

UNIVERSIDADE POLITÉCNICA – A POLITÉCNICA
Instituto Superior Politécnico e Universitário de Nacala – ISPUNA

Licenciatura em Administração e Gestão de Empresas

**GESTÃO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO DE LOCOMOTIVAS NA EMPRESA CDN -
CORREDOR DESENVOLVIMENTO DO NORTE**

Ilídio Felizardo Langacitele Júnior

Nacala-Porto

2023

Ilídio Felizardo Langacitele Júnior

**GESTÃO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO DE LOCOMOTIVAS NA EMPRESA CDN -
CORREDOR DESENVOLVIMENTO DO NORTE**

Monografia apresentada à Universidade Politécnica,
“A Politécnica” - Instituto Superior Politécnico e Uni-
versitário de Nacala - ISPUNA como requisito parcial
para a obtenção do Grau de Licenciatura em Adminis-
tração e Gestão de Empresas.

Orientador: **MA. Guedes Banguero**

Nacala-Porto

2023

DECLARAÇÃO

Eu, **Ilídio Felizardo Langacitele Júnior**, declaro que esta Monografia é resultado da minha investigação e das orientações do meu supervisor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto e na bibliografia final.

Declaro ainda que, este trabalho nunca foi apresentado em nenhuma outra Instituição para obtenção de qualquer grau académico.

Nacala – Porto, aos 11 de setembro de 2023

O autor

/Ilídio Felizardo L. Júnior/

Parecer do Tutor:

Este trabalho de Monografia de Licenciatura do estudante **Ilídio Felizardo Langacitele Júnior**, intitulado: “GESTÃO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO DE LOCOMOTIVAS NA EMPRESA CDN - CORREDOR DESENVOLVIMENTO DO NORTE”. reúne condições para a defesa. Durante a realização do mesmo, o estudante teve uma interação com o seu tutor, para fins didáticos, aprova o trabalho. E qualquer questão ligada ao mesmo, o estudante irá responder durante a apresentação e defesa do mesmo.

Tutor

(MA. Guedes Banguero)

FOLHA DE APROVAÇÃO

Este trabalho foi aprovado com a classificação de _____ com a expressão numérica de _____ valores no dia _____ de _____ de 2023, por nós membros do júri examinador da Monografia do Instituto Superior Politécnico e Universitário de Nacala (IS-PUNA).

Júri Examinador

DEDICATÓRIA

Nesta oportunidade, gostaria de dedicar o presente trabalho em especial, a minha esposa Inês Cardoso, pelo apoio e força, para conciliar o trabalho e a Faculdade, aos meus filhos, a minha família, amigos e colegas do trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a DEUS, em seguida aos meus pais, que sempre se esforçaram para me oferecer o melhor, para que eu pudesse ter a formação adequada possível. Agradecer a Universidade Politécnica, Instituto Superior Politécnico e Universitário de Nacala (ISPUNA), o corpo docente que me ajudou direta ou indiretamente desta instituição em particular os que fazem parte desta defesa vai o meu voto especial de cumprimentos e espero que todos estejam bem de saúde, por ter dado a oportunidade de pesquisar e refletir sobre um tema de tanto interesse para mim, e para todos que querem ver os novos desafios de gestão de custos de manutenção de locomotivas na empresa CDN (Corredor desenvolvimento do norte) e a sua contribuição para o desenvolvimento de Moçambique.

Deste modo gostaria de manifestar os meus sinceros agradecimentos ao meu supervisor, Mestre. Guedes Banguero pela conveniência concedida, orientação, confiança transmitida nas etapas mais difíceis e os vários momentos ímpares de aprendizagens e pesquisa durante o desenvolvimento do presente trabalho.

Uma palavra de apreço especial a meu amigo, colega, Engenheiro Francisco Raposo, que no meio dos seus afazeres encontrou tempo para dar um parecer do maior agrado concernente ao título em destaque. Gostaria de agradecer à empresa CDN, pela carinhosa recepção dispensada para a realização do estudo do trabalho de dimensionamento. Especial agradecimento aos colegas da manutenção, operação, Recursos Humanos entre outros, pelo enorme apoio cedido, pela disponibilidade e paciência no contributo para a elaboração do presente trabalho. Agradeço também pela sua boa disposição, que contribuiu para discussões sempre muito motivadoras e que em certas ocasiões “roubando-lhes” o tempo na esperança de ter o melhor trabalho aceitável, direta ou indiretamente na elaboração do presente trabalho.

Epígrafe

“O capital humano é, sem dúvida, o maior recurso de uma empresa. Não importa se o produto vendido é caro. A qualidade de uma empresa é diretamente proporcional às pessoas que emprega.” (Mary Kay Ash - 2000)

ÍNDICE

DECLARAÇÃO	I
DEDICATÓRIA	IV
AGRADECIMENTO.....	V
RESUMO	X
ABSTRACT.....	XI
LISTA DE FIGURAS.....	XII
LISTAS DE TABELAS.....	XIII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	XIV
CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO.....	1
1. Contextualização	1
1.1. Tema.....	3
1.2. Delimitação do Tema	3
1.3. Problema de Investigação.....	3
1.4. Hipótese.....	4
1.4.2. Hipótese 2.....	4
1.5. Objectivo do trabalho.....	5
1.5.1. Objectivo Geral.....	5
1.5.2. Objectivos Específicos	5
1.6. Justificativa.....	5
1.7. Estrutura da Monografia.....	6
CAPÍTULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2. CONCEITOS GERAIS.....	7

2.1. Locomotiva (Resenha Histórica).....	7
2.1.1. Locomotiva Diesel Eléctrica	8
2.1.2. Cadeia de Transmissão de Energia.....	9
2.2. Tipos de Locomotivas da CDN.....	10
2.3. Manutenção	11
2.3.1. Objetivos de Gestão da Manutenção	13
2.3.2. Técnicas de manutenção de Locomotivas	14
2.4. Gestão Produtiva de Manutenção.....	16
2.5. Melhoria contínua de manutenção de locomotivas	17
2.6. Custos e Benefícios de Manutenção Produtiva Total de Locomotivas	18
2.7. Práticas para melhoria da confiabilidade de manutenção de locomotivas	19
2.7.1. Os princípios da melhoria da confiabilidade na manutenção de locomotivas.....	20
2.8. Falha do equipamento	21
2.9. Consequências do fracasso de manutenção de locomotivas	22
2.10.1. Custos por tempo de inatividade de locomotivas.....	23
2.11. Engenharia de Manutenção	27
2.12. Planejamento Estratégico	28
2.13. Planejamento e Controle da Manutenção (PCM).....	31
2.14. Indicadores da manutenção	33
2.15. Gestão de Ativos	34
2.16. Qualidade na Manutenção.....	35
2.17. Terceirização na Manutenção.....	36
2.18. Resultados da Pesquisa Bibliográfica	36

CAPÍTULO III: METODOLOGIA DO TRABALHO DE PESQUISA	38
3. Metodologia	38
3.1. Tipos de pesquisa	38
3.2. Fontes de pesquisas	39
3.3. Interpretação dos resultados	39
CAPÍTULO IV: ESTUDO DE GESTÃO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO DE LOCOMOTIVAS	40
4. ESTUDO DE CASO	40
4.1. Contextualização	40
3.2. Base de Dados	41
4.3. Escolha da amostra	41
4.2.1. Problema do custo elevado de manutenção de locomotivas da CDN	42
4.2.2. Definição da estratégia	43
4.2.2.1. Estratégia de redução de custo do consumo de consúmeis das locomotivas CDN.	43
4.3. Análise dos resultados	48
CAPÍTULO V: CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	50
5. CONCLUSÃO	51
5.1. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
ANEXOS	54

RESUMO

Os meios ferroviários tem sido um dos principais meios para a locomoção de pessoas e bens no nosso país. O veículo principal na circulação dos meios ferroviário são as locomotivas, que são usadas para fornecer potência no transporte de pessoas como diversos tipos de carga. De modo a garantir o seu perfeito funcionamento, as locomotivas necessitam de manutenção constante, de forma planejada e organizada e com baixo custo.

O presente tema, gestão de custos de manutenção de locomotivas tem como principal objetivo realizar uma pesquisa tecnológica exploratória de campo com a estratégia de manutenção que garante a segurança operacional dos ativos, redução de custo de manutenção, mais barata e mais viável operacionalmente, e cujo resultado foi o uso combinado de manutenção preventiva, corretiva e estoque dimensionado dos componentes, com estudo da implantação Gestão de custos de manutenção de locomotivas na empresa CDN - Corredor Desenvolvimento do Norte, de modo a reduzir o alto custo de manutenção no transporte ferroviário que se dividido em custo da via permanente e custo do material rodante e de tração. Fabricados pelas empresas, diesel-elétrica e general elétrica, cujo dentre inúmeros componentes de locomotivas o item com maior custo de manutenção é o motor diesel. O impacto da manutenção desse componente e pela idade avançada de algumas locomotivas acarreta em altos custos de operação e de manutenção que diminuem os lucros das operadoras ferroviárias e inviabilizam a expansão do modal. Pois, objetivo geral é analisar a gestão de custos de manutenção identificando as principais anomalias que têm causado custos excessivos das manutenções não programadas, definindo estratégias de gestão de custos para a redução de perdas garantindo qualidade e confiabilidade, processo este que consiste em fazer diversas inspeções e ajustes no motor da locomotiva.

Uma vez aplicado, pode-se esperar resultados positivos do projeto tais como, redução dos custos de manutenção alcance de metas aumento da produtividade da empresa, pois o actual mecanismo usado não é viável gera perdas na produção pelas avarias constantes no trecho manutenções com elevados custos por falta de planejamento.

Palavras-chave: Gestão, Custos, Manutenção preventiva e corretiva.

ABSTRACT

Railways have been one of the main means of moving people and goods in our country. The main vehicles in the circulation of railway means are locomotives, which are used to provide power to transport people and various types of cargo. In order to guarantee their perfect functioning, locomotives require constant maintenance, in a planned and organized manner and at low cost.

The main objective of this theme, locomotive maintenance cost management is to carry out exploratory technological research in the field with a maintenance strategy that guarantees the operational safety of assets, reducing maintenance costs, which is cheaper and more viable operationally, and whose result was the combined use of preventive and corrective maintenance and dimensioned stock of components, with a study of the implementation management of locomotive maintenance cost in the company CDN-Corredor disinvolvement do Norte, in order to reduce the high cost of rolling stock and traction. Manufactured by companies, diesel-electric and General Electric, among countless locomotive component and the advanced age of some locomotive leads to high operating and maintenance costs that reduce the profits of railway operators and make expansion of the mode unviable. Therefore, the general objective is to analyze maintenance cost management, identifying the main anomalies that have caused excessive costs of unscheduled maintenance, defining cost management strategies to reduce losses, guaranteeing quality and reliability, a process that consists of in carrying out various inspections and adjustments to the locomotive engine.

Once applied, one can expect positive results from the project such as reducing maintenance costs, achieving targets, increasing the company's productivity, as the current mechanism used is not viable, generating losses in production due to constant breakdowns in the maintenance section with high costs due to lack of planning.

Keywords: Management, Costs, Preventive and corrective maintenance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Locomotiva de passageiros, Zephyr	7
Figura 2: Conexão dos motores de tracção	8
Figura 3: Partes e componentes de uma locomotiva diesel – eléctrica sofisticada (micro processada).....	9
Figura 4: Cadeia de transmissão de energia em uma locomotiva.....	10
Figura 5: 5A - Modelo GE-U20C. 5B - Modelo GE-C30-ACI.....	11
Figura 6: Organização do conhecimento para definição do melhor sistema de gestão da manutenção	17
Figura 7: Representação dos custos da manutenção.	19
Figura 8: Recursos que devem ser levados em conta ao avaliar a oportunidade perdida.	25
Figura 9: Gestão de Engenharia de Manutenção	28
Figura 10: Passos do Processo Formal de Planeamento.	30
Figura 11: Oficina de Manutenção de Locomotivas de Nacala da	40
Figura 12: Ciclo de substituição de componentes de locomotivas	44
Figura 13: Custo aplicado para estratégia 01	46
Figura 14: Custo aplicado para estratégia 02.....	47
Figura 15: Custo aplicado para estratégia 03.....	47
Figura 16: Custo aplicado para estratégia 04.....	48

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1: Legenda da Locomotiva Diesel Eléctrica	9
Tabela 2: Características das locomotivas da CDN	11
Tabela 3: Comparação entre sistemas de controle manual e informatizado.	32
Tabela 4: Frota de Locomotivas da CDN	41
Tabela 5: Custo preventivo e correctivo de consumiveis de locomotivas CDN.....	43
Tabela 6: Projeção dos custos de manutenção para o ano 2024	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAMAN	-	Associação Brasileira de Manutenção
ACR	-	Análise de causa raiz
AC	-	Análise de criticidade
CDN	-	Corredor de Desenvolvimento do Norte
CFM	-	Portos e Caminhos de Ferro de Moçambique
FTM	-	Manutenção de tempo fixo
FMEA	-	Análise detalhada de modos e efeitos de falha
MTBF	-	Tempo médio entre falhas
MTTR	-	Tempo médio para reparo
MCO	-	Melhoria da confiabilidade operacional
MCC	-	Manutenção centrada na confiabilidade
MBR	-	Manutenção baseada em risco
MCCR	-	Manutenção centrada na confiabilidade reversa
IBR	-	Inspeção baseada no risco
JIT	-	Just-in-time
OCR	-	Optimização de risco de custo
PCM	-	Planeamento e Controle da Manutenção
TQM	-	Qualidade Total ou Total Quality Management

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

1. Contextualização

O CDN (Corredor de Desenvolvimento do Norte) é uma empresa moçambicana, constituída em agosto de 2001, com o objetivo principal de gestão, reabilitação e exploração comercial de forma integrada das infraestruturas do Porto de Nacala e da rede ferroviária do norte do país. A empresa está integrada no Projeto do Corredor de Nacala e os seus serviços baseiam-se em três actividades principais: Tráfego de Mercadorias: Entre o Porto de Nacala, estendendo-se até ao Malawi e Zâmbia; Serviço de Passageiros: Entre Nampula e Cuamba e vice-versa; Serviços Marítimos: No Porto de Nacala. O CDN permite a interligação do Porto de Nacala com o sistema ferroviário do Norte aproximando pessoas entre o litoral e interior na zona norte de Moçambique e países vizinhos: o Malawi e a Zâmbia.

