentamos algumas dificuldades com a adaptação e a interação com o software. Um dos grandes limitantes para a adaptação dos usuários foi a interação com os hologramas projetados pelo equipamento.

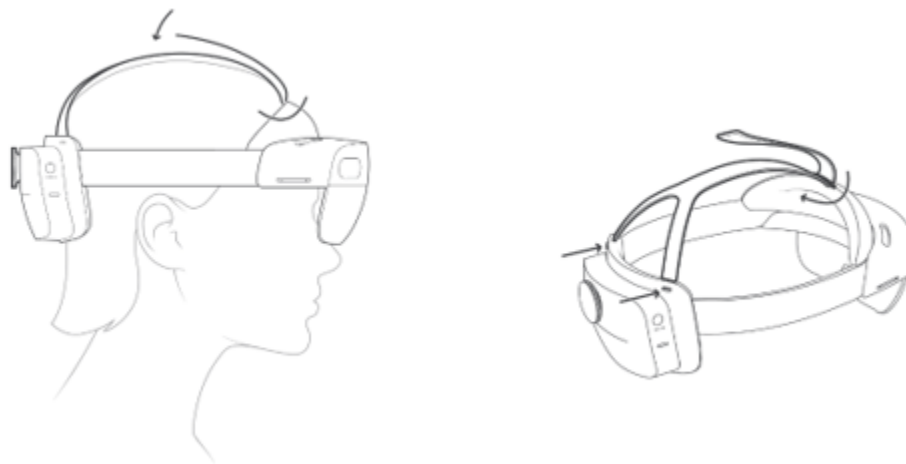
Durante os treinamentos, as instruções foram repassadas aos futuros usuários. Estas também podem ser encontradas na página oficial da Microsoft (Microsoft, 2024).

2.3.2.1.1 Ajuste do capacete no usuário

Para ajustar o capacete posicione os HoloLens sobre sua cabeça. Se estiver usando óculos, não é necessário removê-los. Certifique-se de que o suporte se ajuste confortavelmente em sua testa, enquanto a faixa traseira se encaixa na parte de trás da sua cabeça. Se necessário, estenda a *headband* girando a roda de ajuste e então solte a faixa sobre a cabeça.

A Figura 4 mostra como colocar e regular o capacete na cabeça.

Figura 4 - Instruções de vestimenta e uso do capacete.

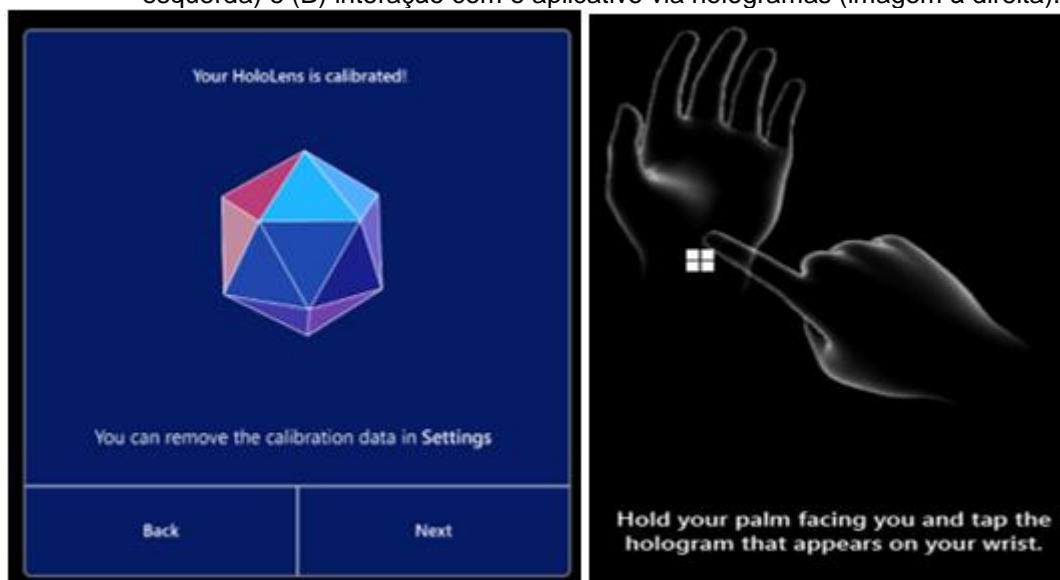


Fonte: Microsoft [s.d.].

2.3.2.1.2 Interface do software

Na primeira vez que ativar o HoloLens, o usuário é orientado a conectar-se em uma rede WiFi, entrar com uma conta de usuário e calibrar o HoloLens aos seus olhos. Depois que o HoloLens já estiver conectado, para acessar o menu inicial, o usuário logado deve olhar para o pulso e pressionar o botão virtual que aparecerá em seu pulso. A interface do usuário é ilustrada na Figura 5 (A) e (B).

Figura 5 – (A) Interface de calibração do HoloLens quando do primeiro uso (imagem à esquerda) e (B) interação com o aplicativo via hologramas (imagem à direita).



Fonte: Microsoft [s.d.].

2.3.2.1.3 Uso dos aplicativos

No menu Iniciar do HoloLens, como mostrado na Figura 6, o usuário poderá acessar aplicativos, verificar informações de *status* importantes e acessar ferramentas, como a câmera.

Figura 6 - Barra de menus do HoloLens.



Fonte: Microsoft [s.d].

2.3.2.1.4 Teste prático

Depois de receber estas informações, foi à hora do treinamento prático, onde os mecânicos tiveram que interagir com software. As Figuras 7 e 8 mostram um pouco de como foi à prática com o capacete.

Figura 7 - Primeiro teste com o HoloLens



Fonte: Da autora (2024).

Figura 8 - Teste com o HoloLens.



Fonte: Da autora (2024).

Depois que os mecânicos ficaram treinados com o uso do HoloLens, foi hora de fazer o treinamento, no ambiente onde o capacete vai ser usado. A Figura 9 mostra um pouco desta prática, no qual o mecânico está utilizando o capacete para fazer manutenção na garra traçadora.

Figura 9 - Teste com o HoloLens na máquina.



Fonte: Da autora (2024).

2.3.2.2 Fase 2: Internet no campo

O plano de ação da segunda fase para a resolução do problema de rede está descrito na Tabela 3.

Tabela 3 - Plano de ação para a segunda fase de implementação do HoloLens.

Plano de ação: para a segunda fase	
O quê	Resolver o problema de falta de internet no campo
Por que	O capacete precisa de uma conexão de rede
Onde	UPER Pontal.
Quando	Início o processo em março e finalizou em maio
Quem	estagiário, empresa que fornece a antena e coordenadora

Fonte: Da autora (2024).

2.3.2.2.1 Escolha de uso de antena via satélite: Starlink

Para resolver o problema da falta de internet no campo, utilizamos a antena da Starlink, cuja descrição é apresentada pela empresa detentora da tecnologia como:

“A Starlink¹ é uma constelação de satélites construídos pela empresa SpaceX administrada pelo bilionário Elon Musk. O seu objetivo é prover internet de alta velocidade para todo o planeta e, em particular, para locais de difícil acesso. A Starlink (com seus satélites situados a uma altitude de, no máximo, 1.325 quilômetros da superfície da Terra) foi projetada para operar com velocidade de até 1 Gb/s (claro, a velocidade real dependerá do número de usuários conectados) e, além disso, o seu tempo de latência é da ordem de 20 milissegundos bem menor do que os 500 milissegundos da banda doméstica atual, cujos satélites estão em órbita geoestacionária a cerca de 35.000 km da superfície da Terra²” (Onody, 2020).

2.3.2.2 Identificação do problema de conexão com a antena de rede

Houve um contratempo com o modelo inicial da antena Starlink que utilizamos, o que causou um pequeno atraso nesta fase de conexão. Realizamos a montagem e alguns testes com a primeira antena fornecida pelo fornecedor, mas em todos os testes não foi possível ativar a antena através do aplicativo da Starlink. Embora a antena sincronizasse com o satélite, não conseguíamos ativá-la. A Figura 10 ilustra um dos testes realizados na antena que está com problema de ativação, demonstrando-a sincronizando com o satélite:

Figura 10 - Sincronização da Starlink.



Fonte: Da autora (2024).

Depois de alguns testes e estudo, descobrimos que o modelo da antena estava ultrapassado, o que explica o porquê de não conseguíamos ativá-la. Fizemos a substituição do modelo da antena por um mais novo e conseguimos resolver o problema de conexão.

2.3.2.2.3 Ativação da nova antena no aplicativo do usuário

A antena foi colocada em um lugar aberto e sem obstrução para obter o melhor desempenho. Após a instalação, procedemos com a ativação da antena dentro do aplicativo da Starlink, disponível no *Google Play Store*[®]. O *Google Play Store* é um serviço de distribuição digital oficial do sistema operacional Android, oferecendo uma variedade de conteúdos digitais, como aplicativos, jogos eletrônicos, filmes, programas de televisão, músicas e livros, desenvolvido e operado pela Google (Wikipédia, 2023).

A Figura 11 mostra a tela inicial do aplicativo da Starlink, onde selecionamos o modelo e também foi feita a varredura no local onde a antena estava posicionada, para verificar se não havia nenhuma obstrução. Em seguida, foram realizados testes de conexão da antena na oficina para avaliar como ela funcionaria no campo.

Figura 11 - Página inicial do aplicativo da Starlink.



Fonte: Da autora (2024).

Após a conclusão de todos os testes de redes, preparamos os caminhões de manutenção para receber as antenas. Foram fabricados dois suportes para serem soldados nos caminhões, e adquiridos dois inversores de 24v para 110v para a

ligação da antena no caminhão de manutenção do FELLER e do SKIDDER, finalizando assim a fase 2.

2.3.2.3 Fase 3: Fase de testes finais – validação da tecnologia em campo

Para a validação do HoloLens em campo, precisamos concluir a fase 2, pois existem algumas pendências: os suportes das antenas ainda não ficaram prontos e os inversores que não chegaram. Para finalizar esta etapa, aguardamos a chegada do inversor que compramos e a conclusão do suporte para fixação da antena, que encomendamos.

Outro motivo para a pausa no projeto é que um funcionário da manutenção saiu de férias, e passei a assumir suas funções. Esta tem sido uma ótima oportunidade para eu atuar na logística de manutenção e aprender novas ferramentas, como o SAP.

Após a chegada dos equipamentos, retomaremos com força total para iniciar a fase 3 da validação da tecnologia em campo.

2.4 Desenvolvimento do aluno Marcos Vinícius Valaci Ferreira

Eu, Marcos Vinícius Valaci Ferreira, realizei meu estágio e fui contratado em uma empresa de locação de carros, na área de tecnologia e no segmento de assinatura de carros para pessoas físicas e jurídicas com frota abaixo de dez carros.

2.4.1 A empresa

A empresa em questão é uma locadora de carros, que começou suas atividades na década de 70 com aluguel de uma pequena frota de carros. Conforme foi se expandindo, os segmentos de negócio cresceram também. Por volta dos anos 2000, iniciou-se o modelo de negócios de gestão de frota, que é o aluguel de longo prazo (no mínimo um ano) de carros para frota de clientes PJ. Recentemente, surgiram os segmentos de carro por assinatura para pessoas físicas e carros de aluguel semanal para motoristas de aplicativo. Eu entrei na empresa em 2023, na divisão de assinatura de carros. A Figura 12 abaixo demonstra a linha do tempo da empresa:

Figura 12 - Linha do tempo da evolução da empresa desde a fundação até os dias atuais.