O sistema ferroviário desempenha um papel vital na economia de um país principalmente no transporte de carga. O tempo de viagem curto (transit - time) e a capacidade de carga são os fatores que tornam o sistema ferroviário mais competitivo. E o sistema ferroviário de Moçambique é operada pela empresa pública, Porto e Caminhos – de - Ferro de Moçambique - CFM, que tem por volta de 43 anos de história e foi desenvolvida para servir os portos de Maputo, Beira, Nacala, Xaí – Xaí, Inhambane e Quelimane, estão no ativo os portos de Maputo, Beira e Nacala manuseando e transportando carga para os países vizinhos graças a sua localização geográfica. (CFM, WEBSITE 2021).

A empresa Corredor de Desenvolvimento de Norte, opera na linha de Nacala Porto, Cuamba e Lichinga, desde 2006, transportando passageiro e carga geral, possui 24 locomotivas, com 12 rodados por cada locomotiva que se totaliza em 288 rodados. Olhando para missão e visão nota-se que a empresa pretende ser competitiva, e é possível através de pessoas engajadas e a utilização dos ativos com eficiência e segurança, atendendo requisitos necessários (estratégia de manutenção).

A segurança operacional é o fator mais importante na CDN, assim como redução de custo na fabricação e aquisição de seus componentes e não afetando a confiabilidade dos produtos, pois aci-

dentes e falhas no sector ferroviário geram elevados prejuízos financeiros, danos ambientais algumas vezes irreparáveis, perdas de vidas humanas e atrasos nas entregas de cargas. Face a este factor pretende-se desenvolver com este projeto um estudo de desgaste dos rodados que culminará como cálculo da taxa de desgaste dos rodados em mm/km que permitirá definir a vida útil do rodado tendo em conta as condições de operação e as características do sistema ferroviário (velocidade máxima admissível, carga por eixo, extensão e perfil da linha) da CDN. Conhecendo a vida útil dos rodados será possível evitar o colapso das operações na CDN (impacto na disponibilidade das locomotivas), pois será definido um programa de manutenção (monitoramento de desgaste dos rodados) com métodos preventivos a fim de obter rodados nas quantidades previamente estabelecidas e com qualidade.

A gestão operacional da CDN, é composta por quatro tipos de frotas de locomotivas nomeadamente, C30 – ACI, C30 EMP, GT e U20. Para a sua manutenção, a CDN conta a oficina de Nacala e de Nampula, composto por cinco grandes tipos de manutenções, além das inspecções de viagens que são: manutenção preventiva (mensal), revisão trimestral e revisão semestral e anual.

Com a dimensão da sua frota, devendo o quantitativo para suprir as necessidades. A CDN tem o desafio de gerenciar a redução dos investimentos com a sua aquisição e manutenção. Assim, e de acordo com os princípios de racionalização dos investimentos e de minimização dos custos, as acções tomadas deverão ser direccionadas no aumento da disponibilidade do material circulante ferroviário de modo a aumentar a disponibilidade consistindo em reduzir o número de paragens por avaria e os tempos de reparação e inspecção o que não é suficiente possuir equipamentos fiáveis para se obterem elevados índices de disponibilidade, mas que é também necessário garantir máxima celeridade nas operações de reparação, manutenção e inspecção.

1.1. Tema

O presente trabalho tem como tema, Gestão de Custos de Manutenção de Locomotivas na Empresa CDN - Corredor Desenvolvimento Do Norte.

1.2. Delimitação do Tema

As locomotivas da empresa CDN, corredor de Desenvolvimento do Norte da província de Nampula, fazem a circulação desde o porto de Nacala - Porto com carga geral para o Malawi e Tete, e fazem o transporte de Passageiro com os seguintes destinos Nampula - Cuamba, Cuamba - Lichinga e Cuamba – Entre Lagos, portanto o estudo feito é relativo ao ano 2021 - 2022.

1.3. Problema de Investigação

A oficina da CDN depara-se actualmente com a falta de uma estratégia de gestão de custo de manutenção de locomotivas capaz de dar uma visibilidade confiável na redução de custo no envelhecimento e/ou tendência de sucateamento de locomotivas (fim da vida útil) o que asseguraria a revisão preventiva planificada e aquisição de novos spare parts a: curto, médio e longo prazo nas quantidades certas. Esta situação preocupa o gerente, o supervisor de manutenção de locomotivas e a equipa técnica da engenharia desta ferrovia, visto que os custos de manutenção ou recuperação de locomotivas são actualmente feitas intervenções de planos trimestrais, semestrais e anuais, o que causa impacto na disponibilidade física das locomotivas, fragilizando este conceito que constitui o principal indicador deste processo e que na prática resulta na falta de activos para atender a demanda de transporte.

Com isso, a empresa tem vindo a enfrentar desafios para suprir as necessidades na gestão de custos de manutenções corretivas das locomotivas, resultando nos custos excessivos no atendimentos das manutenções não programadas e por falta de gestão de spare parts (consumíveis) e gestão de envelhecimento e sucateamento de locomotivas alinhados aos perfis dos trens das locomotivas, que tem causado a ruptura na disponibilidade física e operacionalidade das locomotivas, inviabilizando a produção da empresa.

Segundo Gil (1999) e Knechtel (2014). A investigação é um método que utiliza a quantificação nas modalidades de colecta, observação, interacção participativa e a interpretação das informações e no seu tratamento, mediante técnicas estatísticas, tais como percentual, média, desvio-padrão, entre outros.

No entanto, surge a seguinte questão:

Como evitar ruptura na disponibilidade física das locomotivas tendo em conta ao custo excessivo das manutenções corretivas das frotas de locomotivas da empresa CDN?

1.4. Hipótese

Do problema de pesquisa, surgem as seguintes hipóteses:

1.4.1 Hipótese 1

- ✓ Fazer o acompanhamento das corretivas versus custos por cada frota de locomotivas pode calcular-se a taxa média de correctivas e a definição de um plano das locomotivas no estado de vida útil terminal (envelhecimento e/ou tendência de sucateamento), o que irá permitir a definição de uma estratégia de gestão de custo de manutenções correctivas para a redução de custo preventivo e garantindo a qualidade de produção.

1.4.2. Hipótese 2

- ✓ Monitorar as manutenções correctivas das locomotivas levando em consideração os custos por intervenção, alinhado a estratégia de manutenção de recuperação de componentes o que irá garantir o stock, a qualidade de produção e a redução de custos das correctivas, eliminando os problemas actuais de espera de material, para operacionalização das locomotivas.

1.5. Objectivos da pesquisa

1.5.1. Objectivo Geral

Estimar um estudo de gestão de custo de manutenção correctiva de Locomotivas na Empresa CDN - Corredor Desenvolvimento Do Norte.

1.5.2. Objectivos Específicos

Os objectivos específicos do trabalho resumem - se em:

- Identificar as principais anomalias que têm causado custos excessivos nas correctivas das locomotivas;
- Apresentar as causas que originam os custos excessivos das manutenções não programadas e desenvolver a base de dados para o acompanhamento das correctivas;
- Elaborar um plano de recuperação de componentes alinhando a locomotivas de sucateamento garantindo o stock e a redução de custos das correctivas;
- Definir uma estratégia de gestão de custo de manutenções correctivas para a redução de custo preventivo e garantindo a qualidade de produção alinhado o tempo útil actual para cada tipo de frota de locomotivas;

1.6. Justificativa

A ferrovia é um sistema complexo, composto por várias áreas ou subsistemas, com o objectivo principal que é a circulação de locomotiva (comboio). Pode-se citar como subsistemas que compõem a ferrovia: a Via-férrea, material rodante (locomotivas e vagões e carruagem), composto por rodados na sua estrutura básica, (veículos rígidos/ bogies).

A locomotiva é um veículo ferroviário que fornece a energia necessária para a colocação de um comboio ou trem em movimento; as locomotivas não têm capacidade de transporte própria, quer de passageiros, quer de carga. No entanto, alguns comboios, possuem unidades (carruagens) mistas auto-alimentadas que também servem principalmente, para o transporte de pessoas; a esses veículos, no entanto, não se dá normalmente o nome de locomotiva, mas trem unidade.

Durante as pesquisas constatou – se o grande índice de corretivas, causado através da fadiga, vida útil dos componentes dos componentes (consumíveis) que suportam durante o serviço com a falta de gestão de custo e um bom aproveitamento de sucateamento.

Eis as razões da escolha do tema, devido a relevância dos problemas apurados na pesquisa, de modo a implantar melhorias, além do atendimento das estratégias de manutenção das locomotivas, oferecimento da segurança operacional.

1.7. Estrutura da Monografia

Esta Monografia apresenta na sua estrutura, para além da parte introdutória (Capítulo I), quatro (04) capítulos, conclusões e sugestões. Na parte Introdutória são apresentados: O tema, delimitação do tema, o problema de pesquisa, os objectivos, Hipóteses e Justificativa.

Capítulo II, Revisão bibliográfica (conceitos gerais), onde é levantada toda a fundamentação necessária relacionados a presente trabalho de pesquisa encontrados na literatura, servindo de ponto de partida para o desenvolvimento do trabalho, contemplando o tema para o estudo de gestão de custo de manutenção corretiva de Locomotivas na Empresa CDN - Corredor Desenvolvimento Do Norte.

Capítulo III, Metodologia do trabalho de pesquisa, onde é apresentado o conjunto de procedimentos lógicos e técnicas de coleta de dados usados para a elaboração do trabalho.

Capítulo IV, Estudo de gestão de custo de manutenção corretiva de Locomotivas, onde é feito o estudo e avaliação completa, com inclusão da análise de viabilidade económica da presente pesquisa de modo a viabilizar a aplicação em campo.

Capítulo V, Considerações finais e Sugestões, neste capítulo faz-se análise do estudo trabalho de desgaste dos rodados, e na última parte do trabalho apresenta-se as conclusões obtidas da pesquisa, bem como as sugestões relacionadas com o tema.

CAPÍTULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, faz-se a revisão bibliográfica do estudo de gestão de custo de manutenção corretiva de Locomotivas de modo a sustentar as vantagens, bem como os benefícios do estudo proposto e fundamentar com conceitos científicos os resultados do estudo.

2. CONCEITOS GERAIS

2.1. Locomotiva e sua evolução

As invenções tecnológicas que ocorreram na Alemanha no final do século XIX revolucionaram os meios de transporte no século XX. Em 1866 o gerador de corrente contínua de excitação - auto foi inventado por Werner Von Siemens. Em 1892 o motor de combustão interna a diesel foi patenteada por Rudolf Diesel (BORBA, 2011).

Desde 1897, quando os primeiros modelos do motor diesel passaram a ser comercializados, as atenções dos engenheiros ferroviários voltaram-se para a sua aplicação em locomotivas (BORBA, 2011).

Em 1925 o motor diesel foi empregue pela primeira vez numa locomotiva de manobras da *Central of New Jersey Railroad*, em 1934 foi utilizado no novo comboio de passageiros Zephyr e, foi utilizado no transporte de cargas na Ferrovia Santa Fé (BORBA, 2011).



Figura 1: Locomotiva de passageiros, Zephyr (BORBA,2011).

2.1.1. Locomotiva Diesel Eléctrica

A locomotiva diesel - eléctrica é um sistema de produção e geração de energia eléctrica, completo e isolado, isto é, carrega sua própria central eléctrica, visto que não está conectada a uma rede eléctrica pública através de cabos aéreos ou de um terceiro carril (BORBA, 2011).

O sistema de produção e geração de energia eléctrica da locomotiva diesel - eléctrica tem o motor diesel como fonte primária de energia, que é directamente acoplado a um gerador de energia eléctrica que produz a electricidade necessária para alimentar os motores eléctricos de tracção que accionam os rodados da locomotiva (BORBA, 2011).

O tanque de combustível é também essencial, uma vez que o motor diesel transforma a energia química contida no combustível (diesel) em energia mecânica para accionar o gerador de energia eléctrica (BORBA, 2011).

Por sua vez, os motores eléctricos de tracção podem ser: em corrente contínua ou em corrente alternada.