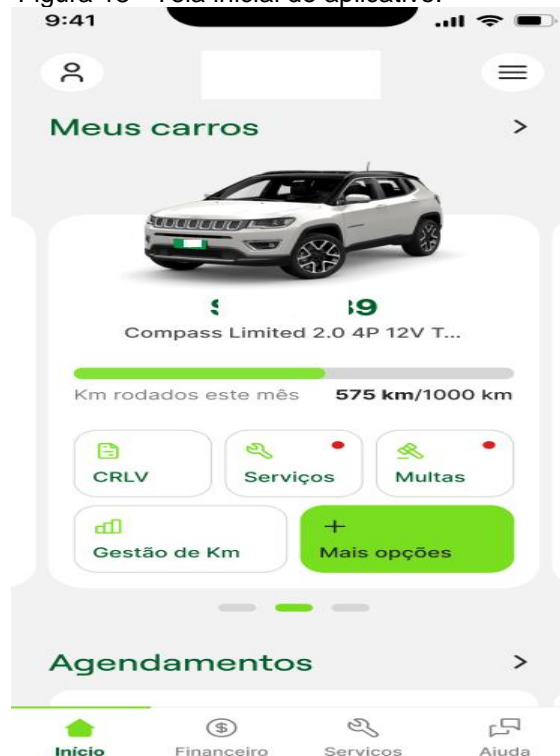
Fonte: Site de Relação com Investidores da empresa (2024).

2.4.2 Contextualização do negócio

O modelo de carros por assinatura é o modelo em que o cliente paga uma mensalidade fixa em troca de um carro Zero quilômetro (KM) com todas as despesas inclusas: manutenções, revisões, IPVA, seguro, entre outras. A jornada do cliente começa na atração de clientes pelo site, propagandas, indicações e outros meios. Então, o cliente escolhe o carro que deseja assinar, o prazo de assinatura (12, 24, 36 ou 48 meses) e uma franquia de km mensal (1.000, 2.000, 3.000km). Então, feito o pedido e assinado o contrato, um pedido de fabricação é enviado para a montadora e, uma vez pronto, é transportado para a cidade do cliente e finalizam-se os detalhes para entrega, tais como emplacamento, conferência da condição do carro, lavagens e demais detalhes estéticos.

Nesse contexto, eu atuo na área de tecnologia como gestor de projeto do aplicativo o qual o cliente utiliza para fazer a gestão de seus carros. O aplicativo permite ao cliente acompanhar o status de entrega do pedido, indicar multas, visualizar a quilometragem ainda disponível na franquia mensal, pagar suas faturas e agendar a manutenção do carro, tanto a preventiva (revisão) quanto a corretiva (serviços). Além disso, a frota é 98% coberta por telemetria, o que traz atuação também da manutenção preditiva, orientando o cliente a agendar determinados serviços com base na rodagem do carro e alguns marcos de quilometragem que, de acordo com o manual do fabricante, são necessárias ações de manutenção. A disciplina de Manutenção Industrial possibilitou com que eu tivesse um conhecimento de manutenções preventivas e corretivas, que fez com que eu entendesse a etapa de serviços no ciclo de vida do carro.

Figura 13 - Tela inicial do aplicativo.



Fonte: Do autor (2024).

2.4.3 Fundamentos de gestão de projetos e gestão ágil

Gestão de Projetos foi uma disciplina do 9º período durante a minha graduação na Unilavras e me auxiliou em diversos pontos da minha jornada dentro da empresa.

De acordo com o PMBOK®, “gerenciamento de projetos é a aplicação do conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto para atender aos seus requisitos. O gerenciamento de projetos é realizado através da aplicação e integração apropriadas dos 47 processos de gerenciamento de projetos, logicamente agrupados em cinco grupos de processos. Esses cinco grupos de processos são:

- Iniciação;
- Planejamento;
- Execução;
- Monitoramento e controle;
- Encerramento”.

O modelo de gestão de projetos utilizado na gestão do meu produto digital é a gestão ágil de projetos.

De acordo com o Manifesto Ágil “A gestão ágil de projetos é uma abordagem que valoriza a colaboração, a mudança e a valorização de software. Ela é baseada nos princípios e valores do Manifesto Ágil, que são:

- Indivíduos e interações mais que processos e ferramentas;
- Software em funcionamento mais que documentação abrangente;
- Colaboração com o cliente mais que negociação de contratos;
- Responder a mudanças mais que seguir um plano.

Ou seja, mesmo havendo valor nos itens à direita, valorizamos mais os itens à esquerda”.

Segundo Kolb (2022), “Essas metodologias priorizam a capacidade de adaptação e planejamento progressivo do projeto, diferente de metodologias tradicionais, que requerem um planejamento inicial rígido e poucas mudanças ao longo do projeto.”

Para favorecer a adaptação, na gestão ágil de projetos trabalha-se com iterações curtas e pequenas entregas incrementais, possibilitando o *feedback* contínuo.

Gestão ágil é muito usada nos contextos de desenvolvimento de software pois a tecnologia muda o tempo todo tal como o comportamento do consumidor e suas necessidades, porém é completamente possível utilizar o ágil em outros contextos, como marketing, recursos humanos, entre outros.

A principal característica que torna a gestão ágil uma gestão adaptável é o escopo flexível, enquanto a gestão de projetos tradicional trabalha com escopo fechado e com baixa capacidade de reação à mudanças de planos.

No ágil, como visto na disciplina de gestão de projetos, trabalhamos em períodos de tempo curtos que geram incrementos que formam aos poucos a entrega final. Com um período de tempo curto entre as entregas dos incrementos, a coleta de *feedbacks* é facilitada. Dessa forma, o contexto que utiliza a gestão ágil evolui e se adapta com os erros, *feedbacks* coletados e lições. Além do mais, o método de gestão permite com que o *sponsor* ou os *stakeholders* mudem a sua vontade ou a

sua demanda durante a execução do projeto. Abaixo, a Figura 14 mostra um comparativo entre a gestão tradicional de projetos versus a gestão ágil de projetos:

Figura 14 - Comparativo de modelo de gestão tradicional de projetos versus modelo ágil de gestão de projetos.



Fonte: EuAX Consulting (2022).

A metodologia ágil que se utiliza na empresa é o *Scrum*. “*Scrum* é a metodologia ágil mais famosa, atuando de forma simples e efetiva no que se refere ao desenvolvimento de projetos, produtos ou serviços. Com isso, o modelo é capaz de aumentar a produtividade, a otimização das atividades, bem como a satisfação dos clientes e a transformação cultural dos times ágeis” (Caroli, 2022).

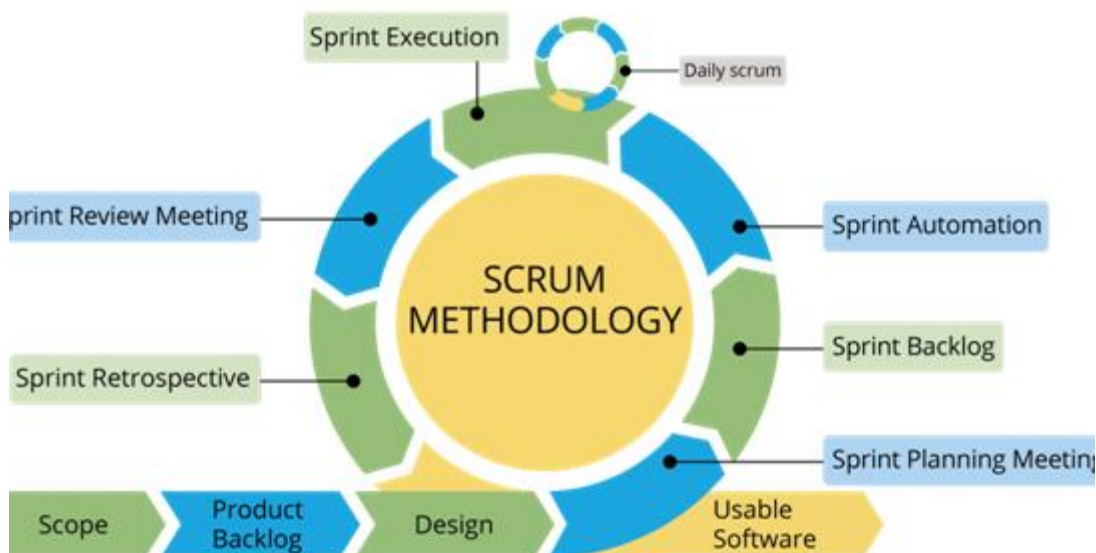
O *Scrum* é popularmente adotado como um *framework* ágil para o desenvolvimento, publicação e a sustentação de produtos digitais. O *framework* foi idealizado por trabalhadores da indústria de tecnologia, mais precisamente do desenvolvimento de *software*. Porém, é uma metodologia que não se restringe apenas à programação e vem sendo adotada em gestão de projetos complexos e/ou inovadores, sendo indicado para a execução de projetos e outros produtos cujos escopos não são fixos, ou seja, pode variar conforme o tempo ou são altamente emergentes.

No *Scrum*, os ciclos de tempo - as *Sprints* - começam com uma reunião de planejamento (*Sprint Planning*) e finalizam com uma reunião de apresentação do desenvolvimento, resultados e próximos passos para os stakeholders, a *Sprint Review*. Internamente, na equipe, é feita também uma reunião chamada *Sprint*

Retrospective, onde se avalia o que foi bom, o que foi ruim e traça-se planos de ação para corrigir os pontos de melhoria e iniciar a próxima *sprint* tendo uma melhoria contínua no time.

O *Scrum* também prevê uma reunião diária de acompanhamento, chamada de *Daily Scrum*, que dura por volta de quinze minutos para inspecionar o progresso do incremento do produto, o andamento do que está sendo feito e alinhar os próximos passos.

Figura 15 - Visualização de fluxo de trabalho contínuo Scrum.



Fonte: Tokay Korkut (2023).

2.4.4 Gestão de produtos digitais











O gestor de produtos digitais é responsável por fazer o elo entre a estratégia da empresa e os problemas e necessidades dos usuários por meio de um produto de *software* com o intuito de atingir seus objetivos estratégicos e, ao mesmo tempo, solucionar os problemas e necessidades destes usuários (Pessanha, 2023).

O produto digital que eu gerencio na empresa é o aplicativo para celulares Android e iOS, sendo o principal canal de interface do cliente com a empresa. Por meio dele, o cliente consegue realizar a gestão 100% digital do carro contratado, podendo agendar manutenções, ver multas, quilômetros disponíveis para utilização, entre outras funções de autosserviço.

2.4.5 Diferença entre projeto e produto

Usualmente, para a gestão de produto, utilizam-se alguns princípios da gestão de projetos apesar das diferenças entre um e outro. Um projeto é definido como um esforço temporário para cumprir algo que tem início, meio e fim. Um produto é definido como um esforço contínuo que tem início, mas não tem meio e fim. É adaptável por precisar sanar as tendências de consumidores e de mercado. Um projeto é algo com menos incertezas, com escopo definido e, portanto, cronograma mais previsível. Abaixo, na Figura 16, um comparativo entre algumas características de projeto e produto.

Figura 16 - Diferença entre projeto e produto.

Projeto	Produto
 Esforço temporário	 Esforço contínuo
 Tem início, meio e fim bem definidos	 Tem início, mas não tem meio e fim
 Escopo fechado, permitindo pouca adaptação e previsibilidade de cronograma	 Adaptável de acordo com necessidades de mercado, tendências de consumidores, entre outros
 Cronograma previsível	 Cronograma variável com possibilidade de adaptação
 Entregáveis demorados, às vezes apenas ao final do projeto	 Entregáveis frequentes para iterações e feedbacks

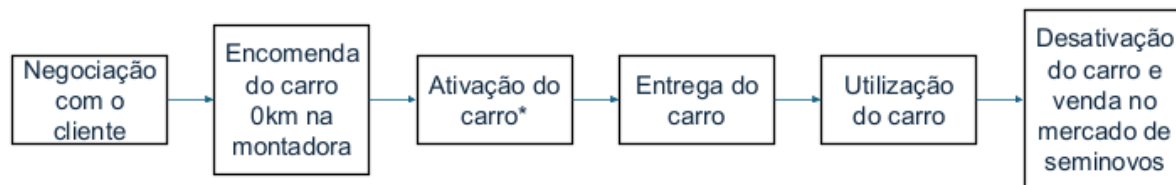
Fonte: Do autor (2024).

Apesar das diferenças, nos produtos temos itens em comum com o projeto, como por exemplo: stakeholders, a figura do gestor de produto, um cronograma - apesar de variável - entregável, entre outros.

2.4.6 Vivência geral

Durante os primeiros quatro meses de estágio, o discente passou por *job rotation* nas áreas para entender melhor o produto e os processos. O *job rotation* durou um mês em cada área e o objetivo era participar das reuniões, planejamentos e desenvolvimentos para profunda compreensão. Na Figura 17 abaixo, é possível ver um fluxo macro da jornada do carro, que é o maior ativo da companhia.

Figura 17 - Visão macro da cadeia de valor do produto do carro por assinatura e a jornada do carro.



Fonte: Do autor (2024).

2.4.6.1 Vendas

Com o intuito de aprender o processo da companhia de ponta a ponta, comecei meu estágio na área de Vendas. A área de Vendas é responsável por receber os potenciais compradores, que demonstram interesse através do site, anúncios ou outros canais.

Figura 18 - Funil de vendas genérico.



Fonte: Blog Marketing x Digital (2024).

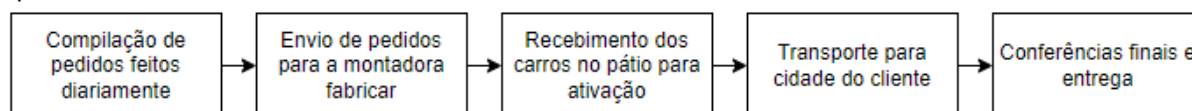
A área de Vendas é responsável por relacionar *leads* e vender para eles, usando artifícios de concessão de descontos, benefícios e outros. Caso a venda aconteça, o vendedor também é responsável por fazer o *onboarding* do cliente, ou

seja, instruir o cliente sobre como será a entrega, a primeira fatura, como acompanhar a entrega pelo aplicativo, entre outros. Meu objetivo, durante o *job rotation* em Vendas, era acompanhar a analista da área nas reuniões, planejamentos e desenvolvimentos para entender o processo atual e o futuro almejado pela companhia para o processo.

2.4.6.2 Gestão de ativos

Na cadeia da jornada do cliente e do carro, após a venda, a área de Gestão de Ativos - ou apenas Ativos - cuida de todo o processo que permeia entre a chegada dos pedidos do time de Vendas até a entrega ao cliente.

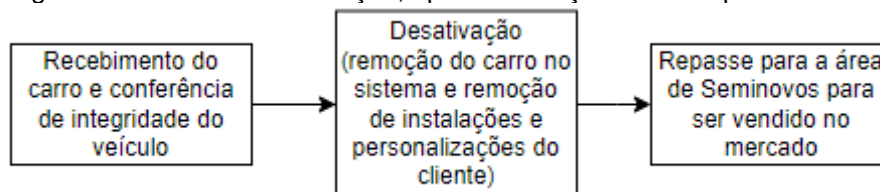
Figura 19 - Fluxo de recebimento de pedidos até a entrega do carro, anterior à utilização do carro pelo cliente.



Fonte: Do autor (2024).

Após a utilização do carro, ocorre à devolução, então a área de Ativos tem o papel de receber o carro, conferir possíveis avarias, desativar o carro tanto em sistema quanto em instalações e personalizações e, posteriormente, repassar ao mercado de Seminovos.

Figura 20 - Fluxo de desativação, após a utilização do carro pelo cliente.



Fonte: Do autor (2024).

Na área de Ativos, o maior desafio é o tempo de entrega ao cliente porque é um processo que está majoritariamente fora do controle da empresa, pois depende de fabricação do carro pela montadora e algumas etapas que dependem de outros fornecedores, como por exemplo, o emplacamento e conferências finais. O objetivo é melhorar os processos para diminuir ao máximo o tempo de entrega do carro para

garantir a satisfação do cliente final e também reduzir as despesas operacionais, já que o carro quando está parado tem custos de estacionamento e ainda não captura valor para a companhia, visto que o cliente ainda não está pagando nessa etapa.

2.4.6.3 Faturamento

O objetivo da área do faturamento é garantir que o cálculo de aluguel e outras despesas (Multa, KM Excedente, Franquia do Seguro, etc.) sejam calculados com precisão, rapidez e confiabilidade, para em seguida, os sistemas conseguirem gerar a fatura e enviar por e-mail e aplicativo. Quando eu entrei, o desafio enfrentado no setor era relativo à fragilidade da operação do sistema frente ao crescimento do negócio e o processamento dos cálculos e faturas ficarem comprometidos.

Sendo assim, eu acompanhei a gestora dos sistemas no aprofundamento do problema e mapeamento da solução. A solução encontrada foi desacoplar os sistemas, que na época eram os mesmos da Gestão de Frota e isso reduzia a capacidade da empresa do carro por assinatura. No período, eu aprendi sobre a dinâmica de desenvolvimento de *software*, *report* de incêndios e planos de ação para a alta diretoria e a vender os ganhos das iniciativas já realizadas para os stakeholders.

2.4.6.4 Aplicativo

O objetivo do aplicativo, como citado anteriormente, é garantir com que o cliente consiga fazer a gestão 100% digital do seu carro contratado, possibilitando agendar manutenções, acompanhar a entrega do carro, acompanhar o uso da quilometragem contratada, realizar o pagamento das faturas, entre outras funcionalidades. No período do *job rotation* dentro do aplicativo, o desafio era entender as dores e necessidades dos clientes que não estavam dentro do aplicativo e, se estavam entender como era possível melhorar a usabilidade e a experiência geral.

2.4.6.5 Fim do *job rotation*

Após passar pelas áreas de vendas, gestão de ativos, faturamento e aplicativo, pude compreender e ter uma visão completa do negócio. Ao fim do *job rotation*, fui alocado no time do aplicativo, onde fui responsável por dar apoio no produto digital do app, como citado anteriormente. O maior desafio foi conectar a visão estratégica da empresa, o objetivo estratégico e o produto. Na empresa, um dos valores que guiavam a estratégia era o foco no cliente, isso quer dizer fornecer a melhor experiência possível para o cliente em toda a jornada dentro da companhia. No aplicativo, medimos a satisfação do cliente através da métrica *Net Promoter Score* (NPS).

O NPS é uma métrica que a premissa básica é de que se o cliente está satisfeito com o produto, ele vai recomendar a um amigo ou conhecido, portanto, a medição é com base na pergunta: “De 0 a 10, o quanto você recomenda o produto a amigos ou conhecidos?”.

De acordo com a nota, o cliente é classificado em 3 perfis: detratores, cuja nota é de 0 a 6, não recomendariam o produto e provavelmente fariam propaganda negativa para ele; neutros, cuja nota é 7 e 8, não recomendariam o produto porém não fariam propaganda negativa; e promotores, cuja nota é 9 e 10, que são os clientes mais propensos a recomendar e promover o produto. O cálculo do NPS Geral é dado pela diferença entre o percentual de promotores e detratores, de acordo com a Figura 21 abaixo:



Fonte: Blog SoluCX (2022).

O NPS do aplicativo, pela empresa ser orientada ao cliente, era a principal métrica observada e no período do estágio, estava aproximadamente 30 p.p abaixo da meta, ou seja, era preciso reduzir o número de detratores do aplicativo. Para isso, foi feita uma imersão dentro das avaliações dos clientes para analisar os motivos de detração e agir em planos de ação.

Após análise quantitativa na base de avaliações, foi identificado que os motivos de insatisfação do cliente com o aplicativo e, por consequência, o baixo NPS, era a falta de funcionalidades, dado que o aplicativo existia há pouco tempo e não tinha sido desenvolvido por completo, mas era uma versão confiável para lançar ao mercado.

Sendo assim, fui responsável por levantar esses dados, organizar para levar para uma apresentação para defender que, de agora em diante, era necessário desenvolver funcionalidades a mais no aplicativo, como por exemplo, indicação automática de multas e pagamento por pix, que eram reclamações frequentes no NPS.

Em seguida, entender a complexidade, prioridade e estimativa de conclusão desses itens com o time de desenvolvimento de software para entrarem na esteira de priorização do Scrum mencionada anteriormente para levar essas funcionalidades para o aplicativo. Outra disciplina que foi muito importante nesse momento foi Fundamentos de Programação, pois foi uma etapa em que tive contato com o time de desenvolvimento de software, então eu entendia algumas coisas que eram feitas no dia a dia do time de desenvolvimento.

Como resultado, o NPS passou de aproximadamente 45 para aproximadamente 80 em 6 meses.

2.5 Desenvolvimento do aluno Thiago Henrique Rezende

Eu, Thiago Henrique Rezende, natural e residente em Lavras, desenvolvi aqui todo o meu histórico acadêmico e currículo profissional. Minha jornada acadêmica começou com a graduação em Administração de Empresas. Meu interesse por uma segunda graduação em Engenharia Mecânica surgiu da necessidade pessoal de crescimento e aprendizado, aliada as minhas atividades laborais.

2.5.1 Contextualização das minhas atividades

Meu aproveitamento profissional ocorreu em uma empresa multinacional de logística e transporte sediada em Lavras – MG, com 64 anos de atuação no mercado.

Especificamente, atuei no Departamento de Manutenção de Ativos no Segmento Florestal. No cargo de supervisor de manutenção corporativo, liderei uma equipe diversificada composta por analistas, assistentes, mecânicos, eletricitas, soldadores e borracheiros nas 11 filiais do Segmento Florestal.

Durante minhas atividades laborais, pude aplicar alguns conceitos adquiridos ao longo do curso de Engenharia Mecânica, destacando-se como um dos exemplos a Gestão de Pessoas.

2.5.2 Manutenção: evolução e interface

O termo “manutenção” normalmente é relacionado apenas a determinados tipos de ativos na indústria modal ou fabril. Porém, ao observarmos o nosso entorno, a manutenção está em praticamente tudo, por exemplo, na área da saúde e em nossa casa. Por isso, faz-se importante retomar este tema e aprofundar, com base nos conceitos de engenharia mecânica, nos tipos de manutenções existentes e suas aplicações no mercado.

Neste trabalho, daremos ênfase no segmento modal florestal em caminhões, cavalos mecânicos e semirreboques em uma empresa de logística e transporte com sede na cidade de Lavras – MG.

Para tanto, ao introduzir o termo manutenção, devemos voltar em 1930, antes da Segunda Guerra Mundial. Nesse contexto temos a manutenção corretiva, em que

o princípio estava sob a máxima de que todos os equipamentos falhavam e, por isso, haveria alguma correção. Esta seria apenas uma manutenção corretiva (reação).

Ao passar do tempo, observou-se que, se aumentasse o número de intervenções de manutenção em um dado período cíclico, com ou sem a necessidade de reparo, ter-se-ia a manutenção preventiva (Kardec; Nascif, 2020).

Contudo, com o avanço da prática da manutenção preventiva, constatou-se que ao parar o equipamento de forma cíclica e realizar a troca de determinados componentes, havendo ou não a necessidade de substituição naquele momento, não seria vantajoso para alguns equipamentos em determinados setores. Sendo mais vantajoso manter a operacionalidade do ativo mesmo com um custo mais alto de manutenção.

Segundo Kardec e Nascif (2020), com a evolução dos equipamentos, verificou-se que, para determinados itens de manutenção, poderia manter-se um maior tempo de operação, caso se observasse, por meio de determinada aferição de parâmetros, um bom comportamento, não havendo a necessidade de troca ou reparo durante a manutenção preventiva, iniciando naquele instante a manutenção preditiva.

A ABNT, por meio da Norma Brasileira (NBR) 5462, ressalta que a manutenção preditiva, ou manutenção, permite garantir uma qualidade de atividade desejada através de aplicações sistematizadas de técnicas e análises, utilizando supervisão centralizada, com o objetivo de reduzir a necessidade de manutenção preventiva e minimizar as manutenções corretivas.

Uma questão basilar da manutenção preditiva é também a substituição de peças ou equipamentos somente na fase final de sua vida útil, de modo a prolongar a utilização do componente, não comprometendo a disponibilidade e, concomitantemente, reduzir os custos. Além disso, a manutenção preditiva tem o dever de prever o estado do ativo através de medições e observações realizadas posteriormente à tomada de decisão.