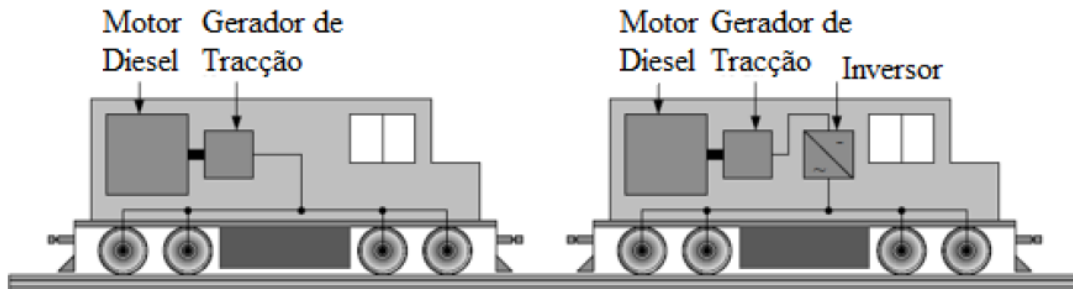


Figura 2: Conexão dos motores de tracção (BORBA, 2011).

Na busca contínua pelo aumento da eficiência, em conjunto com o aprimoramento das unidades de tracção, foram desenvolvidos sistemas de transmissão mais sofisticados, através dos quais, itens antes pouco importantes, passaram a receber atenção cada vez maior. Além da maior eficiência energética e do maior rendimento no sistema de tracção, alcançou-se também uma maior capacidade das unidades de tracção com menores níveis de ruído e de vibrações, o que proporcionou um maior conforto, especialmente nas unidades de transporte de passageiros, isto graças à sofisticação dos componentes de transmissão intermediários, ou seja, dos acoplamentos (BORBA, 2011).

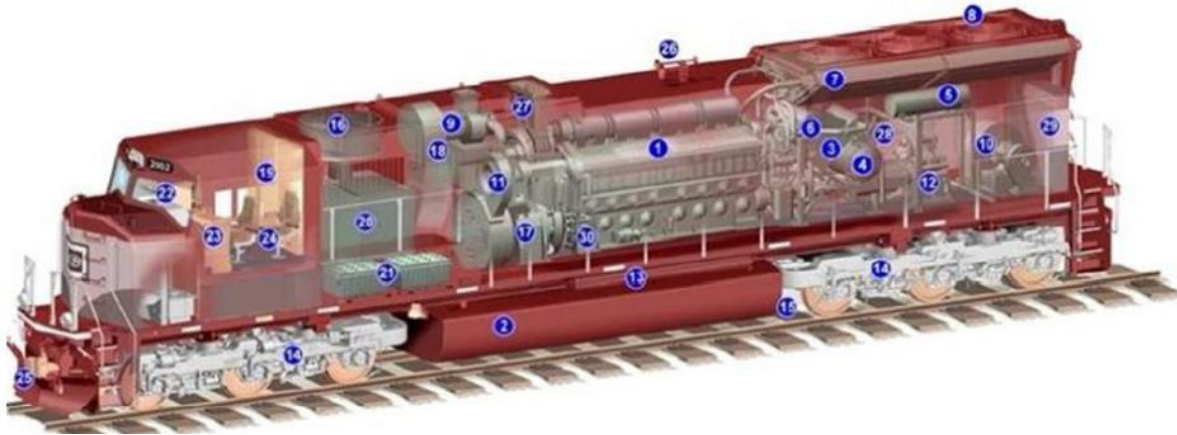


Figura 3: Partes e componentes de uma locomotiva diesel – eléctrica sofisticada (micro processada) (BORBA, 2011).

Legenda da Locomotiva Diesel Eléctrica			
Nº	Descrição de Partes e Componentes	Nº	Descrição de Partes e Componentes
01	Motor diesel	16	Freio dinâmico
02	Tanque de combustível	17	Gerador de tracção
03	Arrefecido de óleo lubrificante	18	Filtro de inércia
04	Filtro de óleo lubrificante	19	Armário eléctrico 1
05	Reservatório auxiliar de água	20	Armário eléctrico2
06	Reservatório da água de arrefecimento	21	Baterias
07	Radiadores	22	Console do maquinista
08	Ventiladores de arrefecimento	23	Console do auxiliar
09	Soprador do bogie 1	24	Poltronas
10	Soprador do bogie2	25	Engates
11	Soprador do gerador	26	Buzina
12	Compressor de ar	27	Descarga de gases
13	Reservatório de ar	28	Filtro primário de combustível
14	Bogie	29	Reservatório de areia
15	Motor de tracção	30	Motores de partida

Tabela 1: Legenda da Locomotiva Diesel Eléctrica (BORBA, 2011).

2.1.2. Cadeia de Transmissão de Energia

Segundo Borba (2011), a cadeia de transmissão de energia desde o Motor Diesel até as rodas de uma locomotiva-eléctrica está representada esquematicamente no diagrama de blocos.

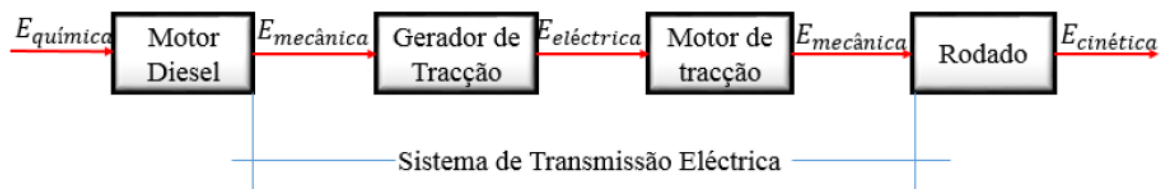


Figura 4: Cadeia de transmissão de energia em uma locomotiva (BORBA, 2011).

Do diagrama da Figura 4 observar-se que:

- O motor diesel converte a energia química contida no combustível (diesel) em energia mecânica, e a entrega através do eixo da árvore de came ao gerador de tracção.
- O gerador de tracção converte a energia mecânica fornecida pelo motor diesel em energia eléctrica, e a entrega ao motor eléctrico de tracção, denominado motor de tracção.
- O motor de tracção converte a energia eléctrica fornecida pelo gerador de tracção em energia mecânica, e a entrega através de um conjunto de engrenagens às rodas acopladas ao eixo da locomotiva.
- O rodado converte a energia mecânica fornecida pelo motor de tracção em energia cinética que dá movimento ao comboio.

Como pode-se observar, o sistema que transmite a energia da ponta do eixo da árvore de came do motor diesel até aos rodados é composto por um sistema eléctrico formado pelo gerador de tracção que fornece energia eléctrica aos motores de tracção, recebendo em função disso, a denominação de Sistema de Transmissão Eléctrica.

2.2. Tipos de Locomotivas da CDN

A CDN possui ao todo 05 frotas de locomotivas, que diferem entre si em vários factores, como a potência, tipo de truque e o tipo de motores de tracção. Todavia as locomotivas são aplicadas ao transporte de carga (carga diversa e responsabilidade social os passageiros).

FROTA	MODELO	POTÊNCIA	BOGIE	MOTORES DE TRACÇÃO	SISTEMA DE FREIO	APLICAÇÃO
Indiana	YDM4	1300 HP	C-C	C-C	28LAV	Manobra
GT26CU-2	GM	2700 HP	C-C	C-C	26 L convencional	Linha
GT26	GM	2000 HP	Alto desempenho	C-C	26L CCBII	Manobra

C30-EMP	GE	3000 HP	C-C	C-C	26L CCBII	Linha
C30-ACI	GE	3300 HP	Alto desempenho	A-C	26L convencional	Linha

Tabela 2: Características das locomotivas da CDN (AUTOR)



Figura 5: 5A - Modelo GE-U20C. 5B - Modelo GE-C30-ACI

2.3. Manutenção

De acordo com Zairi (1991). A evolução do conceito de manutenção baseia-se sobre os aspectos básicos de manutenção, algumas definições básicas são:

- **Manutenção preventiva:** Uma tarefa envolvendo mudanças/reconstruções de peças/equipamentos em uma base regular, independentemente do estado do mesmo;
- **Manutenção preditiva:** Pesquisa por inspeções periódicas para determinar quando alterar ou reconstruir uma peça/equipamento, dependendo do estado actual do mesmo;
- **Manutenção de detecção:** Procura detectar a ocorrência de falhas escondidas na protecção e/ou no equipamento alternativo;
- **Manutenção correctiva:** restituição do equipamento ao estado operacional ideal após a ocorrência de uma falha;
- **Manutenção Detetiva ou Baseada em Risco:** matematicamente dado pelo produto da probabilidade de ocorrência de um evento e suas consequências.

Para Lezlo (1999). Houve um crescimento significativo de novos conceitos de manutenção e metodologias aplicadas à gestão da manutenção nas indústrias de todo o mundo ao logo dos anos de desenvolvimento desta temática. Até o final da década de 90, os desenvolvimentos alcançados na 3ª geração de manutenção incluíram:

- ferramentas de apoio à decisão, como estudos de risco, modos de falha e análise de causa de falhas;
- novas técnicas de manutenção, como monitoramento de condições;
- projete equipes, dando muita relevância à confiabilidade e à Manutenção;
- uma grande mudança no pensamento da organização para a participação do trabalho em equipe.

Para estes usos, novas tendências, técnicas e filosofias de manutenção foram adicionadas até os dias actuais, de tal forma que agora podemos falar de uma "quarta geração" de manutenção. A nova abordagem se concentra em eliminar falhas usando técnicas proactivas. Não é mais suficiente para eliminar as consequências da culpa, mas para encontrar a causa dessa falha para eliminá-la e, assim, impedi-la de se repetir, (ZAIRI,1991).

Há também uma preocupação crescente sobre a importância da manutenção e confiabilidade do equipamento, por isso, é fundamental levar em conta esses valores a partir da fase de design do projeto. Outro ponto importante é a tendência a implementar sistemas de melhoria contínua dos planos de manutenção preventiva e preditiva, para a organização e execução da manutenção. Além destas características descritas acima, há dois outros tópicos importantes na manutenção como a conhecemos.

- **Gestão de riscos** – É a ferramenta que ajuda a identificar e controlar possíveis eventos que têm uma baixa probabilidade, mas consequências graves, especialmente em organizações que operam em indústrias de risco. A manutenção está sendo vista como um participante-chave neste processo.

No passado, tais eventos eram simplesmente controlados por uma extensão dos sistemas de gestão de segurança e meio ambiente implementados em cada empresa. No entanto, há uma percepção crescente de que a aplicação desses sistemas de manejo às "baixas probabilidades/consequências graves" não é efectiva, por isso, é necessário desenvolver outras metodologias, ZAIRI, M. (1991).

- **Padrões de falha** – São indicadores que estão mudando muitas das crenças tradicionais sobre o relacionamento que existe em uma máquina entre o envelhecimento e o fracasso.

Em particular, tem sido demonstrado que para muitas equipas há muito pouca relação entre o tempo de operação e a probabilidade de falha. A abordagem inicial para a manutenção significava que a probabilidade de uma máquina falhar aumenta dependendo do tempo de operação, e a probabilidade de falha na "velhice" da máquina é maior.

A segunda geração de manutenção introduziu o conceito de "mortalidade infantil". Esta maneira a taxa da falha de uma máquina pode ser representada com uma curva da cuba, assim sendo é mais provável falhar durante o começo e o fim de sua vida útil. No entanto, na manutenção actual, foi demonstrado que podemos definir seis padrões de taxa de falha diferentes, dependendo do tipo de máquina que estamos usando. Tendo em conta o padrão para o qual cada elemento é ajustado, e é essencial, se o objectivo é alcançar o planeamento de manutenção ideal, (ZAIRI, 1991).

2.3.1. Objectivos de Gestão da Manutenção

Garvin (1991) afirma que a fim de avaliar a gestão da manutenção, os objectivos que a manutenção pretende alcançar devem ser claramente definidos. Esses objectivos serão determinados de acordo com os objectivos da empresa (rentabilidade em mercados competitivos). A melhor maneira de saber se esses objectivos são alcançados ou não, é entender como eles contribuem para melhorar a competitividade da empresa, além de quantificá-los em termos monetários.

As estratégias de manutenção são projectadas para garantir a disponibilidade e a eficiência das unidades, equipamentos e instalações, assegurando a duração de sua vida útil e minimizando os custos de manutenção, no âmbito de segurança e de meio ambiente. Os factores críticos de sucesso do gerenciamento de manutenção são disponibilidade e eficiência, o que indicará a fracção de tempo em que as unidades ou equipamentos estão em condições de serviço (disponibilidade) e a fracção de tempo que seus resultados de serviço estão sendo eficazes para a produção, (LEZLO, 1999).

A melhoria nas duas proporções de disponibilidade e eficiência e a redução dos custos de manutenção são o aumento da rentabilidade da empresa e, portanto, tem influência directa sobre os lucros. O principal objectivo da manutenção é preservar a função e operacionalidade, otimizando

o desempenho e aumentando a vida útil dos activos, assegurando o investimento ideal de recursos. Esta abordagem de manutenção é o resultado de uma evolução significativa ao longo do tempo.

Daft (1992), distingue entre três gerações de manutenção diferentes. Cada um deles representa as práticas recomendadas usadas em um determinado momento.

2.3.2. Técnicas de manutenção de Locomotivas

Segundo, Lezlo (1999). Existem inúmeras ferramentas diferentes, técnicas, metodologias e filosofias de manutenção. Alguns dos mais utilizados, entre outros, podem ser:

- Manutenção autónoma/ manutenção produtiva total (MANUTENÇÃO PREVENTIVA);
- Melhoria da confiabilidade operacional (MCO);
- Manutenção centrada na confiabilidade (RCM)/(MCC);
- Manutenção baseada em risco (MBR);
- Manutenção centrada na confiabilidade reversa (MCC-R);
- Análise de causa raiz (ACR);
- Análise de criticidade (AC);
- Optimização de risco de custo (OCR);
- Inspeção baseada no risco (RBI) (IBR).

Os métodos para melhorar a confiabilidade, portanto, poderiam ser divididos em dois métodos proactivos e reactivos.

- **Métodos proactivos:** procuram a melhoria da confiabilidade usando as técnicas que permitem a eliminação gradual de falhas crónicas e potenciais. Exemplos claros são a manutenção focada na confiabilidade e na manutenção produtiva total.
- **Métodos reativos:** procuram de forma rápida e eficaz a solução dos problemas quotidianos e evitam a repetição de grandes acontecimentos. Em geral, estes são métodos especialmente "pós-morte" o melhor expoente deste método é a análise de causa raiz.

2.3.2.1. Manutenção Produtiva Total

Conhecido pelos grandes benefícios que ganhou nas empresas de manufaturação. Ele demonstrou seu poder no Japão e começou a se espalhar por todo o mundo. Faz um grande esforço para trabalhar em equipes. É fortemente apoiada na limpeza e lubrificação como fontes que eliminam problemas crónicos. Requer uma profunda cultura de trabalho em equipe e um senso de posse dos bens pelos trabalhadores, (LEZLO, 1999).

Não possuir estes exige um trabalho forte na mudança cultural. Está intimamente ligada aos conceitos de melhoria contínua da qualidade e filosofias de falha zero. Difícil de aplicar em empresas de processo, devido, em muitos casos, aos equívocos que resultam nos conceitos de qualidade e defeitos, por outro lado, o problema cultural pode dificultar a implantação a níveis de frustração.

2.3.2.2. Análise de Causa Raiz de Manutenção Corretiva

Técnica poderosa que permite a solução de problemas, com foco a curto e médio prazo. Ele usa técnicas de pesquisa bastante minuciosas, com a intenção de eliminar as causas de problemas/falhas. Seu valor não só reside na eliminação de grandes eventos, mas também na eliminação de eventos crónicos, que tendem a devorar recursos de manutenção. Ao eliminar problemas crónicos e pequenos, gera tempo para uma análise mais aprofundada (por exemplo, RCM), (LEZLO, 1999).

2.3.2.3. Melhoria da Confiabilidade Operacional de Locomotivas

A melhoria na confiabilidade operacional desenvolvida no Reino Unido com a intenção de agrupar as melhores práticas de manutenção e operações com uma orientação de negócios. Reconhece as limitações que a manutenção como uma função tem de conseguir a confiabilidade adequada das facilidades.

Há também a inspeção baseada em risco, que estabelece padrões de inspeção de equipamentos estáticos (caldeiras, linhas de transmissão, etc.), dependendo do seu risco associado, novas abordagens permitem usar o software para levar em conta também o estado actual do equipamento,

que desencadeia a optimização contínua por custo/risco e não uma frequência de inspecção fixa, (LEZLO, 1999).

Os relatórios económicos foram substanciais, além dos benefícios da disponibilidade e da produção. Também é possível optimizar com este tipo de técnicas a frequência de busca de falhas ocultas (investigação de falhas, manutenção detectiva), deixando de usar, em seguida, fórmulas mágicas que não geram uma frequência ideal por custo/risco, podendo simular factores como probabilidade de sucesso do teste e probabilidade de destruição do equipamento testado.

2.4. Gestão Produtiva de Manutenção

Segundo Tsang (2002), define a Gestão Produtiva Total a organização do trabalho de manutenção aplicando as seguintes acções:

- Cultivar um sentido de propriedade no operador introduzindo a manutenção autónoma do operador, por meio da qual o operador assume a responsabilidade pela atenção primária do maquinário. As tarefas envolvidas incluem inspecção de rotina, lubrificação, ajustes, pequenas reparações, bem como a limpeza e arrumação do seu espaço de trabalho.
- A gerência deve demonstrar seu compromisso com a manutenção preventiva, dedicando tempo suficiente e alocando recursos adequados para criar e manter as mudanças culturais necessárias e para fornecer treinamento aos funcionários para obter manutenção autónoma.

De acordo com Souza (2008), a gestão da manutenção se inicia na definição da concepção:

- A gestão deve estar relacionada a todo conjunto de acções, decisões e definições sobre tudo o que tem de realizar, possuir, utilizar, coordenar e controlar para gerir os recursos fornecidos pelos serviços que são aguardados em função da manutenção”.
- A concepção, ou modelo, revela como a empresa pretende que a função manutenção haja para que sejam alcançadas as metas do negócio.

A Figura 6 abaixo ilustra um exemplo de metodologia para ajudar o gestor a decidir qual a concepção de manutenção mais adequada de acordo com as características de sua empresa.

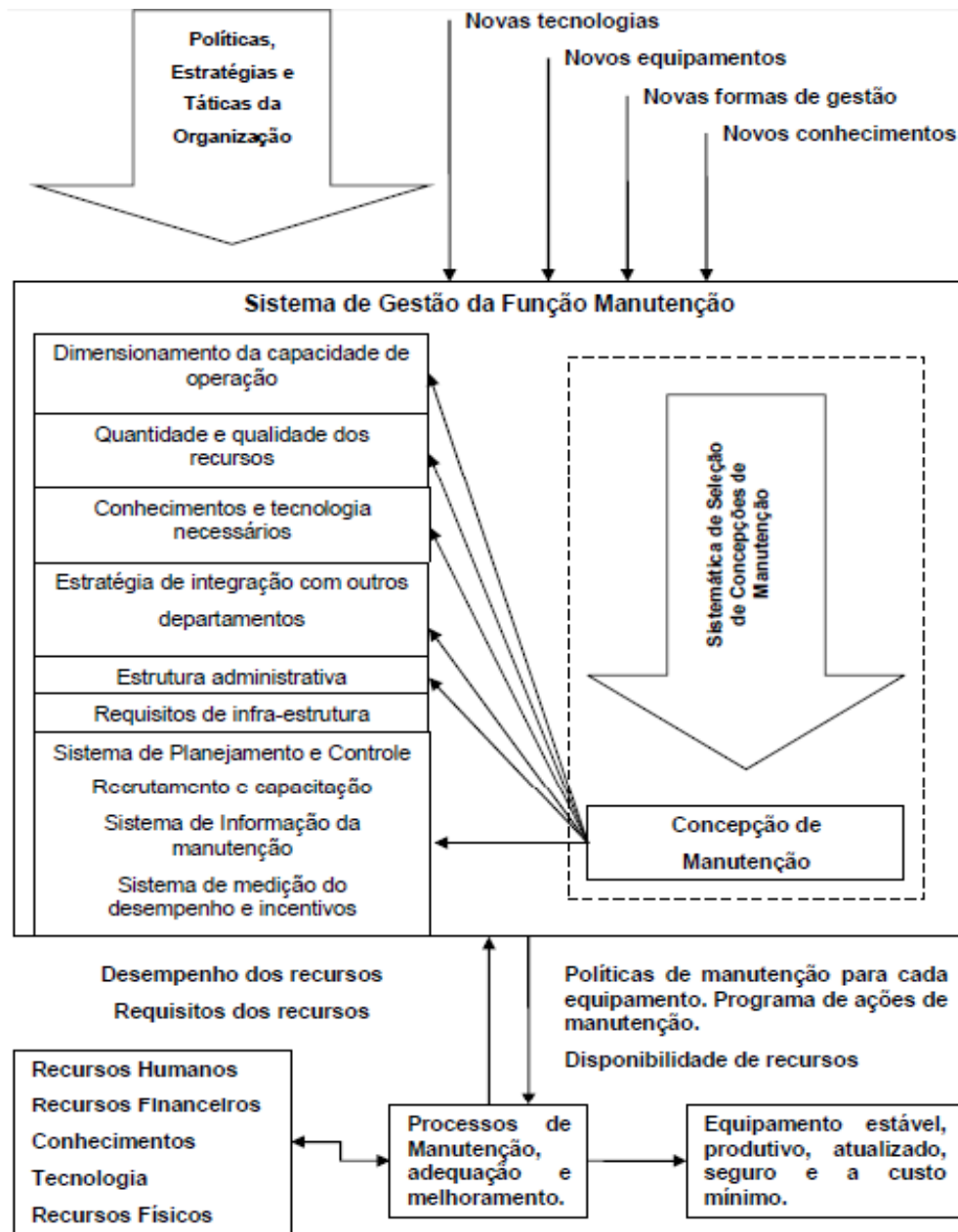


Figura 6: Organização do conhecimento para definição do melhor sistema de gestão da manutenção (FUENTES, 2006)

2.5. Melhoria contínua de manutenção de locomotivas

A busca contínua por melhores métodos para realizar uma tarefa é caracterizada pela determinação de melhorias incrementais e radicais nos processos existentes. Concentrar-se nos processos existentes diferencia a melhoria contínua de outras abordagens, como a reengenharia, que desconsidera os procedimentos existentes e desenvolve novas formas de realizar a tarefa, (Martelo, 1990).

A melhoria contínua como parte do atendimento de activos é uma evolução contínua que inclui a busca contínua de “pequenas coisas” que podem tornar uma organização mais competitiva. Uma das principais ferramentas para alcançar a melhoria contínua é o benchmarking de melhores práticas, que examina o processo de manutenção actualmente empregado e o compara com aqueles nas organizações que são líderes mundiais nesse aspecto e, portanto, destacam as mudanças necessárias para melhorar o processo.

2.6. Custos e Benefícios de Manutenção Produtiva Total de Locomotivas

Para apreciar os benefícios, que podem resultar da implementação de uma política de manutenção inteligente, é importante avaliar os vários custos envolvidos.

Segundo Visser (1998). sugeriu que, em média, 25 anos atrás, 70% do tempo de manutenção foi gasto em lidar com emergências (ou seja, combate a incêndios) e 15% na manutenção preventiva planejada. Se uma política de “combate a incêndios” for adoptada, uma alta proporção dos custos será sempre inevitável.

Reparos de emergência significam que altos níveis de estoque de componentes de reposição, especialmente peças críticas, devem ser carregados o tempo todo. Também a manutenção reactiva tem um impacto negativo no tempo de produção. É determinado o custo e o tempo de inatividade a partir de possíveis oportunidades de vendas / perda de produção, pode ser avaliado com precisão.

Os custos de manutenção podem ser representados por uma curva, como na figura 6, uma mudança de atitude em relação à MP, desde a implementação de manutenção de rotina, como inspecções, lubrificação, etc., até diagnósticos de falhas e estudos preditivos levará a uma redução drástica no reparo. Custos, minimizando assim o tempo de inatividade da produção e as perdas de receitas de vendas, (Zaire. M, 1991).

Para obter o melhor impacto possível de um programa de manutenção produtiva total, é importante que os gerentes de manutenção / produção calculem ou obtenham estimativas de todos os custos envolvidos. O impacto da manutenção produtiva total nos níveis de produtividade só pode ser totalmente apreciado quando os vários custos e seus impactos foram compreendidos e calculados.

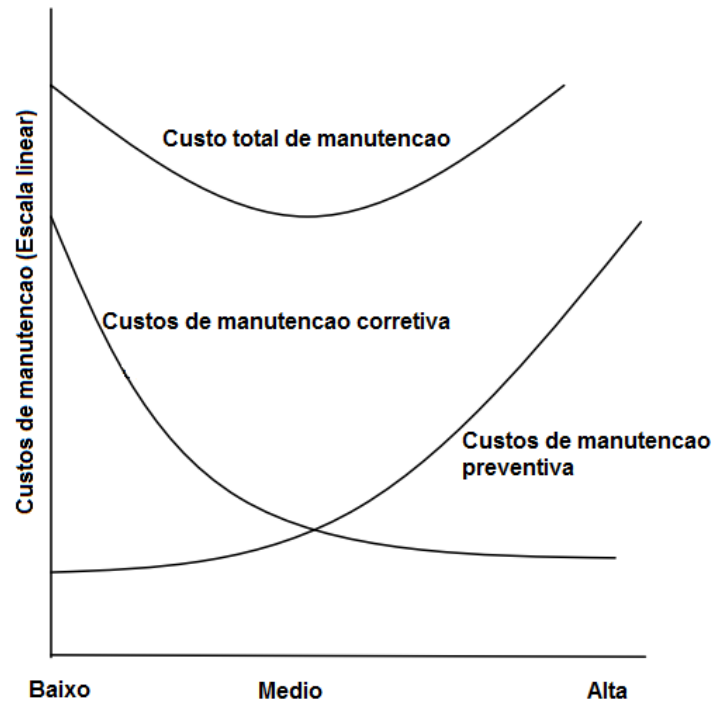


Figura 7: Representação dos custos da manutenção. (ZAIRE, 1991).

A manutenção produtiva total tem um impacto direto na produtividade, (figura 6) decorrente da mão-de-obra, capacidade e disponibilidade, bem como na utilização e produtividade dos ativos de capital. Também tem um impacto direto no número de componentes de substituição mantidos na loja para fins de manutenção (para reparos de emergência) e as quantidades de matérias-primas em estoque.

Segundo Hugh (2002), a equipe de manutenção deve adotar uma abordagem proativa para reduzir a distância entre os custos reais de fabricação e o que poderia ser alcançado pela redução de desperdícios e ineficiências. Uma abordagem de manutenção focada no lucro tem suas raízes na manutenção produtiva total.