Na década de 90, a manutenção detectiva teve a sua nomenclatura mencionada nas literaturas, pois, neste íterim, a indústria estava buscando detectar falhas ocultas ou não, perceptíveis ou não aos colaboradores da operação e principalmente da manutenção (Kardec; Nascif, 2020). Este cenário permitiu à

indústria realizar testes de acordo com as condições de grau de segurança e operacionalidade em itens que antes não eram tão verificados. Temos neste contexto o teste do botão de lâmpadas de sinalização de alarme em painéis, que embora simples, poderia, diante de uma emitente necessidade, falhar.

Não obstante, em 2012, com o surgimento da Indústria 4.0 na Alemanha, buscou-se um passo a mais nas manutenções, pois, averiguou-se que apenas prolongar a vida do ativo não seria a última instância em manutenção. O caminho mais eficiente seria tornar o equipamento “mais inteligente”. Com isso, criou-se a manutenção Prescritiva, que, além de predizer, ofereceria auxílio, sugestão em alternativas para manter o próprio equipamento (Kardec; Nascif, 2020).

Para alcançar e determinar o melhor tipo de manutenção que se encaixe a determinada atividade, é necessário organizar estratégias de manutenção, tais como *benchmark*, planejamento e gestão estratégica.

“A manutenção existe para que não haja manutenção” (Kardec; Nascif, 2009, p.9).

Ao decorrer dos próximos tópicos, serão demonstrados os tipos de manutenções, conforme descrito acima, bem como ilustrar experiências e vivências nas atividades laborais e relacioná-las às disciplinas cursadas durante o curso de Engenharia Mecânica.

A carreira de um colaborador deve ser um caminho que o agrade, conduzindo-o patamares mais elevados e, ao mesmo tempo beneficiando seu local de trabalho. Deve haver uma reciprocidade entre o colaborador e a organização (Dutra, J. S.; Dutra, T. A.; Dutra, G. A., 2017).

2.5.3 Tipos de manutenção

A ABNT, através da NBR 5462/94, conceitua manutenção como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo a supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado em que possa desempenhar uma função requerida.

Branco Filho (2008) ressalta que a manutenção é a metodologia que propõe manter a produção de máquinas estáticas ou dinâmicas operando sem interrupções, funcionando como uma ferramenta que agrega valor aos processos e às pessoas,

visto que, proporciona um aumento significativo da produção sem que sejam despendidos grandes investimentos, desde que gerenciada de forma adequada e de acordo com as políticas e estratégias produtivas e organizacionais.

Os tipos de manutenção estão assegurados pela NBR 5462/94, sendo eles: corretiva planejada e não planejada, preventiva, preditiva, detectiva e prescritiva, os quais serão conceituados nos próximos tópicos.

2.5.3.1 Manutenção Corretiva

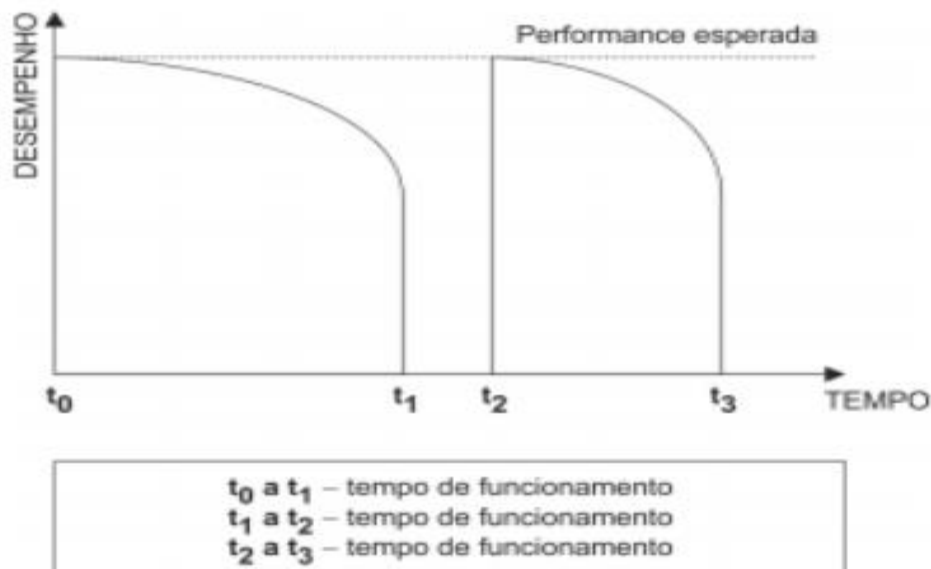
Para Kardec e Nascif (2009), a Manutenção Corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor do que o esperado, podendo ser classificada como corretiva planejada, quando se realiza a correção do desempenho inferior ao esperado ou correção da falha por decisão gerencial, e corretiva não planejada, também conhecida como corretiva não programada ou ainda emergencial. Esta última é a correção da falha ou do desempenho após a falha ou percepção de um problema. Nesse caso, não há tempo para preparação do serviço, o que implica custos elevados, considerando a possibilidade de ter equipamentos ou sistemas parados, aguardando a tomada rápida de ação para retomar a atividade de produção, seja ela de qualquer ordem.

Pilon (2007) classifica e descreve a Manutenção Corretiva como todo o trabalho de manutenção realizada após a falha do equipamento. Associado a esse conceito, a manutenção corretiva pode ser subdividida em dois tipos. O primeiro é a Manutenção Paliativa, ou recurso técnico imediato, que compreende intervenções corretivas executadas provisoriamente, a fim de colocar o equipamento em ação de funcionamento, para, posteriormente, executar o reparo definitivo; e a Manutenção Curativa, que compreende intervenções típicas de reparo em caráter definitivo, a fim de restabelecer o equipamento à função requerida, podendo, neste caso, ter um único tempo de parada.

As colocações de Pilon (2007), Kardec e Nascif (2009) não se contradizem, mas se complementam, uma vez que todos os três definem Manutenção Corretiva como uma intervenção após o surgimento da falha e consequente paralisação do processo.

A Figura 22 ilustra um gráfico de desempenho do equipamento *versus* o tempo para a Manutenção Corretiva não planejada. O gráfico demonstra que a manutenção corretiva, não obedece a um intervalo de tempo para ocorrer à necessidade de reparos. Pode ser observado que, intervalo de tempo 0 até o tempo 1, está maior quando comparado ao tempo 1 até o tempo 2 e o tempo 3, demonstrando que são aleatórios (imprevisíveis).

Figura 22 - Manutenção Corretiva não planejada.



Os tempos são aleatórios. $t_0 - t_1$ é diferente de $t_2 - t_3$.

Fonte: Kardec e Nascif (2020)

2.5.3.2 Manutenção Preventiva

O reconhecimento de que as falhas acarretam maiores custos, devido à interrupção da produção, levou à revisão do tema, pois até aquele momento a aplicação exclusiva da Manutenção Corretiva era considerada suficiente. Assim, com base em análises estatísticas e no histórico das falhas, passou a ser realizada a manutenção em intervalos de tempo determinados.

A Manutenção Preventiva pode ser definida como um conjunto de ações planejadas com o propósito de reduzir a probabilidade de falha de um equipamento. Consiste em intervenções programadas, preparadas e previstas (Rollof, 2020).

A Manutenção Preventiva tem como princípio a substituição de peças ou componentes antes de atingir a idade ou ciclo em que possam ter risco de quebra.

Sua fundamentação científica reside no conhecimento estatístico da taxa de defeito das peças, equipamentos ou sistemas, ao longo do tempo.

Kardec e Nascif (2020, p.77), definem a Manutenção Preventiva como a manutenção “efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falhas ou degradação do funcionamento de um item”.

Em oposição à Manutenção Corretiva, a Manutenção Preventiva busca evitar a ocorrência de falhas, portanto, o conceito de prevenção. Um programa de Manutenção Preventiva bem implementada traz, segundo Ramirez, Caldas e Santos Jr. (2002), os seguintes benefícios:

- Redução do tempo de inoperância dos equipamentos;
- Diminuição dos custos operacionais;
- Aumento da produtividade em seu determinado segmento de atuação; e
- Correção das questões operacionais antes que eles se manifestem em gravidade tornando mais difíceis de serem solucionados.

Em contrapartida, de acordo com os autores acima, são apontados, alguns aspectos desfavoráveis dos programas de Manutenção Preventiva, sendo:

- Alto investimento financeiro, envolvendo recursos materiais e humanos, uma vez que a reposição de itens é realizada em determinados intervalos, sem considerar um possível aumento no intervalo de uso;
- Gerenciamento mais complexo comparado a manutenção Corretiva; e
- Aumento da indisponibilidade operacional durante as paradas.

Contribuindo com as informações acima, Kardec e Nascif (2020), apontam outros fatores negativos em relação à Manutenção Preventiva, a saber:

- Falha humana;
- Falha de excedentes de peças;
- Introdução de impurezas nos lubrificantes; e
- Danos causados durante partidas demoradas (principalmente na indústria fabril).

2.5.3.3 Manutenção Preditiva

Para Almeida (2011), a Manutenção Preditiva consiste em realizar um monitoramento sistemático nas condições mecânicas, eletroeletrônicas, eletropneumáticas e eletro-hidráulicas dos equipamentos e instalações, com o objetivo de observar os rendimentos das máquinas e prevenir quebras.

Desse modo, obtêm-se um mínimo intervalo de reparos nas máquinas devido a alguma avaria. Os parâmetros mais comumente avaliados são: vibração, temperatura, qualidade dos fluidos e parâmetros elétricos.

A principal premissa da Manutenção Preditiva é que os equipamentos, assim como o corpo humano, apresentem sinais e sintomas de algum problema antes da parada completa (Coutinho; Leão; Paulo, 2021).

2.5.3.4 Manutenção Detectiva

Kardec e Nascif (2020) afirmam que a Manutenção Detectiva tem como foco atuar no sistema de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis pela equipe da operação e manutenção.

Para assegurar que este tipo de manutenção ocorra, são utilizados sistemas do tipo *shut-down*¹ ou *trip*², pois ambos garantem que o equipamento não saia de sua faixa de operação segura (Kardec; Nascif, 2020).

O diagnóstico é obtido de forma direta a partir do processamento das informações colhidas junto à organização. Não se deve descartar a possibilidade de ocorrer um problema no sistema que trabalha para detectar as falhas, mesmo este sendo de baixo potencial. Contudo, as reduções dos níveis de paradas indesejadas por manutenções não programadas são extremamente reduzidas (Santos; Araújo; Lima, 2018).

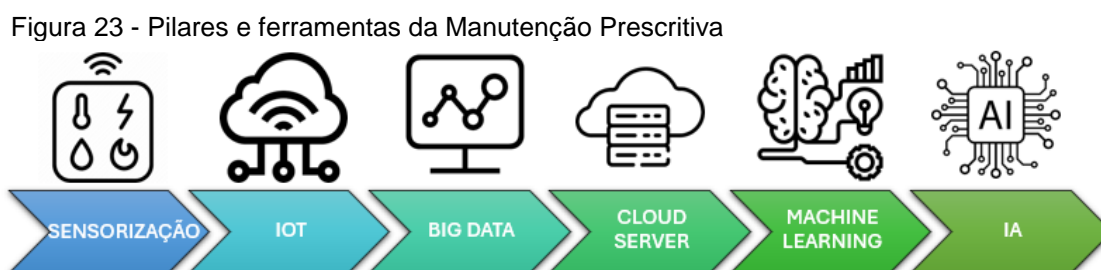
^{1,2} Sistemas de segurança que visam proteger a fábrica/organização de possíveis desvios de alto potencial catastrófico no seu aspecto global ou ao meio ambiente (Kardec; Nascif, 2020).

2.5.3.5 Manutenção Prescritiva

Para o melhor entendimento do conceito de Manutenção Prescritiva, é importante entender o significado da palavra “prescrever”. De acordo com o dicionário online Oxford *Languages*, prescrever significa recomendar, aconselhar ou ordenar antecipadamente. Em paralelo, é semelhante a uma receita médica ao descrever a utilização de uma terapêutica.

De acordo com Miklovic (2016), a Manutenção Prescritiva é uma evolução da Manutenção Preditiva. Sua concepção não se limita apenas à antecipação de eventos prováveis, mas também inclui a capacidade de fornecer análises hipotéticas de diferentes opções, a fim de apresentar cenários que possam alterar o resultado. A implementação da Manutenção Prescritiva pode ser considerada uma estratégia sábia e proativa, visando garantir a eficiência e a confiabilidade dos equipamentos e sistemas.

Na Figura 23, é demonstrado o esquema sequencial para os pilares da construção da Manutenção Prescritiva:



Pode-se observar que a Manutenção Prescritiva opera através de banco de dados em parceria com a inteligência artificial. Esse método permite, com base nos sintomas apresentados pelo equipamento, antever possíveis soluções para ajustes ou reparo, evitando parada e aumentando a agilidade do processo quando as intervenções são necessárias.

A Tabela 4 apresenta o resumo dos tipos de manutenções, destacando suas vantagens e desvantagens:

Tabela 4 - Tipos de manutenções, vantagens e desvantagens.

Estratégia	Resumo	Custo de Implementação	Vantagens	Desvantagens
Corretiva	Conserta quando quebra	Baixo	Os custos envolvidos são menores do que os da manutenção preventiva	Altos custos de mão-de-obra, peças e serviços
Preventiva	Manutenção feita de acordo com um cronograma	Médio	Maior facilidade de cumprir programas de produção	Requer um plano detalhado estrategicamente de manutenção
Preditiva	Baseado em monitoramento e acompanhamento de sensores	Alto	Alto Monitoramento é informado em tempo real	Muito caro e só viável para ativos essenciais
Detectiva	Baseado em detectar falhas ocultas a equipe de operação dos equipamentos	Alto	Reduzir imprevistos e maior produtividade	Aumento do excesso de precaução e maior disponibilidade de tempo dos times envolvidos
Prescritiva	Baseada no uso de Aprendizado das Máquinas e Inteligência artificial	Alto	Tomada de decisão e ação informada	Altos custo de implementação e demora para se tornar eficaz

Fonte: Machado *et. al.* (2023), adaptado pelo autor.

2.5.4 Processo de manutenção dentro da empresa

Diante da base contextual dos diversos tipos de manutenções, sendo cada uma adequada a diferentes tipos de atividade, na empresa em que foi realizado o processo prático profissional, são empregadas as Manutenções Corretiva e Preventiva. Este tema está vinculado à disciplina de Manutenção Industrial, que corroborou para atualização no Procedimento Operacional de Manutenção (POMAN001).

Dentro da Manutenção Preventiva, há ciclos definidos para cada tipo de máquina e equipamento no modal do transporte. Especificamente, na unidade (filial), que será explanado no próximo capítulo, utilizam-se Manutenções Preventivas nos Semirreboques Tritrem Florestal (SRTTFLO), com ciclo de 90 dias, e seus cavalos mecânicos, com ciclo de 25.000 km.

Para garantir a eficácia dos processos, o POMAN001, visa tratar como serão as premissas de parada para as manutenções. Além disso, há um relatório extraído do sistema de gerenciamento da empresa, através de *Power Business Intelligence* (PBI), que permiti antecipar à informação de parada e alinhar a logística para a execução, conforme informado no POMAN001. A Tabela 5, a seguir, apresenta esses detalhes.

Tabela 5 - Procedimento operacional de Manutenção Preventiva e Corretiva de Veículos, Máquinas e Equipamentos (continua)

PROCEDIMENTO OPERACIONAL POMAN001-REV07 MANUTENÇÃO PREVENTIVA E CORRETIVA DE VEÍCULOS, MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS			
ABRANGÊNCIA Matriz e Filiais			
OBJETIVO Este procedimento descreve o processo de manutenção preventiva e corretiva de veículos, máquinas e equipamentos do [REDACTED].			
DOCUMENTO(S) DE REFERÊNCIA ITMAN3. 1 a ITMAN3. 6 –_Manutenção Preventiva e Corretiva ITDGS9. 1 – Novo Prestador De Serviço - Análises E Contrato PODIS005 – Carregamento e Entrega de Mercadoria POMAN005 – Gerenciamento de Resíduos			
COMPETÊNCIA Departamento de Manutenção			
EDIÇÃO E APROVAÇÃO			
ELABORADO POR: Thiago Rezende	REVISADO POR: Thiago Rezende	VISTO DE APROVAÇÃO XXXXXXXXXX	ÚLTIMA REVISÃO DATA: 25/05/2023

Tabela 5 - Procedimento operacional de Manutenção Preventiva e Corretiva de Veículos, Máquinas e Equipamentos (conclusão).

<p>3 EQUIPAMENTOS / SOFTWARE</p> <p>3.1 Protheus / Power BI</p> <p>4 CONDIÇÕES GERAIS</p> <ul style="list-style-type: none">No [REDACTED] existem 2 tipos de manutenção: preventiva e corretiva, que estão descritos abaixo. <p>4.1 Manutenção Preventiva:</p> <ul style="list-style-type: none">A manutenção preventiva tem como objetivo assegurar o bom funcionamento e a segurança dos veículos, máquinas e equipamentos da empresa bem como garantir a disponibilidade dos mesmos. Ações preventivas de vistoria, reparos e substituição de peças garantem um processo com o mínimo de interrupções e paralisações por conta de falhas e avarias, além de aumentar a vida útil de veículos e equipamentos.A manutenção preventiva abrange não só os veículos e equipamentos da frota da empresa, mas, também os veículos e equipamentos de terceiros, quando estabelecido em contrato com cliente/fornecedor. <p>4.2 Manutenção Corretiva:</p> <p>A manutenção corretiva tem como finalidade sanar falhas ocorridas com veículos, máquinas e equipamentos, entre o período de uma preventiva e outra, a fim de garantir a segurança e desempenho dos mesmos. Qualquer falha detectada no veículo ou equipamento deve ser informada as áreas competentes.</p> <p>4.3 Manutenção Preventiva e Corretiva de Veículos:</p> <p>Todo veículo do [REDACTED], bem como veículos de terceiros, quando estabelecido em contrato, devem passar por manutenção preventiva a cada 60.000 quilômetros rodados para caminhões e cavalos mecânicos e a cada 6 meses para semirreboque. <u>Para veículos que estão trabalhando em operações de Bebida, Florestal e Sucoalcooleiro, os intervalos são menores: 7.500 a 30.000 kms para caminhões e cavalos e 1 a 3 meses para semirreboques.</u></p> <p>Caso o veículo não rode 60.000km no semestre, o mesmo deve passar por manutenção preventiva num intervalo de 6 meses.</p>
--

Fonte: Do autor (2023).

Com base nas informações do POMAN001 e em conformidade com o sistema de gerenciamento dos equipamentos de manutenção, o relatório é extraído pelo PBI, conforme apresentado na Tabela 6. Este relatório informa a placa do ativo, o tipo de veículo, o ciclo de manutenção, a data ou quilometragem da última revisão e, de

forma automática, a data ou quilometragem da próxima revisão Preventiva. Esses dados são essenciais para realizar a programação da parada cadenciada de cada equipamento junto ao departamento de Logística da empresa.

Tabela 6 - PBI para a Programação de Manutenção Preventiva.

Placa	Veículo	Serviço	Ciclo de Manutenção	Data Última Manutenção
XXXOX00	CM M.BENZ / AXOR 3344 6X4	PREVEN	PREVENTIVA CAV CICLO 25.000 KM	05/04/2024
XXXOX01	RANDON SR TT FL TRI-TREM /02 EIXOS	PREVEN	PREVENTIVA SR FLORESTAL 90 DIAS	29/02/2024

KM Última Manutenção	KM Atual	Próxima Manutenção	Dias/M.Diária	Vencer (+) Vencido (-)	Status	Ciclo
300.373	310.745	325.373	28	14.628	A VENCER	25.000
		29/05/2024	23	23	A VENCER	90D

Fonte: Do autor (2024).

No entanto, mesmo com o sistema em funcionamento e em conformidade com os processos, no ano de 2023 iniciaram dois problemas correlacionados em alguns SRTTFLO: a quebra da ponta de eixo e soltura de rodado. Durante o período de Janeiro a Agosto daquele ano, ocorreram quatro quebras de ponta de eixo e três solturas de rodado.

Diante desse cenário, uma equipe multidisciplinar foi reunida para lidar com a crise. Além dos problemas técnicos com os equipamentos, a segurança na estrada para o motorista e veículos era uma prioridade crucial. Nessa fase, como parte da equipe multidisciplinar, pude aplicar os conceitos adquiridos nas disciplinas de Engenharia de Materiais, Controle de Vibrações, Soldagem, Usinagem de Materiais e Processos de Fabricação, como será detalhado no próximo capítulo, no estudo de caso.

2.5.5 Estudo de caso - Sistema de quebra de ponta de eixo e soltura do rodado

Antes de entrarmos especificamente no estudo de caso, é importante discutir a estrutura do processo de eixo. De acordo com Localiza (2023), o eixo é a peça responsável por unir os pares de rodas do caminhão, tendo como principal função auxiliar na suspensão do veículo, dando o equilíbrio. Além disso, é responsável por equalizar a quantidade de tonelada (T) transportada, limitando a quantidade ideal de carga no veículo permeando a segurança na estrada. A Figura 24 ilustra a viga de

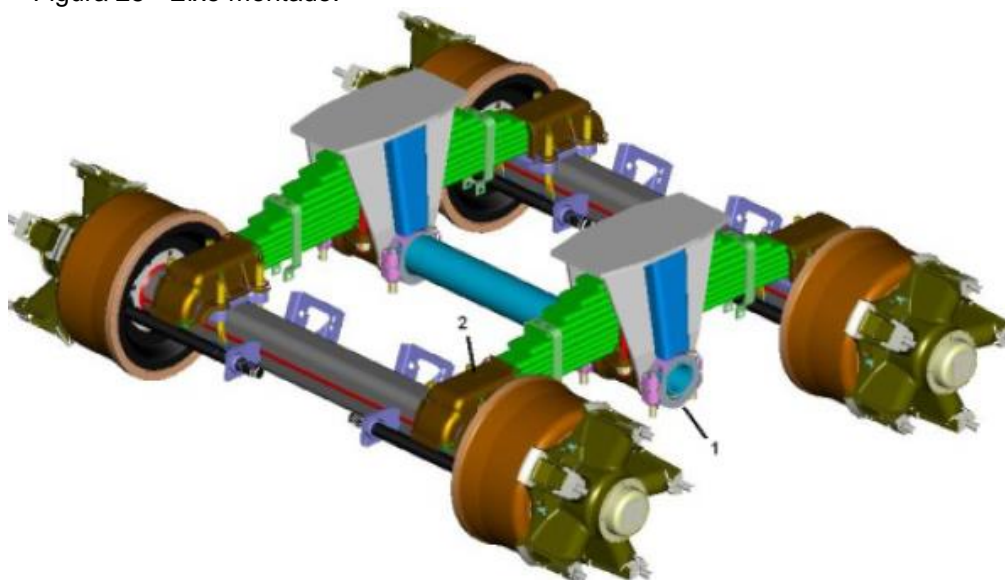
um eixo de semirreboque, destacando a ponta do eixo, enquanto a outra figura mostra o sistema de eixo montado, conforme encontrado no SRTTFLO.

Figura 24 - Viga do Eixo.



Fonte: Manual Florestal Semirreboque Randon [s.d], adaptado pelo autor.