2.7. Práticas para melhoria da confiabilidade de manutenção de locomotivas

Uma das práticas que vem sendo adotada pelas empresas de classe mundial, como forma de garantir a sua competitividade e a conseqüente perpetuação no mercado, é a prática da metodologia da manutenção centrada em confiabilidade.

Segundo Tsang (2002), existem ferramentas que podem ajudar a gerir manutenção de forma eficiente e com confiabilidade técnica adequada. Algumas dessas ferramentas são o RCM, que consiste em processos estruturados para determinar as estratégias de manutenção de equipamentos necessárias para qualquer activo físico, a fim de garantir que ele continue a cumprir suas funções pretendidas nas actuais condições de operação.

O objetivo da melhoria da confiabilidade é determinar quais são os componentes críticos em qualquer processo e, com base nessas informações, projetar uma estratégia personalizada de manutenção preventiva / preditiva.

Os modos de falha que resultam em altos custos ou ferimentos de pessoal, ou onde a confiabilidade resultante ainda é inaceitável em termos de segurança ou impacto operacional ainda recebem a abordagem rigorosa, mas todos os outros modos de falha usam uma análise intuitiva.

2.7.1. Os princípios da melhoria da confiabilidade na manutenção de locomotivas

Segundo Hofstede (1984) e Visser (1998). Os principais princípios da melhoria da confiabilidade, são:

- A melhoria da confiabilidade busca preservar a função do sistema ou do equipamento - não apenas operabilidade. A redundância de função, através de vários equipamentos, melhora a confiabilidade funcional, mas aumenta o custo do ciclo de vida em termos de suprimento e custos operacionais.
- A melhoria da confiabilidade é focada no sistema é mais preocupada com a manutenção da função do sistema do que a função de componentes individuais.
- A melhoria da confiabilidade é centrada na confiabilidade – trata estatísticas de falhas de uma forma atuarial. A relação entre a idade de operação e as falhas vivenciadas é importante. A melhoria da confiabilidade não está excessivamente preocupada com taxa de falha simples; procura saber a probabilidade condicional de falha em idades específicas (a probabilidade de que a falha ocorrerá em cada faixa etária de operação dada).

- A melhoria da confiabilidade reconhece limitações de projeto – seu objetivo é manter a confiabilidade inerente do projeto do equipamento, reconhecendo que as mudanças na confiabilidade inerente são a província do projeto um pouco do que a manutenção. A manutenção pode, na melhor das coisas, apenas alcançar e manter o nível de confiabilidade para o equipamento, que é previsto pelo projeto. No entanto, a melhoria da confiabilidade reconhece que o gabarito da manutenção pode melhorar continuamente. Além disso, a melhoria da confiabilidade reconhece que existe uma diferença entre a vida de design percebida e a vida de design intrínseca ou real, e aborda isso através do processo de exploração da idade.
- A melhoria da confiabilidade é impulsionada pela segurança e pela economia – a segurança deve ser assegurada a qualquer custo; posteriormente, a rentabilidade torna-se o critério.
- A melhoria da confiabilidade define falha como qualquer condição insatisfatória – portanto, a falha pode ser uma perda de função ou uma perda de qualidade aceitável (operação contínua).
- A melhoria da confiabilidade usa uma árvore lógica para tarefas de manutenção de tela – isso fornece uma abordagem consistente para a manutenção de todos os tipos de equipamentos.

As respostas a essas questões determinam as acções necessárias para manter os sistemas ou equipamentos funcionando dentro dos padrões de aceitabilidade. Com esse legado, os benefícios da melhoria da confiabilidade pintam uma imagem de uma ferramenta que nenhuma organização intensiva de activos deve ignorar. (visser, 1998).

2.8. Falha do equipamento

A falha pode ser definida de várias maneiras. Em uma falha de sentido largo é simplesmente uma condição insatisfatória. A melhoria da confiabilidade, no entanto, exige-nos a olhar para o fracasso

de não apenas um ponto de vista do equipamento, mas um ponto de vista do sistema também. Essencialmente, a definição de falha depende da função de um item ou sistema e o contexto operacional no qual o item/sistema é usado. Falha funcional é essencialmente a incapacidade de um item/sistema para atender ao seu padrão de desempenho especificado. Uma perda completa da função é uma falha funcional.

2.9. Consequências do fracasso de manutenção de locomotivas

As consequências da falha determinam a prioridade das actividades de manutenção ou a melhoria de projeto exigida para impedir a ocorrência. Se a falha de um item resulta em pouca ou nenhuma consequência actividades de manutenção entradas são geralmente necessárias. Um dos principais objectivos a melhoria da confiabilidade é identificar as técnicas de manutenção mais rentáveis e aplicáveis para minimizar o risco e o impacto da falha em instalações e equipamentos. Isto permite que os sistemas e a funcionalidade do equipamento sejam mantidos da maneira mais económica.

Os objectivos específicos da melhoria da confiabilidade são assegurar a realização dos níveis inerentes da segurança e da confiabilidade do equipamento, restaurar o equipamento a estes níveis inerentes quando a deterioração ocorre, além de obter as informações necessárias para a melhoria do projeto dos itens cuja inerente confiabilidade revela-se inadequada e atingir esses objectivos com custo totais mínimos, incluindo custos de manutenção, custos de suporte e consequências económicas das falhas operacionais.

Esse tipo de manutenção pressupõe que a falha é igualmente provável que ocorra em qualquer parte, e que uma falha não é prejudicial para a operação. Quando este é o único tipo de manutenção praticada altas taxas de falha, inventários de grandes partes, e quantidades excessivas de horas extraordinárias se tornam comuns. (Hofstede,1984).

Um programa de manutenção comumente ignora muitas das oportunidades para influenciar a capacidade de sobrevivência do equipamento. Em contrapartida a Manutenção preventiva consiste em inspecções, ajustes, limpezas, lubrificação e substituição regulares de componentes e equipamentos.

2.10. Custos da manutenção locomotiva

A forma como a manutenção é realizada influenciará a disponibilidade da planta, bem como a segurança da operação. Estes, por sua vez, determinarão a lucratividade da empresa. A manutenção continua a ser um dos poucos sectores de actividades através dos quais podem ser alcançados aumentos significativos nos lucros das empresas. Os problemas comuns incluem:

- Seu alto custo;
- Subutilização de instalações e equipamentos;
- Ser pouco valorizado internamente e, portanto, não uma oportunidade explorada de vantagem competitiva; e
- Muitas vezes é realizado por agentes insuficientemente qualificados.

O efeito da má manutenção pode resultar em menos produção, produtos finais de menor qualidade e insatisfação do cliente. Parte da solução para os problemas preocupantes da manutenção não é técnica: é necessária uma abordagem de manutenção mais baseada nos negócios, resultante de um compromisso de alta administração.

Em uma empresa mal administrada, o gerente de manutenção pode controlar até 40% dos custos de produção, o que afecta directamente a lucratividade. Um orçamento de custo e fluxo de caixa precisa ser elaborado com formatos normais de previsão, que, em conjunto com outros documentos pertinentes, formarão um plano de negócios de manutenção. Desta forma, a preocupação de manutenção será incorporada no processo de decisão de gestão.

2.10.1. Custos por tempo de inactividade de locomotivas

Para aumentar o tempo de funcionamento de um equipamento, pelo menos o custo, é o objectivo. Uma abordagem proactiva com foco no lucro é necessária para diminuir a distância entre os custos reais e os custos ideais. O tempo de inatividade prejudica seriamente a capacidade produtiva das indústrias, reduzindo assim a taxa média de produção, aumentando os custos operacionais e interferindo no atendimento ao cliente.

O tempo de inactividade pode aumentar tão facilmente como resultado da implementação ineficaz de procedimentos de gerenciamento de qualidade total just-in-time (JIT) e lean. Portanto, as aplicações de manutenção produtiva total e manutenção centrada na confiabilidade como processos de melhoria em toda a empresa são altamente desejáveis.

A manutenção produtiva total exige que os operadores e mantenedores trabalhem juntos como uma equipe, a fim de reduzir o desperdício, minimizar o tempo de inactividade, melhorar a qualidade do produto e melhorar a eficácia do equipamento. A manutenção centrada na confiabilidade envolve determinar o que deve ser feito para garantir que qualquer componente físico continue a funcionar da maneira que o usuário deseja que ele faça. Dois objectivos devem ser cumpridos: Determinar os requisitos de manutenção e, em seguida, assegurar que eles sejam atendidos da forma mais barata possível.

A manutenção centrada na confiabilidade conta com o uso de habilidades pertinentes, relativas à operação e manutenção de um equipamento, através de uma pequena equipe multidisciplinar. Várias técnicas de análise de causa raiz levaram o uso de tais equipes para resolver e eliminar falhas pontuais, catastróficas e crónicas.

O segredo do sucesso é garantir que todo o pessoal envolvido esteja devidamente treinado nessas técnicas e, então, estabelecer as disciplinas e procedimentos organizacionais que assegurem que sejam usados sempre que surgir uma situação apropriada. (GARVIN, 1991).

O gerenciamento de activos se concentra em atingir o menor custo total do ciclo de vida para produzir o produto necessário ou fornecer um serviço procurado. Um critério importante para o investimento em uma empresa é o retorno financeiro sobre seus activos fixos, impactando financeiramente sobre seus activos fixos, porque os custos de manutenção são um contribuinte significativo para os custos de fabricação.

Se o custo de manutenção como percentagem do custo de fabricação flutuar, então a eficácia da manutenção deve ser examinada para encontrar a causa da variação. O tempo de inactividade aumenta os gastos financeiros do sector devido a custos de áreas como:

- Pessoal ocioso de produção / operações;
- Entregas atrasadas;
- Horas extras para compensar a perda de produção, a fim de atender às entregas prometidas no prazo;
- Perda de vendas como resultado de produtos não serem feitos a tempo.

No entanto, os estudos relacionados a manutenção produtiva total concluíram que as perdas de “ineficiência” tendem a exceder as perdas de tempo de inatividade. À medida que a eficácia da manutenção melhora e o tempo de inatividade é reduzido, há menos necessidade de investimento em instalações em espera (mas de outra forma) redundantes. Isso contribuirá para um aumento geral a finança da empresa para qualquer organização (GARVIN, 1991).

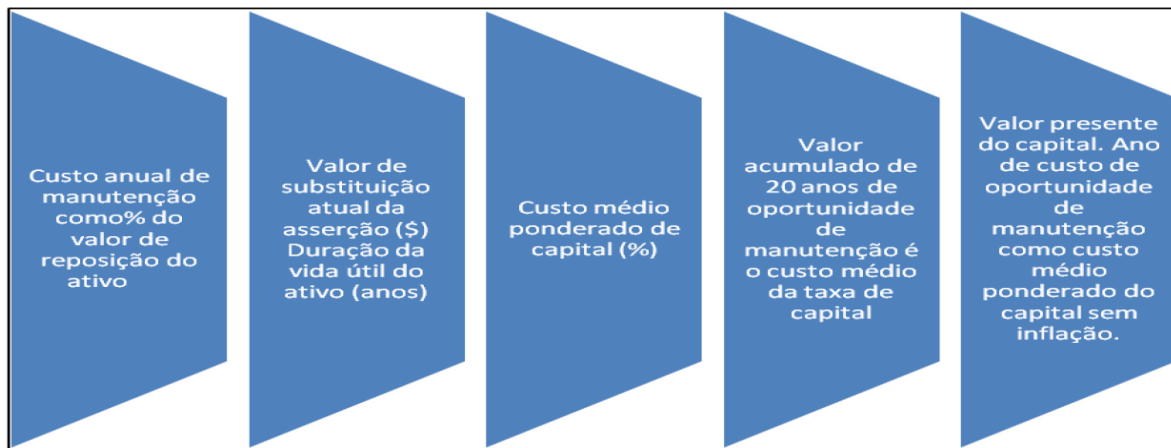


Figura 8: Recursos que devem ser levados em conta ao avaliar a oportunidade perdida. (GARVIN, 1991).

No entanto, nos últimos anos, a empresa CDN vêm demonstrando cada vez mais preocupações com:

- Custos mais altos de manutenção e
- Produtividade de manutenção.

O departamento de manutenção mostrou produtividades de cerca de 25% a 35% da produtividade ideal. No entanto, um planejamento mais inteligente e o agendamento de actividades de manutenção poderiam melhorar significativamente isso. Os objectivos devem ser:

- Aumentar a eficácia / eficiência da planta / equipamento;

- Aumente o lucro alcançado;
- Reduza os custos de manutenção e operação;
- Melhore a disponibilidade e confiabilidade;
- Aumentar o retorno financeiro sobre o investimento em activos;
- Introduzir uma cultura corporativa inspiradora entre o pessoal de manutenção;
- Implementar um paradigma de melhoria contínua;

O objectivo geral é maximizar o valor alcançado pelos investimentos em manutenção, ou seja, optimização de lucro com excelência em manutenção.

Em manutenção, quanto menor a probabilidade de falha, maior a confiabilidade do sistema. No entanto, há muitos factores que podem contribuir para a incerteza envolvida com qualquer novo projeto e capital, incluindo variações de materiais, fábricas, transporte, armazenamento e uso. Outra maneira de pensar sobre a confiabilidade é a qualidade do componente ao longo do tempo. Um termo comum usado em um contexto de engenharia de confiabilidade é o tempo médio entre falhas (MTBF).

E MTBF é uma métrica que descreve o tempo médio que leva para um componente específico para a falha, essa ferramenta não mede o tempo em que um componente está aguardando reparo; em vez disso, ele mede o tempo somente quando o componente está operando. Este é um parâmetro importante a considerar no processo decisório ao investir em novos equipamentos.

Quanto maior o MTBF maior a confiabilidade do produto. A confiabilidade do equipamento é medida em termos de qualidade, desempenho e produtividade. O objectivo de um programa de confiabilidade de equipamentos é monitorar efectivamente equipamentos, procedimentos e dados que abrangem a vida útil dos equipamentos. As vantagens de um programa de confiabilidade incluem a eliminação de desligamentos inesperados, reduzindo as perdas de produção que ocorrem entre a inicialização e a operação e estendendo a vida útil do activo. Além disso, a empresa normalmente experimenta uma redução nos custos de reparação e manutenção, redução de atraso e aumento da segurança, (OAKLAND, 1998).

Além das práticas de engenharia descritas acima, existem três outros componentes essenciais para a confiabilidade do equipamento: manutenção, inspeção e tecnologia.

2.11. Engenharia de Manutenção

Após o advento da manutenção preditiva, a prática da Engenharia de Manutenção pode ser considerada como uma quebra de paradigma, principalmente em virtude das mudanças na rotina da actividade e da consolidação de uma política de melhoria contínua para a área de manutenção.

De acordo com Nascif (2009) a Engenharia de Manutenção significa “perseguir benchmarks, aplicar técnicas modernas, estar nivelado com a manutenção do Primeiro Mundo”. Para tanto, visa, dentre outros factores, aumentar a confiabilidade, disponibilidade, segurança e manutenibilidade; eliminar problemas crónicos e solucionar problemas tecnológicos; melhorar gestão de pessoal, materiais e sobressalentes; participar de novos projectos e dar suporte à execução; fazer análise de falhas e estudos; elaborar planos de manutenção, fazer análise crítica e acompanhar indicadores, zelando sempre pela documentação técnica (KARDEC, 2009).

A empresa que pratica a Engenharia de Manutenção não está apenas realizando acompanhamento preditivo de seus equipamentos e máquinas, ela está alimentando sua estrutura de dados e informações sobre manutenção que irão lhe permitir realizar análises e estudos para proposição de melhorias no futuro. A figura 9 abaixo ilustra melhor as diferenças entre os diversos tipos de manutenção e a posição da Engenharia de Manutenção neste cenário.

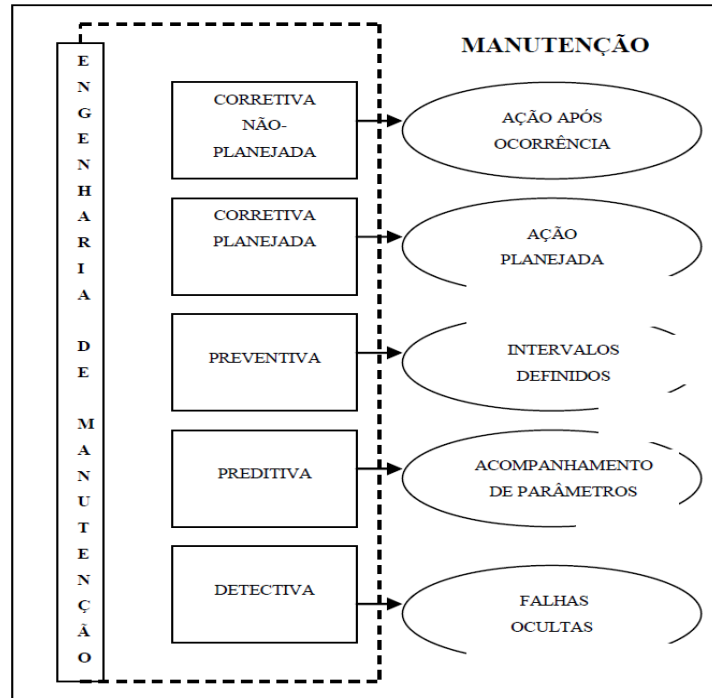


Figura 9: Gestão de Engenharia de Manutenção (NASCIF, 2009)

2.12. Planejamento Estratégico

De acordo com Stoner (1994), o desempenho pode ser mensurado pelos critérios de eficiência – capacidade de fazer as coisas “certo” – e eficácia – capacidade de fazer as coisas “certas”. Destes critérios, a eficácia torna-se mais importante, já que nenhum nível de eficiência, por maior que seja, irá compensar a escolha dos objectivos errados.”

O planeamento, como sendo o processo de estabelecer objectivos e as linhas de acção adequadas para alcançá-los, deve, portanto, seguir paralelamente aos critérios de eficácia e eficiência, determinando os objectivos “certos” e escolhendo os meios “certos” para alcançar esses objectivos.

O planeamento estratégico, portanto, concentra-se na definição dos objectivos e tarefas, ou seja, “o que deve ser feito”. A gestão estratégica, foco deste trabalho, é a continuação do planeamento, na forma de “como deve ser feito”. Sem um bom planeamento estratégico, sem eficácia, não haveria uma boa gestão.

Rodrigues (2003) defende que “para uma boa gestão é necessário planejar a empresa em nível interno e externo: formular estratégias gerenciais, ter um corpo de trabalhadores comprometidos e motivados, conhecer o mercado e a concorrência; e posicionar a empresa de acordo com os paradigmas e tendências emergentes”.

Stoner (1994) apresentam uma metodologia para implantação de um planejamento estratégico em 9 passos, ilustrados na figura 3 a seguir:

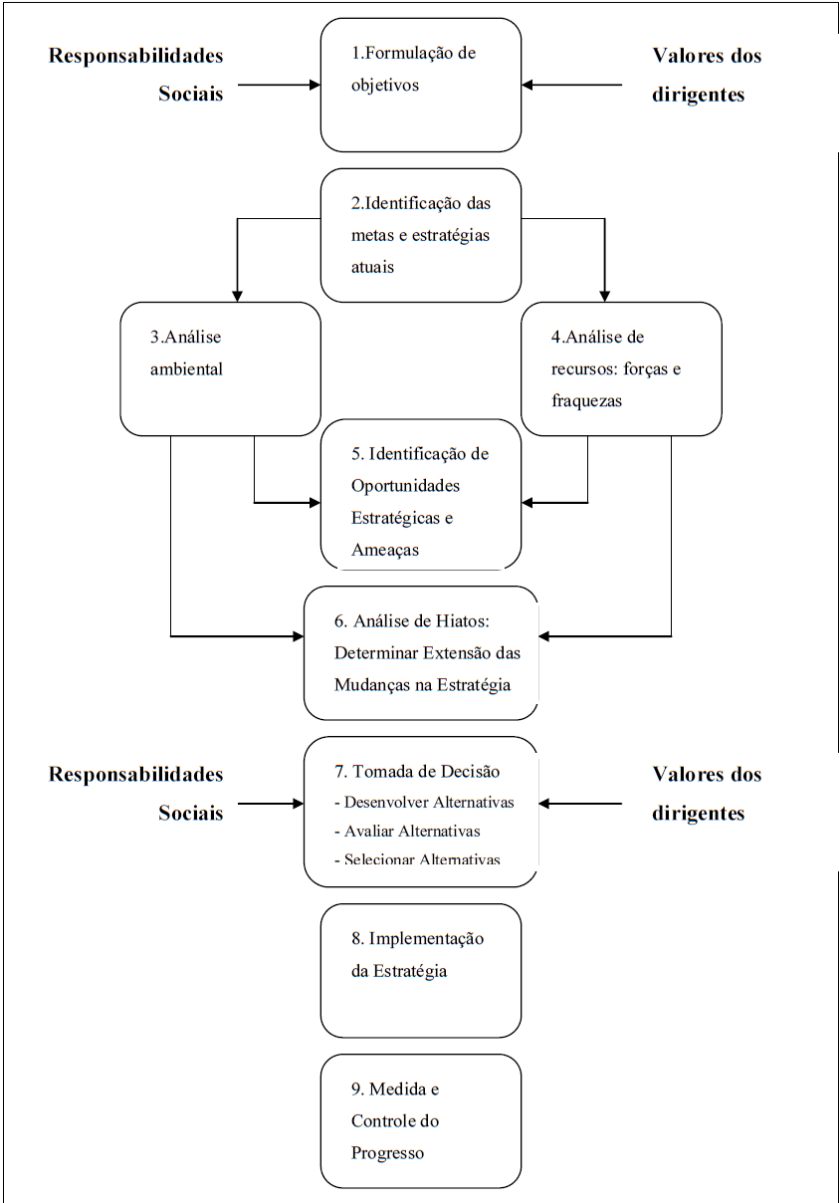


Figura 10: Passos do Processo Formal de Planejamento (STONER, 1994).

Passo 1 – Inicialmente, se formulam os objectivos, que devem expressar o que a empresa almeja a partir de suas acções. A identificação desses objectivos pode ser influenciada por vários factores, como: valores e crenças internas da organização, posição económica e conhecimento do ramo de actividade.

Passo 2 – A partir do estabelecimento dos objectivos, a organização deve identificar seu estado actual, ou seja, as metas e a estratégia que ela utiliza no presente, buscando entender as mudanças que precisarão acontecer a fim de atingir os objectivos traçados.

Passo 3 – Análise do ambiente externo, no qual a empresa está inserida, conhecendo com precisão os factores externos (economia, cultura, política, etc.) que influenciam a organização.

Passo 4 – Análise do ambiente interno: forças e fraquezas da organização, ou seja, os recursos que a empresa já tem e os que ela precisa dispor para alcançar seus objectivos.

Passo 5 – Identificação de ameaças e oportunidades, a partir das análises das informações dos passos 3 e 4.

Passo 6 – Reavaliação dos objectivos, depois de compreendida a situação interna e externa da empresa. Assim, o foco deste passo é diminuir o hiato existente entre o objectivo traçado e o objectivo que a empresa tem realmente condições de atingir, dadas suas características.

Passo 7 – Formulação de possíveis estratégias estratégicas, seguido de análise e escolha da estratégia que esteja mais de acordo com os objectivos e com os recursos da organização.

Passo 8 – Execução das tarefas previstas no planeamento estratégico.

Passo 9 – Medida e avaliação do cumprimento das metas e objectivos traçados.

A metodologia proposta por Stoner (1994), portanto, baseia-se na formulação de objectivos e estudo dos ambientes interno e externo da empresa a fim de balizar a concepção da estratégia, bem como as mudanças que ocorrerão em função de sua escolha.

2.13. Planeamento e Controle da Manutenção (PCM)

Actualmente, a função manutenção representa papel de igual importância ao da função produção, no sentido de contribuir decisivamente para atingir os objectivos traçados para o negócio. Isso significa que seu planeamento deve estar adequado aos propósitos da organização, e também deve estar comprometido no sentido de gerar lucro para a mesma.

Apenas um gerenciamento eficaz da manutenção permitirá uma perfeita interligação com os objectivos e metas da empresa. No entanto, para que este nível seja alcançado, é necessário envolvimento de toda a empresa, direccionando e definindo os objectivos de manutenção de acordo com a criticidade desejada ao processo.

O planeamento estratégico da manutenção é um conjunto de tarefas em equipe que tem como propósito assegurar o progresso do seu nível tecnológico e administrativo, a continuidade na sua gestão com eficiência de seus processos, a adequação contínua de sua estratégia, capacitação e estrutura, alinhando-se sempre com as metas e objectivos da produção (SOUZA, 2008).

Assim, o Planeamento e Controle da Manutenção (PCM) é uma ferramenta de importância fundamental no processo de tomada de decisão. Souza (2008) define o PCM como sendo um “conjunto estratégico de acções para preparar, programar, controlar e verificar o resultado da execução das actividades da função manutenção contra valores pré-estabelecidos e adoptar medidas de correcções de desvios para a consecução das metas e objectivos da produção, consequentemente da missão da empresa”.

Para que o PCM possa ser implantado é fundamental a estruturação de um Sistema de Planeamento e Controle, que pode ser manual ou informatizado. A tabela 3 a seguir, mostra uma comparação entre sistemas manuais e informatizados:

	Controle Manual	Controle Informatizado
Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> ✓ É de fácil e rápida implantação e execução ✓ Custo baixíssimo ✓ Permite uma visão global da manutenção ✓ Aceita menor envolvimento do pessoal para implantação 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Processamento de grandes volumes de informações, o que torna mais fácil a apresentação de relatórios ✓ É mais confiável ✓ Torna mais rápida a pesquisa de dados históricos dos equipamentos ✓ Os programas permitem um levantamento atualizado do que está acontecendo e quanto está custando
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dispersão dos dados ✓ Necessidade de um grande número de pessoas para fornecer os dados 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Os custos e prazos para implantação são maiores ✓ Maiores cuidados no treinamento dos responsáveis pelos dados ✓ Perda da noção de conjunto do plano de manutenção ✓ Eventuais rejeições por parte dos colaboradores, por não gostarem de fazer “trabalhos de mesa”

Tabela 3: Comparação entre sistemas de controle manual e informatizado (REIS, 2010).

2.14. Indicadores da manutenção

Os indicadores são utilizados para comparações de determinadas características ao longo do tempo, orientando a empresa rumo às metas e objectivos estabelecidos. A decisão sobre quais indicadores utilizar, no entanto, deve ser orientada sempre para informações que possam agregar valor à empresa.