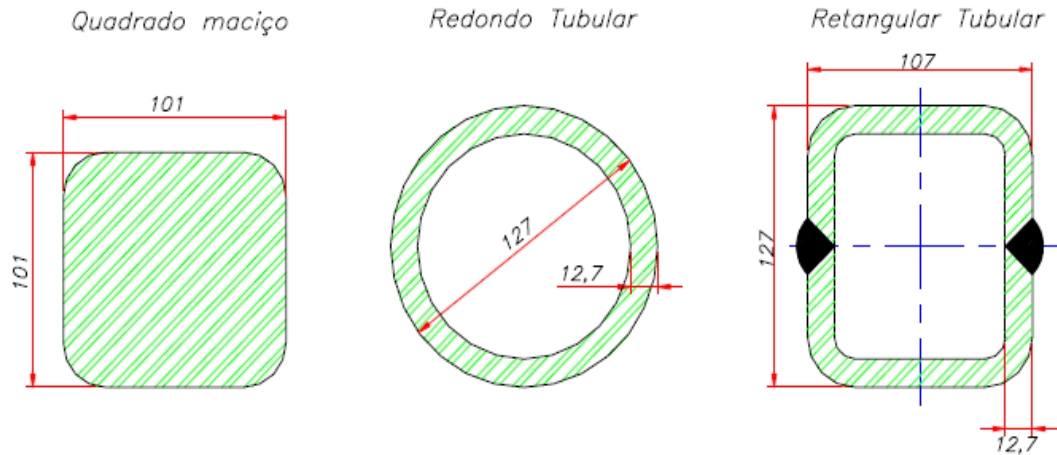
Figura 25 - Eixo montado.



Fonte: Manual Florestal Semirreboque Randon [s.d].

De acordo com Transtech [s.d.], existem três modelos de vigas de eixo, conforme pode ser observado na Figura 26: o quadrado maciço de 4" (101mm), encontrados em veículos mais antigos; redondo tubular com 5" (127mm) de diâmetro e parede de 12,7 mm, que pode ter ponteira integral ou soldada, normalmente encontrados em veículo com suspensão pneumática; e retangular tubular com 5" de altura e 4" de largura, com parede de 12,7 mm, sendo o eixo mais comum no mercado. A ponteira é maciça e soldada no eixo, aumentando a vida útil de tempo de trabalho, conforme exposto na Figura 26, respectivamente.

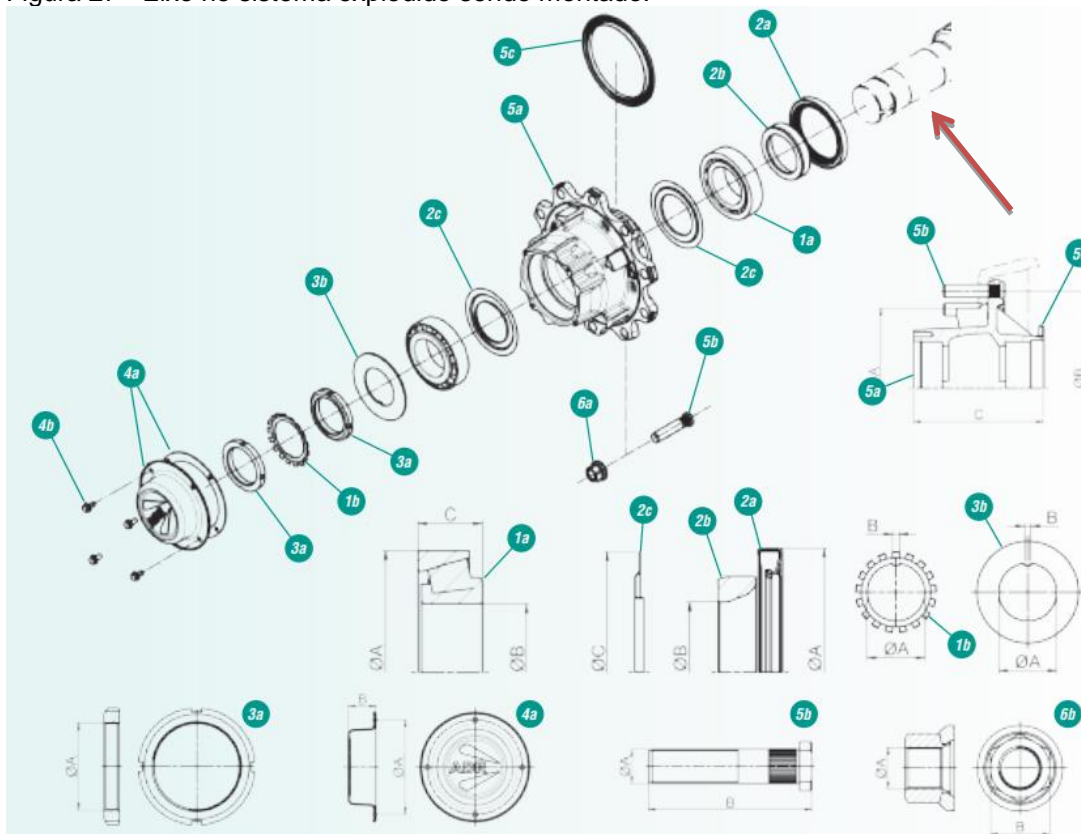
Figura 26 - Modelos de vigas de eixo



Fonte: Transtech [s.d.].

A Figura 27 apresenta a estrutura da ponta do eixo sendo montada para receber as rodas e pneus, destacando a ponta do eixo pela seta, além dos demais itens periféricos, tais como: juntas, arruelas, retentores, rolamentos, travas dentadas e lisas, cubo, tampa e parafusos.

Figura 27 - Eixo no sistema explodido sendo montado.



Fonte: Manual Florestal Semirreboque Randon [s.d.].

A Figura 28 apresenta uma roda montada, após o processo anterior ser concluído.

Figura 28 - Roda montada.



Fonte: Do autor (2024).

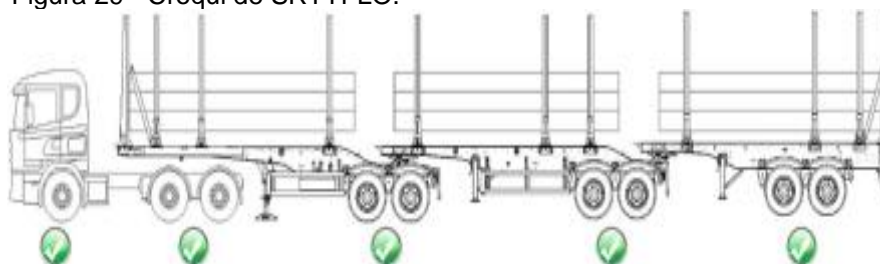
Os eixos são ensaiados de acordo com a NBR 6744 - Verificação de fadiga por flexão vertical e NBR 6745 - Verificação de fadiga dos elementos de fixação do freio. Eles possuem capacidade nominal de carga entre 10 e 11 toneladas, e o ensaio de verificação a fadiga é feito a frequência entre 1 e 10 Hz (normalmente 4 ou 5) e com um número de ciclos de 250.000. Se não ocorrer falha, o eixo é aprovado. Normalmente, os eixos retangulares de fabricantes tradicionais atingem a marca de 900.000 a 1.000.000 de ciclos antes de apresentar alguma trinca.

Destaca-se também a fadiga por meio do diagrama de tensão *versus* deformação, no qual as fases passam pelos limites: deformações elástica, plástica até o seu ponto de ruptura. É importante ressaltar que, quando são inseridas algumas forças físicas nos eixos, o material sofre discordância, resultando em deformação plástica. Essa deformação plástica, o escorregamento e o movimento da discordância ocorrem em um plano. Por fim, a deformação permanente é uma resposta à aplicação de tensões cisalhantes (Callister; Retwisch, 2020).

O método utilizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) para detectar trincas é a aplicação de Líquido Penetrante (LP). O fato de existir uma trinca muito antes da fratura do eixo permite a sua detecção através do ensaio por (LP) e líquido revelador (LR), prevenindo assim a quebra do eixo durante o trajeto.

Em uma Filial da empresa, surgiu um problema com quebra/fratura da ponta do eixo e também soltura de rodado em equipamentos SRTTFLO utilizados para transporte toras de madeira longitudinal, conforme ilustrado nas Figuras 29, 30 e 31).

Figura 29 - Croqui de SRTTFLO.



Fonte: Manual Florestal Semirreboque Randon [s.d.].

Figura 30 - Ponta do eixo quebrada.



Fonte: Do autor (2023).

Figura 31 - Soltura do rodado sem quebra do eixo.

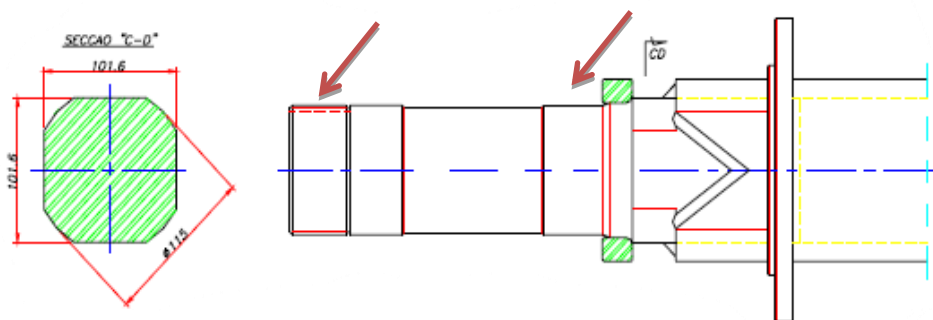


Fonte: Do autor (2023).

O problema acarretou desgaste tanto para a organização quanto para o cliente, para o qual a empresa realiza a prestação de serviço, pois, o processo de quebra de ponta de eixo e/ou soldura de rodado, tem um impacto significativo de segurança. A possibilidade de soldura desses componentes pode resultar em acidentes graves. Diante dessa preocupação, alinhada à importância da segurança em consonância com os demais processos da empresa, buscou-se dentro de um comitê multidisciplinar da empresa, verificar contramedidas e ações sistêmicas para resolver esse problema. Segundo Branco Filho (2008), a análise de falhas é uma busca ordenada e lógica que tenta mitigar a probabilidade de causa ou resultado de uma falha.

Com base no exposto anteriormente, foi conduzido um estudo de caso, conforme ilustrado na Figura 30. Visando compreender a origem da falha, observou-se que a fratura ocorre na transição da ponteira maciça para parte tubular do eixo ou no encosto do rolamento, conforme indicado pelas setas no detalhamento da Figura 32.

Figura 32 - Demonstração da ponta do eixo e indicação de possíveis fraturas.



Fonte: Transtech [s.d.].

Em ambos os casos a fratura apresenta características básicas semelhantes:

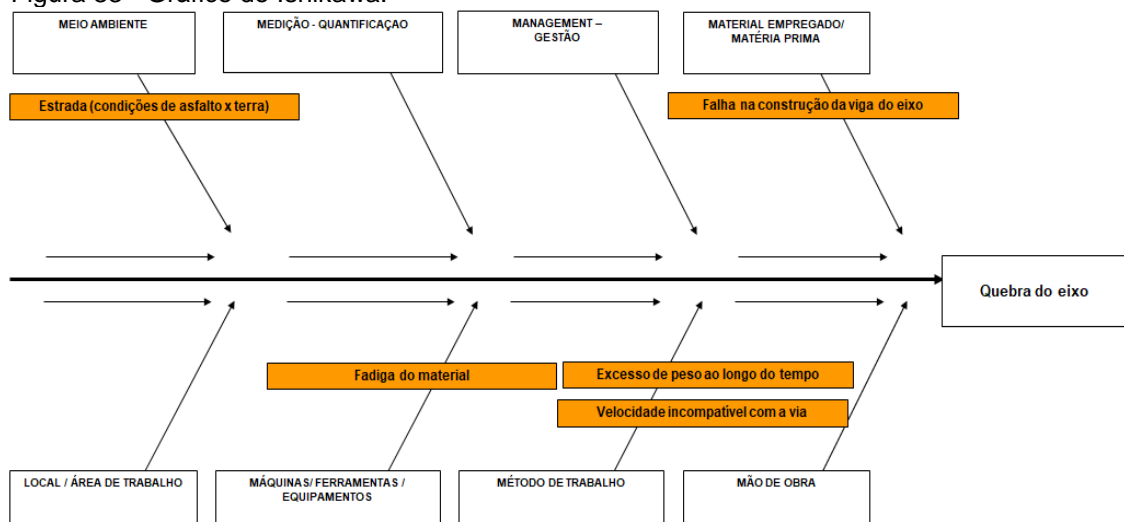
- Uma região lisa na parte inferior do eixo: indicando uma trinca pré-existente muitas vezes já com a presença de corrosão; e
- Uma região superior rompida por choque: indicando uma fratura frágil por cisalhamento.