ZEN (2008) indica alguns indicadores que são referências no tema manutenção, são eles:

- Hora parada ou hora indisponível: indicador de disponibilidade do equipamento/máquina para o processo produtivo;
- Hora de espera: mede o tempo entre a comunicação da indisponibilidade da máquina até o momento do início do serviço de manutenção, medindo a capacidade de reação e organização da equipe de manutenção;
- Hora de impedimento: mede o tempo desperdiçado por motivos que bloqueiam a ação da equipe de manutenção, como falta de material (suprimentos), e, portanto, também mede o comprometimento de equipes auxiliares para o reparo da falha;
- Disponibilidade: representa a probabilidade de o equipamento estar disponível em um dado momento, ou seja, se a manutenção provê condições mínimas de controle assegurando atendimento à produção;
- Custo de manutenção: somatória básica de todos os custos envolvidos na manutenção, inclusive o de perdas da produção e perdas de demandas existentes devido a não atendimento;
- MTBF (*Mean Time Between Failure*) / TMEF (Tempo médio entre falhas): calcula o tempo médio decorrido entre uma falha e a próxima;
- MTTR (*Mean Time to Repair*) / Tmpr (Tempo médio para reparo): tempo médio total para reparo da falha, envolvendo todas as equipes necessárias;
- Confiabilidade: representa a probabilidade de que um equipamento ou máquina funcione sob condições esperadas durante um determinado período de tempo ou de ainda estar em condições de trabalho após determinado período de funcionamento;
- Manutenibilidade ou Manutenibilidade: probabilidade de que um item avariado possa ser colocado em seu estado normal de funcionamento em dado período de tempo, quando a manutenção é realizada conforme processo normal da organização.

2.15. Gestão de Activos

A Gestão de Activos Industriais é um conceito relativamente novo e está directamente relacionado à optimização da performance técnica e dos custos da planta, no sentido de que esta é muitas vezes mais efectiva pela adopção de melhores práticas do que pela aplicação de cortes indiscriminados. As empresas devem buscar não apenas o menor custo, mas sim o melhor custo, criando e agregando valor.

Segundo Ferreira (2009), trata-se de uma forma de gerir os equipamentos produtivos, tendo como características:

- A abordagem do completo ciclo de vida das máquinas, que começa pelas etapas de pesquisa e desenvolvimento, projeto e design; passa pela fase de compra, construção e instalação; inclui a operação e a manutenção; e termina com a desactivação e descarte do equipamento;
- A gestão integrada dos diversos aspectos da operação industrial (compras e aprovisionamento de itens de reposição, políticas de manutenção preventiva e correctiva, modificações e substituições de máquinas), visando à optimização global dos custos;
- O pleno domínio da relação entre custos e riscos envolvidos nessas operações;
- A prática da manutenção industrial com um enfoque económico, e não apenas técnico.

Neste cenário, é extremamente importante que a empresa avalie os custos Capex (investimentos) e Opex (operação e manutenção) conjuntamente, pois só assim terá uma estimativa mais precisa de quando irá obter ou, até mesmo, se irá obter retorno sobre os investimentos realizados, optando pela estratégia que apresente o melhor custo/benefício. Seguindo o mesmo raciocínio, cortes indiscriminados de gastos Opex podem reduzir substancialmente confiabilidade e produtividade, aumentando riscos de falhas e paradas, desequilibrando o próprio funcionamento da planta, com prejuízos maiores do que as economias previstas (FERREIRA, 2009).

A Gestão dos Activos visa alcançar a melhor relação risco/custo, através da gestão do ciclo de vida global dos equipamentos e máquinas. É realizada através de ferramentas e/ou sistemas de cálculo, que simulam desempenho técnico e financeiro dos activos em diversos cenários, orçando ano a ano, por exemplo, sua operação e manutenção. A Gestão de Activos permite a decisão pelo activo

que melhor atende aos objectivos corporativos, aumentando a competitividade da empresa (FERREIRA, 2009).

2.16. Qualidade na Manutenção

Segundo KARDEC (2009), de modo geral, a TQM busca melhoria contínua dos processos e zero defeito, de maneira a obter a satisfação do cliente e aumentar a competitividade empresarial. É necessário, no entanto, que o processo de qualidade alcance a organização de maneira sistémica, e não só o sector de manutenção. Exemplos de problemas como sobressalentes inadequados, instrumentos não aferidos e não calibrados, documentação técnica incorrecta, só serão facilmente e correctamente detectados se o sistema de qualidade for capaz de apontar e prevenir a ocorrência de falhas sistémicas. E ainda, se o sistema funcionar plenamente, será possível conseguir sensíveis aumentos de produção sem necessidade de novos investimentos, apenas com novos métodos de trabalho (KARDEC & NASCIF, 2009).

A Gestão pela Qualidade Total ou *Total Quality Management (TQM)* se originou na década de 50 no Japão e, actualmente, assume papel importante no processo de gestão dos mais diversos ramos de actividades.

Alguns factores são críticos para a qualidade, e podem ser citados como melhores práticas para adopção em qualquer empresa (KARDEC & NASCIF, 2009), são eles:

- A gestão deve ser baseada em itens de controle definidos pela gerência (disponibilidade, custos, confiabilidade, etc.), com análise crítica periódica;
- Eliminação das falhas, ocorridas e potenciais, através da análise da causa raiz, actuando de forma integrada com a operação e a engenharia na busca de soluções;
- Procedimentos escritos para os principais trabalhos;
- Aplicação de auditorias, internas e externas, com verificações de tendências de resultado;
- Adopção da multiespecialização ou polivalência;
- Treinamento e capacitação dos funcionários, tornando-os auto-suficientes e preparados para executar a manutenção autónoma;
- Trabalho em equipe;
- Comprometimento da alta gerência;

- Implantação de uma cultura de mudanças.\

Em relação ao ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) citado mais acima, é muito comum que as empresas realizem esse ciclo de maneira incompleta, concentrando-se apenas na fase “Do”, principalmente quando se trata da manutenção, onde se deseja realizar o melhor reparo. No entanto, deve-se percorrer o ciclo completo, para que se atue na causa raiz, buscando soluções definitivas para problemas repetitivos. A manutenção deve ser eficaz, e não apenas eficiente.

2.17. Terceirização na Manutenção

Terceirização nada mais é do que a contratação de um tipo de serviço de terceiros. Segundo KARDEC & NASCIF (2009), é uma ferramenta estratégica, que deve ser utilizada com coerência, pois envolve segurança, aspectos legais, qualidade e custos e, portanto, seu uso inadequado pode trazer sérias consequências para a empresa.

Muitas empresas aplicam a terceirização como forma de cortar gastos e não manter alguns vínculos empregatícios, desactivando várias áreas e “entregando-as” quase que exclusivamente a terceiros. No entanto, a terceirização deve ser encarada muito mais como uma parceria, onde ambas as empresas obtenham melhorias nos resultados empresariais, havendo comprometimento e autonomia gerencial das partes envolvidas.

2.18. Resultados da Pesquisa Bibliográfica

Ao longo deste capítulo foram apresentados e aprofundados alguns dos conceitos que rodeiam a gestão estratégica da manutenção. É imprescindível o planeamento desta a longo prazo e de forma alinhada com o próprio planeamento estratégico da organização, isto porque os avanços globais em termos de tecnologia, computação e dos próprios sistemas de produção e cada vez mais ágeis e eficientes – irão seleccionar naturalmente as empresas mais bem preparadas no mercado.

Como mostrado através das pesquisas da Abraman (Associação Brasileira de Manutenção) há inúmeras oportunidades de crescimento no sector de manutenção industrial moçambicana, especialmente quando se considera toda a tecnologia disponível e as ferramentas de gestão que podem ser

aplicadas a esta função, garantindo maior confiabilidade, baixando os custos, assegurando disponibilidade e trazendo resultados positivos relacionados à Saúde, Segurança e Meio Ambiente.

Em primeiro lugar, para que a Gestão de Custo da Manutenção seja realmente eficaz, é preciso tratá-la com um enfoque sistémico. Portanto, é extremamente importante a escolha de supervisores com forte capacidade de liderança, atentos às oportunidades e à estratégia-macro da empresa, e que também actuem junto à sua equipe, integrando-a e sendo fonte de conhecimento. Neste sentido, também deve-se investir em uma equipe bem preparada: capacitação profissional será determinante para este processo, haja vista, as técnicas e softwares desenvolvidos demandarão cada vez mais profissionais preparados, treinados e polivalentes.

A organização deve estruturar uma manutenção que avalie os riscos, o custo, com planeamento das intervenções, garantia de confiabilidade e controle eficaz dos equipamentos. Assim, deve avaliar dentre os vários tipos de manutenção, qual será mais indicado para qual sector ou qual equipamento, sempre em vista da prática da Engenharia de Manutenção. Associado a isto, há também a tendência mundial de descentralização do sector, garantindo maior agilidade e melhor prestação de serviços.

Uma das grandes ferramentas à disposição das empresas é o Planeamento e Controle da Manutenção, que auxilia a tomada de decisões, pois desempenha função estratégica dentro da organização, através do registro e análise de informações. A empresa deve avaliar as diversas formas de estruturar um sistema de PCM, de maneira a torná-lo uma prática consistente, que realmente seja um diferencial e agregue valor. O mesmo vale para a Gestão de Activos e todo sector de orçamentação e custos que envolva práticas de manutenção.

Em síntese, investimentos coerentes em tecnologias e uma gestão sólida e eficaz serão factores preponderantes para garantir a sobrevivência da empresa no mercado, tornando-a referência na prática do estado da arte da manutenção.

CAPÍTULO III: METODOLOGIA DO TRABALHO DE PESQUISA

Nesta secção, pretende-se abordar acerca dos procedimentos metodológicos e métodos usados para a realização do presente trabalho, incluindo a descrição da aplicação de cada metodologia usada, a fim de explicar como foi feita a pesquisa, desde a colecta de dados, processamento, até os resultados obtidos.

3. Metodologia

Segundo Cativo (2017) a metodologia é o estudo das etapas a seguir num determinado processo que consiste em explicar detalhadamente a aplicação de cada método nas acções desenvolvidas no trabalho de pesquisa.

3.1. Tipos de pesquisa

A realização do trabalho, compreendeu os seguintes tipos de pesquisas:

- **Pesquisa exploratória:** Foi usada para adquirir conhecimentos relacionados com o tema e familiarizar-se com os tópicos relacionados com o trabalho;
- **Pesquisa bibliográfica:** Usada para adquirir conceitos relacionados com o tema do ponto de vista de outros autores em livros, artigos científicos e manuais técnicos de forma a fundamentar as ideias e opiniões envolvidas na realização do trabalho;
- **Pesquisa descritiva:** Este método de pesquisa foi usado para a descrição do projecto em várias etapas, desde o problema, proposta de solução do projecto até a apresentação dos resultados, que compreende várias etapas do projecto;
- **Colecta de dados:** Foi por este método que se obteve dados do parafuso em estudo como os procedimentos usados para as execuções de manutenções correctivas, preventivas e preditivas, fazendo face a gestão de custo de manutenção.
- **Pesquisa de campo:** Este método foi usado por meio de questionários em busca de informações directamente relacionadas com a gestão de custo de manutenção em estudo dentro da empresa CDN concretamente na frota de locomotivas CDN.

3.2. Fontes de pesquisas

As fontes de pesquisa usadas para a elaboração do trabalho, classificam-se em:

- **Fontes primárias:** Livros, artigos científicos, apostilas e dissertações;
- **Fontes secundárias:** Sites de busca, catálogos, revistas e manuais técnicos.

3.3. Interpretação dos resultados

Para a interpretação dos resultados obtidos utilizou-se dois métodos, a saber:

- **Pesquisa qualitativa:** Foi usada para traduzir os resultados obtidos em conceitos e ideias, ilustrando as vantagens do projecto;
- **Pesquisa quantitativa:** Com este método, fez-se o estudo para a verificação de segurança quanto as solicitações operacionais e térmicas a que as manutenções das locomotivas em estudo estão sujeitas, de modo a identificar e comprovar as causas do problema excessivo dos custos de manutenções e fundamentar a proposta de solução para o mesmo problema.

CAPÍTULO IV: ESTUDO DE GESTÃO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO DE LOCOMOTIVAS

4. ESTUDO DE CASO

Este estudo de caso foi realizado no sector de gestão de manutenção e engenharia de locomotivas na empresa CDN – Corredor de Desenvolvimento do Norte com o foco principal na manutenção locomotivas e a segurança operacional das pessoas que trabalham diariamente no processo ferroviário ocorrido em 2021 e 2022.



Figura 11: Oficina de Manutenção de Locomotivas de Nacala da CDN (AUTOR).

4.1. Contextualização

A pesquisa de campo proposta neste trabalho teve como objetivo principal realizar um estudo de gestão de custos de manutenção de locomotivas na empresa CDN através da análise operacional e levantamento de informações práticas de manutenção de algumas empresas, buscando averiguar a situação do sector de manutenção destas, incluindo levantamento de “boas práticas”, bem como identificar se alguma delas atingiu ou se aproximou do presente estudo.

Neste sentido, esperou-se encontrar, principalmente nas empresas com sistemas de manutenção mais robustos, consistência e coerência com as práticas neste trabalho caracterizadas como fundamentais para atingimento de um padrão ideal.

3.2. Base de Dados

Para facilitar o estudo, criou-se uma base de dados como ponto de partida para o estudo. A base de dados foi desenvolvida de tal forma que possibilita o acompanhamento de desgaste através dos gráficos gerados automaticamente, a análise de dados para identificação do processo operacional (torneamento ou troca). Os dados serão colectados a cada 10 000 Km corridos por cada locomotiva.