Além disso, o comitê da empresa levantou três hipóteses:

- Fadiga do material: é o processo progressivo e localizado de modificações estruturais permanentes ocorridas em um material submetido a condições que produzam tensões e deformações reentrantes e que podem culminar em trincas ou fratura, depois de um determinado número de séries (Ensus, 2022);
- Falha na fabricação do eixo: Se o fabricante do eixo não realizou o alívio de tensão do eixo após a solda elétrica; e
- Falha humana/operacional: conduzir o veículo com excesso de carga ou em alta velocidade em pistas de rolamento irregulares e não realizar as verificações mecânicas necessárias durante a realiza manutenções preventivas periódicas.

Com base nas informações acima, foram aplicadas algumas ferramentas da qualidade, como *brainstorming*, gráfico de Ishikawa, plano de ação pelo *What, When, Who, Where, Why e How* (5W1H). O 5W1H permite analisar todas as atividades a serem realizadas ou escolhidas de forma cautelosa e direta, garantindo sua solução de forma cadenciada (Lenzi; Kiesel; Zucco, 2010). O plano de ação, segundo Guelbert (2012), é uma ferramenta simples, mas importante, que ajuda a quantificar e ordenar todas as atividades, prazos e documentos necessários para alcançar as metas estabelecidas, com o apoio das demais ferramentas da qualidade, conforme ilustrado na Figura 33 sendo o gráfico de Ishikawa e o método 5W1H na Figura 34 a seguir.

Figura 33 - Gráfico de Ishikawa.



Fonte: Adaptado pelo autor (2023).

Figura 34 – Plano de ação pelo 5W1H.

Ação	O que	Qdo	Quem	Porque	Como	Onde	Status
1	Realizar inspeção com aparelho Ultrassom em todos os semirreboques com idade inferior a 2019	Aguardando término de negociação para start.	Manutenção	Para verificar se há potenciais ocorrências de trincas	Através de fornecedor qualificado	Unidade XX	Concluído
2	Garantir a efetividade dos nossos procedimentos de manutenção	De acordo com cada inspeção	Manutenção/ Operação	Para assegurar a segurança do colaborador x produtividade	Através dos procedimentos de Manutenção/ Operação e equipe capacitada	Unidade XX	Concluído
3	Verificar se há alguma melhoria no mercado quanto a resolução do problema	Concomitante as questões anteriores	Manutenção/ Suprimentos	Para garantir que não haverá quebra ou soltura de roda	Através da aquisição de algum componente de dupla checagem/ segurança	Unidade XX	Concluído

Fonte: Adaptado pelo autor (2023).

As três ações de inspeção indicadas na Figura 34, validadas pelo comitê de empresa, foram implementadas conforme descrito a seguir: verificação com líquidos penetrantes e revelador (LP e LR); ensaio por ultrassom, ensaio metalográfico e a instalação de uma porca mais robusta no cubo de roda.

2.5.5.1 Verificação com Líquidos penetrante e revelador

Para o caso em questão, realizou-se o processo de detecção de possíveis trincas e fissuras por meio do plano de ação, utilizando líquidos penetrante e revelador (LP e LR). De acordo com Andreucci (2010), este processo consiste na aplicação de dois fluidos na superfície limpa da peça. Após 20 minutos, os fluidos penetram em possíveis fissuras e, após uma nova limpeza e aplicação do LR, revelam a presença de trincas, fissuras, poro ou dobras.

Para este processo, é importante demonstrar os passos seguidos pelos colaboradores treinados. Conforme a Constituição Federal, todos colaboradores têm o direito à saúde e segurança no ambiente de trabalho, sendo assegurada a sua saúde física e mental (Barbosa, 2011). A empresa fornece todos os Equipamentos de Proteção Individual e Coletivo (EPI e EPC) necessários para as atividades.

Durante a entrega dos EPIs para acompanhamento *in loco* do problema e exame das peças, ficou elucidado a comparação com as disciplinas de Higiene e Segurança do Trabalho e Gestão Ambiental, pois a empresa realiza o descarte correto, conforme os padrões estabelecidos pela *International Organization for*

Standardization (ISO), o Sistema de Avaliação de Saúde, Segurança, Meio Ambiente e Qualidade (SASSMAQ) e o Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR).

A seguir, detalham-se e ilustram-se as etapas para a verificação da conformidade da ponta de eixo.

A. Levantar o equipamento;



B. Retirar a Tampa do Cubo; reposicionar os dentes da Trava Aranha e despertar (afrouxar) a Porca da Ponta Eixo;



C. Retirar o rodado;



D. Retirar a Pista da Ponta Eixo; retirar Eixo "S" / "Z" e Retirar Espelho (Guarda-Pó) Roda;



E. Retirar os patins de freio;



F. Limpar o eixo com líquido removedor;



G. Aplicar o líquido penetrante e aguardar 20 minutos;



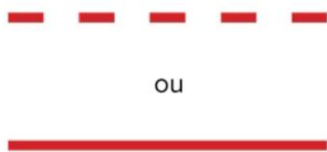
H. Remoção do excesso de líquido penetrante;



I. Aplicação do líquido revelador;



J. Inspeção visual do resultado;



Uma linha ou linha pontilhada marca uma rachadura, dobra, ruptura de forja ou fendas de forjamento



Porosidade, encolhimento, falta de adesão e vazamentos aparecerão como pontos ou áreas locais de cor



Após o processo, devem ser considerados os seguintes pontos:

- Caso o eixo apresente quaisquer sinais de trinca, bolhas ou poros deverá ser substituído;

- Para a limpeza do LP, não deve ser utilizado removedores; deve-se utilizar somente água sem pressão de bomba na sua saída.

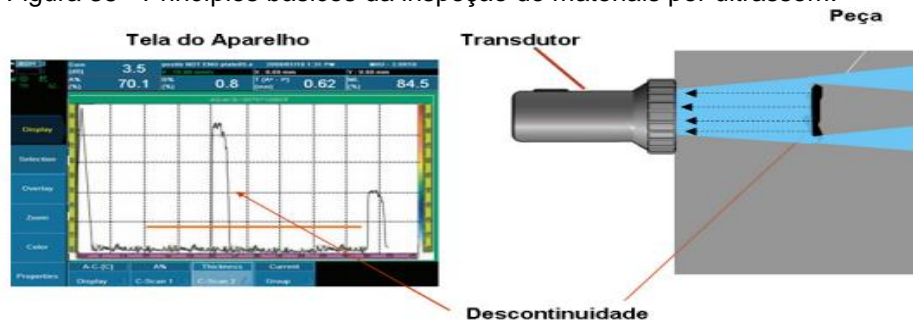
2.5.5.2 Ensaio com ultrassom

Realizamos, concomitantemente aos ensaios de LP e LR, o ensaio por ultrassom, como um método *Double-check* para detectar eventuais trincas ocultas no interior da peça. Para este ensaio, utilizamos um aparelho especial que, de acordo com Andreucci (2010), detecta reflexões provenientes do interior da peça preparada para o teste, identificando possíveis inconsistências para a interpretação das descontinuidades. O exame ultrassônico, sendo um processo não destrutivo, visa diminuir o grau de incerteza na utilização de materiais ou peças, detectando defeitos ou descontinuidades internas em materiais ferrosos ou não ferrosos.

Para abordarmos o processo de forma detalhada, a Figura 35 demonstra o feixe sônico do transdutor incidindo, com a reflexão captada pelo mesmo transdutor, enviando o sinal ao aparelho, que é visualizado na tela como um pulso ou eco (Andreucci, 2010).

Ainda de acordo com o autor citado, uma onda sônica se propagando num determinado material com velocidade “ v ”, frequência “ f ” e comprimento de onda “ λ ”, pode ser relacionado em uma fórmula: $v = \lambda \cdot f$. Desta forma, é possível calcular o comprimento de onda, pois a velocidade é geralmente conhecida e depende do modo de vibração e do material. Por outro lado, a frequência depende somente da fonte emissora, que também é conhecida.

Figura 35 - Princípios básicos da inspeção de materiais por ultrassom.



Fonte: Andreucci (2018).

Foram realizados os testes em todos os eixos dos SRTTFLO existentes naquela filial, baseando-se no critério de aceitação *American Society for Testing and Materials (ASTM) A388* de 2017. O ensaio foi realizado na face dos eixos, utilizando um transdutor normal (0°) com 10 mm de diâmetro e frequência de 4 Mhz, com o aparelho de ultrassom modelo *USM-Go+ serial number: GOPLS16020327*. A Figura 36 mostra a realização do teste ultrassônico na ponta do eixo.

O eixo é fabricado em aço carbono, conforme citado na disciplina de Engenharia de Materiais e Processos de Fabricação I e II, e segundo Chiaverini (2005), o aço carbono é definido como uma liga ferro-carbono composta de 0,008% a 2,11% de teor carbono, além de outros elementos residuais. O limite de 0,008% corresponde à capacidade máxima de solubilidade do carbono no ferro à temperatura ambiente, enquanto o limite superior de 2,11% corresponde ao valor máximo possível de carbono que se dissolve no ferro a 1148°C .

Figura 36 – Ensaio por ultrassom



Fonte: Do autor (2023).

2.5.5.3 Análise por ensaio metalográfico

Consoante com Freitas, Carvalho e Guedes (2018), a análise metalográfica tem como objetivo verificar e avaliar as propriedades estruturais ou elementos de metal e de suas ligas, correlacionando-as com suas características mecânicas, físicas e químicas. A análise metalográfica da liga metálica de ferro e carbono é dividida em dois grupos: a micrografia e a macrografia. A micrografia caracteriza-se pela matriz da pequena estrutura, pela contagem dos nódulos de grafita, pela classificação de inclusões em aços, pela proporção de fases, pelo tamanho de grãos e pela homogeneidade em relação a porosidades e segregações. Já a macrografia,

os critérios são de tratamentos de temperatura, o processo de soldagem e a qualificação dos profissionais da soldagem.

Com base nessas informações, foi contratada uma empresa em Belo Horizonte e foram solicitadas as seguintes análises:

- Inspeção visual detalhada com registro fotográfico do componente;
- Análise de componentes químicos por espectrometria de emissão ótica;
- Análise macrofractografia;
- Análise microfractografia empregando microscopia eletrônica de varredura com Espectroscopia por Energia Dispersiva (EDS), com objetivo de determinar mecanismos de fratura (fadiga, frágil, processos adicionais de fragilização) e características adicionais das fraturas;
- Análise por microscopia óptica da microestrutura do material de fabricação do componente; e
- Ensaios de dureza.

Após a realização dessas análises, concluiu-se que o eixo, devido ao ciclo de trabalho, apresentava fadiga e recomendou a substituição.

2.5.5.4 Instalação da porca castelada com trava

Para solucionar o problema da soldura do rodado, realizamos um estudo de mercado com fornecedores e promovemos reuniões de sugestão com a equipe de manutenção. Verificamos a oportunidade de proceder com um reforço na ponta do eixo. Para isso, consultamos um fabricante para verificar a existência ou desenvolvimento de uma solução no mercado que pudesse, por meio de uma trava dupla, assegurar o sistema de travamento das rodas após a realização alguma intervenção mecânica.

Após as pesquisas, identificamos no mercado uma porca com sistema de travamento por parafuso tipo Allen com cabeça cilíndrica, conforme especificação a seguir: material em aço, sistema castelado com diâmetro interno de 80 ou 90 mm e diâmetro externo de 121,80 ou 135,60 mm, altura de 25,40 mm e espaçamento entre os dentes de 25,80 ou 16,90 mm.

Para a fixação da porca ao cubo, após todo o sistema de lubrificação do eixo, deve-se adicionar um adesivo metacrilato, Loctite[®] 277, de alta resistência e

viscosidade, ao parafuso. Esse adesivo é essencial para o travamento do conjunto e deve ser aplicado antes do ajuste do parafuso tipo Allen na porca. A Figura 37 mostra a porca e a Figura 38 mostra a porca instalada no cubo, já com o adesivo aplicado e ajustado pelo torque conforme indicado pelo fabricante.

Figura 37 – Porca castelada.



Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 38 – Porca Castelada instalada no cubo



Fonte: Próprio autor (2023).

A partir da instalação das porcas em cada cubo de roda, registramos apenas um caso de falha, onde, após a investigação, constatamos uma ineficiência operacional. O mecânico responsável pela atividade, não seguiu as recomendações de instalação. Ele não aplicou o Loctite[®] 277 no parafuso de aperto da porca, e, devido à vibração, o parafuso se soltou, afrouxando a porca comprometendo todo o sistema do rodado.

Para abordar essa falha, aplicamos o ciclo do *Plan, Do, Check, Action* (PDCA). De acordo com Oliveira, Silva e Brandão (2022), o ciclo PDCA visa promover a melhoria contínua dos processos, e verificar se as ações estão sendo executadas conforme procedimentado. Reforçamos o treinamento com toda a equipe e introduzimos a etapa o *Double-check* para garantir a correta execução dos procedimentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme pode ser observado sobre os três temas discorridos acima, são correlatos, pois, fazem atribuições aos sistemas de manutenção de equipamentos e uso de suas tecnologias de apoio, a fim de, mitigar problemas desenvolvendo soluções com otimização de tempo e finança.

Abaixo serão elencadas as três considerações sobre cada tema exposto ao longo do portfólio.

Eu, Estefany de Oliveira, concluo que a implementação do HoloLens para a manutenção marca um avanço importante no cenário de manutenção de máquinas agrícolas. Neste estudo, exploramos um pouco das vantagens dessa tecnologia, que vão desde aprimorar a eficiência e a precisão das operações de manutenção até diminuir os tempos de parada das máquinas e os custos operacionais. Vimos como o capacete de realidade aumentada oferece aos mecânicos acesso imediato a instruções detalhadas e suporte remoto especializado, facilitando uma tomada de decisão mais rápida e segura.

Por meio de estudos de casos, evidenciamos o potencial dessa tecnologia para otimizar os processos de manutenção, aumentando a segurança dos trabalhadores, aprimorando a qualidade das intervenções e aumentando a disponibilidade dos equipamentos.

Mas para garantir o êxito na implementação dos HoloLens, é essencial superar desafios. Assim, recomendamos um planejamento, envolvendo todas as partes interessadas, e a adoção de uma abordagem iterativa para aprimorar os processos e aumentar os benefícios da tecnologia.

A implementação bem-sucedida dos HoloLens para não apenas impulsionará a eficiência operacional das organizações, mas também abrirá caminho para uma nova era de inovação e excelência.

Eu, Marcos Vinícius Valaci Ferreira, concluo que a formação em Engenharia Mecânica fornece uma sólida base de conhecimentos técnicos e habilidades analíticas transferíveis para uma variedade de contextos fora da área específica. Os engenheiros mecânicos desenvolvem competências em matemática, física, termodinâmica, mecânica dos fluidos, mecatrônica e autônoma, e muito mais. Esses e outros fundamentos possibilitam a adaptação do engenheiro mecânico para

setores específicos, como Tecnologia da Informação. Por exemplo, ele pode expressar habilidades analíticas e resolução de problemas ativos para otimizar processos, agir como gerente de projetos ou criadores de inovações em TI. Além disso, a compreensão dos sistemas complexos e o trabalho em equipe podem beneficiar qualquer campo. Portanto, a formação em Engenharia Mecânica não está restrita à indústria e fornece ao profissional um leque amplo de possibilidades para atuação no mercado de trabalho.

Minha formação acadêmica na Unilavras, mesmo com foco em Engenharia Mecânica, forneceu conhecimentos de *hard* e *soft skills* para atuação na área de TI.

A disciplina de Gestão de Projetos, do 9º período possibilitou com que eu entendesse a teoria por trás de gerenciar um projeto e foi útil na transição posterior para gestão de produtos. As disciplinas de Projeto Integrador foram uma significativa experiência para utilizar o conhecimento de gestão de projeto na prática, além de solidificar as *soft skills* de liderança, trabalho em equipe, solução de problemas e outras. Por fim, a disciplina de Informática e Fundamentos de Programação foram essenciais para que, mesmo que na minha atuação de gestor de produtos digitais não tenha no escopo trabalhar com desenvolvimento de programas, pudesse entender um pouco sobre o universo da TI e os desafios que pessoas do meu time, os desenvolvedores de software, enfrentam diariamente no trabalho.

Por fim, eu, Thiago Henrique Rezende, concluo que, desde a década de 1930, a manutenção tem sido um campo de estudo e aplicação essencial, com os seus idealizadores desenvolvendo uma base conceitual robusta alinhadas às necessidades da indústria. Para cada tipo de atividade mecânica, há um tipo de manutenção mais adequado. No caso da empresa onde desenvolvi minhas atividades, são utilizadas a Manutenção Corretiva e a Manutenção Preventiva.

Ao trazer o estudo de caso, estabeleci um paralelo com as ferramentas da Qualidade, que são primordiais na organização das ideias e diretrizes para as soluções. A integração dos conceitos de tipos de Manutenção e Qualidade, juntamente com a expertise do grupo multidisciplinar da empresa e os conhecimentos adquiridos nas disciplinas de Engenharia Mecânica, permitiu solucionar um problema que afetava a segurança e operacionalidade dos ativos.

Como resultado das ações implementadas, houve apenas um desvio, causado por uma falha técnica na instalação, que foi corrigida. A introdução do *double-check* nas atividades eliminou recorrência do problema até a finalização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**: Catálogo NBR5462. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=eVVhOFFaOWtZeVhnRC95NEY4b2NuTGdMWEtSNG5KM2hVZUd3VUd5WW1Saz0=>. Acesso em: 30 abr. 2024.
- ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: benefícios e lucratividade**. Disponível em: <https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/266771/DEFESA-%20AGNALDO%20DA%20SILVA%20ROCHA.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2024.
- ALVES, J. R. **Equipamentos de Proteção Individual e sua Importância na Segurança do Trabalho**. 2013.
- ANDREUCCI, R. **Ensaio por líquidos penetrantes**. São Paulo: Abendi, 2010.
- _____. **Ensaio por ultrassom**. São Paulo: Abendi, 2018.
- AZUMA, R. T. **Realidade Aumentada: Abordagens e Desafios Técnicos**. Em **Fundamentos de Computadores Vestíveis e Realidade Aumentada** (pp. 27-63), 2001.
- BELICHES, C., MCCARTHY, D. E AL-ANI T. **Condição-baseado Manutenção de máquinas usando modelos ocultos de Markov**. *Sistemas Mecânicos e Processamento de Sinal*, 14 (4), p. 597-612, 2000.
- BRANCO FILHO, G. **A Organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Ciência Moderna Ltda., Rio de Janeiro. 2008.
- BRASIL. Ministério da Fazenda. **Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho. Brasília**. 2017.
- CHIAVERINI, V. **Aços e Ferros Fundidos**. Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais. 7 ed. São Paulo: ABM, 2005.
- COUTINHO, J. L.; LEÃO, L.; PAULO, M. J. de. **Aplicação de ferramentas da manutenção Preditiva na análise de óleos lubrificantes**. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/items/ab7b2439-2bcf-4f01-91fc-3a5512e92f02>. Acesso em: 19 mai. 2024. Anima Educação, 2021.
- DUTRA, J. S.; DUTRA, T. A.; DUTRA, G. A. **Gestão de Pessoas: realidade atual e desafios futuros**. Grupo GEN, 2017. *E-book*. ISBN 9788597013320. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597013320/>. Acesso em: 05 mai. 2024.
- ENSUS, A. E. **Fadiga – a principal causa raiz das falhas mecânicas – O que é? Como identificar e prevenir?** Disponível em: <https://ensus.com.br/fadiga-mecanica/>. Acesso em: 19 mai. 2024.

FREITAS, R.; CARVALHO, R.; GUEDES, A. E. D. S. **Análise metalográfica de um perfil soldado por eletrodo revestido**. Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano MMXVIII, Nº. 000140, 12/11/2018. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/analise-metalografica-de-um-perfil-soldado-por-eletrodo-revestido>. Acesso em: 25 mai. 2024.

GOULART, P. S. **Segurança no Trabalho e a Importância dos EPIs**. 2017.

GUELBERT, M. **Estratégia de gestão de processos e da qualidade**. Curitiba: IESDE Brasil, 2012. 148 p.

JR., W. D. C.; RETWISCH, D. G. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma Introdução**. Grupo GEN, 2020. *E-book*. ISBN 9788521637325. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521637325/>. Acesso em: 05 mai. 2024.

KARDEC, A.; NASCIF, N. **Manutenção Função Estratégica**. 3 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

_____. **Manutenção Função Estratégica**. 5 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2020.

KOLB, N. **Gestão ágil de projetos: o que é e como aplicar na sua organização**. Disponível em: <https://www.euax.com.br/2022/11/o-que-e-gestao-agil-de-projetos/>. Acesso em: 02 mai. 2024.

LENZI, F. C.; KIESSEL, D. M.; ZUCCO, F. D. **Ação empreendedora: como desenvolver e administrar o seu negócio com excelência**. São Paulo: Gente, 2010.

LOCALIZA. Disponível em: <<https://frotas.localiza.com/blog/eixo-de-caminhao>> acesso: em 04 mai. 2024.

LUCINDA, A. L. **Metodologias de Gestão e Ferramentas Eficientes**. 2016.

MACHADO, C. *et al.* **Manutenção Prescritiva: a evolução da manutenção na indústria 4.0**. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação. São Paulo, v.9.n.09. set. 2023.

MIKLOVIK, D. **Prescriptive Analytics Will Drive Prescriptive Maintenance**. Disponível em: <https://blog.insresearch.com/what-comes-after-predictive-maintenance>. Acesso em: 12 mai. 2024.

OLIVEIRA, S. M. de.; SILVA, C. T. da.; BRANDÃO, E. M. **Ciclo PDCA**. Universidade Federal Fluminense. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/716521/2/Ciclo%20PDCA.pdf>. Acesso em: 18. mai. 2024.

ONODY R. N. Starlink: **A Revolução da Internet por Satélite**, (2020).

PESSANHA, A.V. **Product Management**. Disponível em: André V. Pessanha - Product Management. Acesso em 18 abr. 2024.

PILON, J. A. **Manutenção Preventiva Sistemática de Pneus em uma Empresa de Transporte Público na Cidade de Vitória-ES**. São Paulo: XIV Simpósio de Engenharia de Produção, 2007.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®)**: 7 ed. Pennsylvania: PMI, 2021.

RAMIREZ, E. F. F.; CALDAS, E. C.; SANTOS Jr. P. R. **Manual Hospitalar de Manutenção Preventiva**. Londrina: UEL, 2002.

RODRIGUES, C. K. **Colheita e transporte florestal**. Curitiba: [s.n.], 2018.

ROLLOF, C. **Apostila de mecanização florestal**. Disponível em: <https://www.ceepro.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Apostila-de-Mecaniza%C3%A7%C3%A3o-Florestal-2020.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2024.

SANTOS, M.; ARAÚJO, M. M.; LIMA, A. R. **Manutenção Preditiva: contribuindo para a melhoria dos processos e para a redução dos custos de operação**. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/10421/2/ManutencaoPreditiva.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2024.

SELLITO, M. A. **Análise estratégica da manutenção de uma linha de fabricação metal-mecânica baseada em cálculos de confiabilidade de equipamentos**. Revista GEPROS (Gestão da Produção, Operações e Sistemas. Ano 2, vol.3, 2007. Disponível em: [.php/gepros/article/view/157/142](http://www.gepros.org.br/gepros/article/view/157/142). Acesso em 14 abr. 2024.

TRANSTECH, E. I. S/C. **Caso: fratura de eixo veicular**. Manual técnico 05. Instituição técnica de engenharia veicular. São José dos Pinhais. [s.d.].

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: O Caminho para Eliminar Falhas nos Equipamentos e Aumentar a Produtividade**. 1 ed. Rio de Janeiro: EDG, 1998.

WIKIPÉDIA. **O que é Play Store®**. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Google_Play. Acesso em 15 mai. 2024.