4.3. Escolha da amostra

A CDN possui no seu universo 24 locomotivas correspondente as frotas U20, GT e C30, usado para presente estudo, a tabela 4 mostra as frotas das locomotivas da empresa CDN.

Início da operação	Frota de Locomotivas CDN	Distância Percorrida (KM)
2016	U20	154259,00
2017	GT26	54259,00
2018	C30 - ACI	274055,20
2018 & 2019	C30 EMP	154557,00

Tabela 4: Frota de Locomotivas da CDN (AUTOR)

4.2. Recolha e análise de dados dos custos de manutenção da CDN

Na definição dos componentes críticos das locomotivas da CDN (definida pelo Departamento de engenharia CDN), o motor diesel como o dispositivo mais importante do mesmo, pois ele é o elemento principal do sistema gerador de energia que a locomotiva usa para tracionar e o que primeiro e mais recebe os impactos da operação da tração.

Além disso, as peças sobressalentes são caras, da ordem de milhares de reais para as peças maiores, tornando o motor diesel inteiro custando quase meio milhão de dólares. Como tem um tamanho expressivo, as trocas de peças são demoradas e uma avaria grave como as que exigem a retirada do motor da locomotiva demoram de 5 até 45 dias para serem consertadas, sem contar a indisponibilidade de peças sobressalentes muitas vezes.

Esse cenário se mostrou óptimo para um estudo do custo de ciclo de vida dos componentes de críticos locomotivas, não obstante o motor diesel, como grupo gerador, compressor, motor de tração, sistema de truque (rodados), rolamentos e outros, de modo a otimizar essas paradas de manutenção, e diminuir os custos de manutenção corretiva e de locomotiva parada.

No entanto, para a análise e apresentação dos resultados dos custos de manutenção do presente projeto definiu – se duas etapas como resultado da pesquisa em campo (CDN) e das literaturas, nomeadamente:

4.2.1. Problema do custo elevado de manutenção de locomotivas da CDN

As frotas das locomotivas utilizadas na CDN, tem de vida média 30 anos conforme o manual do fabricante, embora com 2 anos de garantia a partir do ano de aquisição com os seus componentes internos trocado mais de uma vez pelo fabricante.

Após os dois anos de garantia, a assistência é garantida pela CDN o que resulta na instabilidade da troca irregular dos componentes não alinhado a estratégia do fabricante e da engenharia CDN, que por sua vez causado pela demora de assistência da equipe de manutenção causando, uma cadeia alimentar de desgaste dos componentes por falta de cumprimento calendário da troca dos mesmo e gerando custos altos para a reposição.

Por outro lado, tratando de fabricantes estratégicos em que a aquisição dos componentes demoram de 30 até 90 dias para serem adquiridas, causando défice na produção visto que a taxa de falha desses componentes é alto e ocasiona um custo indireto na produção. De 2021 a 2022, elas sofreram uma média de 188 avarias por ano o que causou uma indisponibilidade de mais de 96.5 horas, ou 5% do tempo total máximo de operação. O impacto direto da manutenção no orçamento é da ordem de 10 milhões de dólares, sem levar em conta as perdas de produção.

4.2.2. Definição da estratégia

Os critérios da estratégia definida influirão no custo total dos componentes que representam um alto impacto operacional e financeiro. A tabela 5 representa respectivamente os custos de consumíveis de manutenção preventiva e corretiva das locomotivas aplicados em 2021 a 2022, fornecido pelo departamento do planejamento e controlo de manutenção (PCM) da CDN, cujos a lista de detalhes em função dos custos dos componentes estão apresentados no anexo 1 (tabela 1 e 2).

Ano	Custo do Consumo Preventivo (USD)	Custo do Consumo Corretivo (USD)
2021	439,809.372	163,302.922
2022	659,714.06	244,954.38
Total	1,099,523.43	408,257.31

Tabela 5: Custo preventivo e corretivo de consumíveis de locomotivas CDN (2021 - 2022) (Fonte: PCM CDN, 2023)

4.2.2.1. Estratégia de redução de custo do consumo de consumíveis das locomotivas CDN.

A empresa CDN, além das locomotivas operacionais possui 6 locomotivas em fazem de recuperação pelo departamento de manutenção por ter um índice elevado de corretivas e um número excessivos de avarias, e segundo o departamento da engenharia CDN o custo de recuperação dessas locomotivas é cálculo está acima de 50% do custo de aquisição, o que descarta de imediato o seu processo de recuperação segundo a engenharia.

O que define nesta proposta essas locomotivas como estratégia de stock para reposição de componentes para a presente pesquisa. Sendo que ao se definir como recuperação de stock, as substituídas como também como recuperação de stock, fazendo um ciclo produção de troca de componentes, juntos com novos componentes adquiridos. Conforme a figura a seguir apresentada.

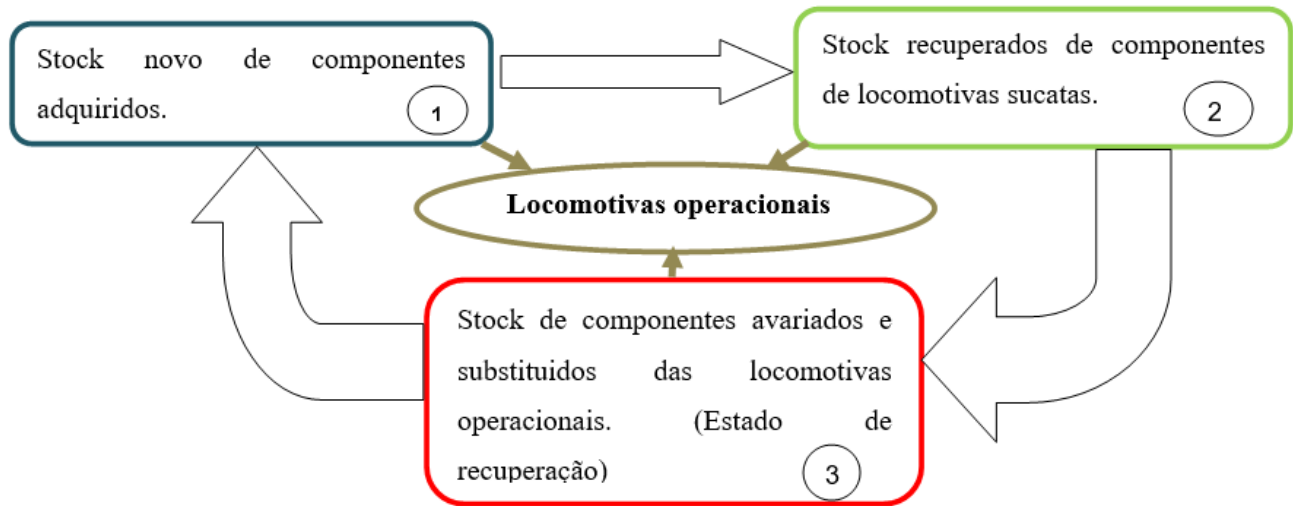


Figura 12: Ciclo de substituição de componentes de locomotivas (Fonte: AUTOR)

Portanto, com a estratégia acima apresentada define – se quatro etapas de estratégias de redução de custo de manutenção, sendo:

- **Estratégia 01:** Fazer apenas Manutenção Corretiva, quando quebrar, troca, pontualmente.
- **Estratégia 02:** Fazer manutenção preventiva, ter estoque de peças sobressalentes na oficina - Com uma intervenção programa conforme o mapa de 52 semanas (anual) de manutenção e manter estoque de sobressalentes.

A diferença em relação à estratégia 2 está em fazer intervenções programadas de manutenção preventiva nos componentes do motor de modo a evitar falhas da locomotiva, além de fazer uma revisão geral a cada 3 anos. Com isso mais três custos são associados a essa estratégia: Manutenção de uma equipe adicional para a revisão, custo de treinamento da equipe e o custo de manter a locomotiva inteiro em operacional estável.

- **Estratégia 03:** Fazer manutenção preventiva do motor diesel, com uma intervenção intermediária e manter estoque de sobressalentes, mas com uma qualidade melhor que a de hoje.

O fato das peças serem de melhor qualidade indica que elas serão também mais caras, porém sua vida útil também é maior e o intervalo da manutenção preventiva será maior. Porém além dos outros custos já presentes na estratégia 1 e 2, o custo maior das peças também entrará no estudo da estratégia 3.

A partir do uso de peças novas, que não desgastam com a mesma velocidade que as peças reconhecidas, exemplo, há uma economia de consumo de óleo lubrificante que cai dos atuais 1,5% para 0,9% em uma relação litros de óleo lubrificantes consumidos sobre litros de óleo diesel consumidos.

- **Estratégia 04:** Fazer manutenção preventiva do motor diesel, colocando um motor diesel com tecnologia eletrônica embarcada no lugar, e também com uma intervenção intermediária e manter estoque de sobressalentes, mas com uma qualidade melhor que a de hoje.

O motor diesel eletrônico é o que equipa as locomotivas modernas, produzidas desde a década de 1990, e que vem com um controle de injeção eletrônica, melhor controle de potência e dos dispositivos de segurança do motor. No entanto, esse motor diesel custa 4 vezes mais do que um motor diesel ferroviário convencional.

Por consequência desse melhor controle, o motor diesel eletrônico apresenta uma leve economia de consumo de óleo diesel de 5%. Outra diferença em relação a estratégia 4 está no tempo maior de vida útil do turbo e da bomba injetora, que serão o dobro do motor diesel convencional. (GE Transportation, 2008)

4.2.2.2. Estrutura de custos das estratégias

Os custos que irão inferir para cada estratégia serão abertos a seguir, seguindo as estruturas como custos de aquisição e custos de sustentação. Sendo para a estratégia 1, que é a estratégia atual os custos serão alocados nas categorias da Figura 13.

Para o caso da estratégia 2, onde se aplica a primeira estratégia de manutenção preventiva de componentes além da nova estratégia de aumento de estoque também aplicada a estratégia, os custos inferem conforme a Figura 14.

Na estratégia 3, além das políticas de sobressalentes e de realizar manutenção preventiva, agora as peças terão um maior controle de qualidade de modo a aumentar a sua confiabilidade e diminuir as falhas do motor. Estão classificados na Figura 15.

E na estratégia 4 (Figura 16 - Custo aplicado para estratégia 04) contempla tudo que a estratégia 3 contempla, mas ela usa um motor diesel mais moderno que tem um sistema de injeção eletrônica

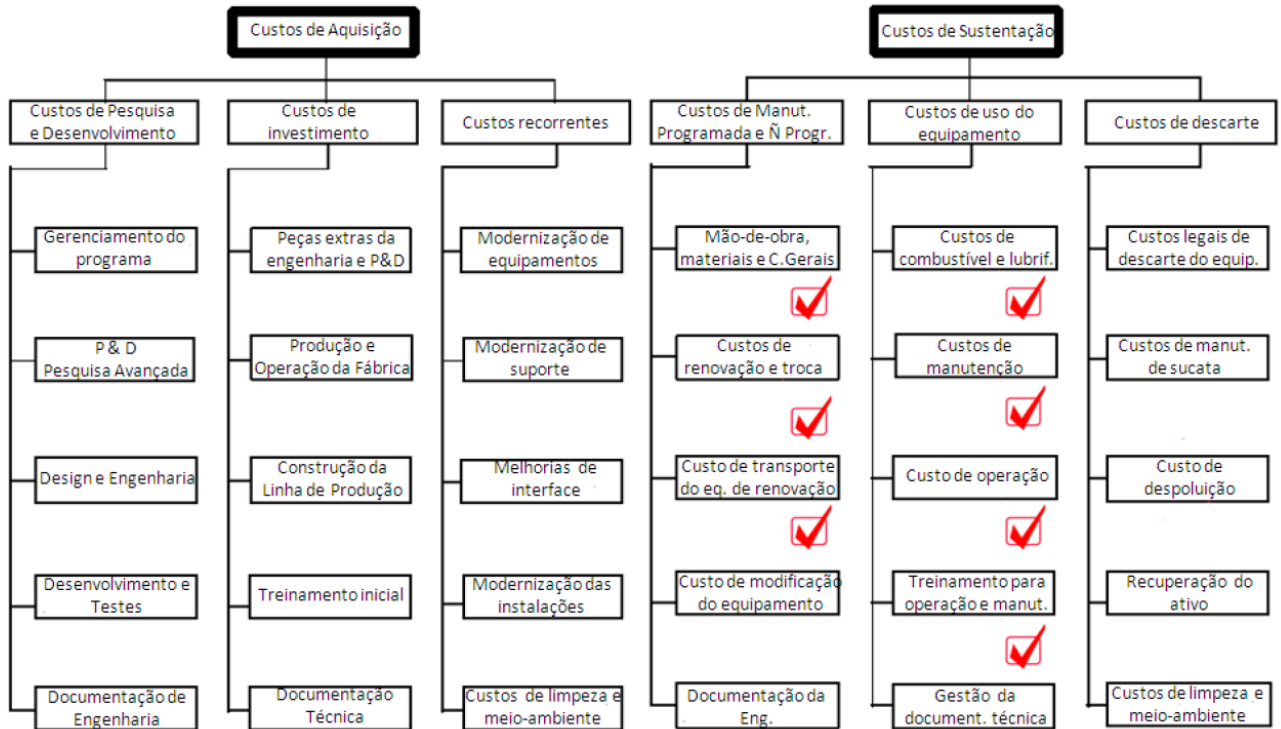


Figura 13: Custo aplicado para estratégia 01 (Fonte: AUTOR)

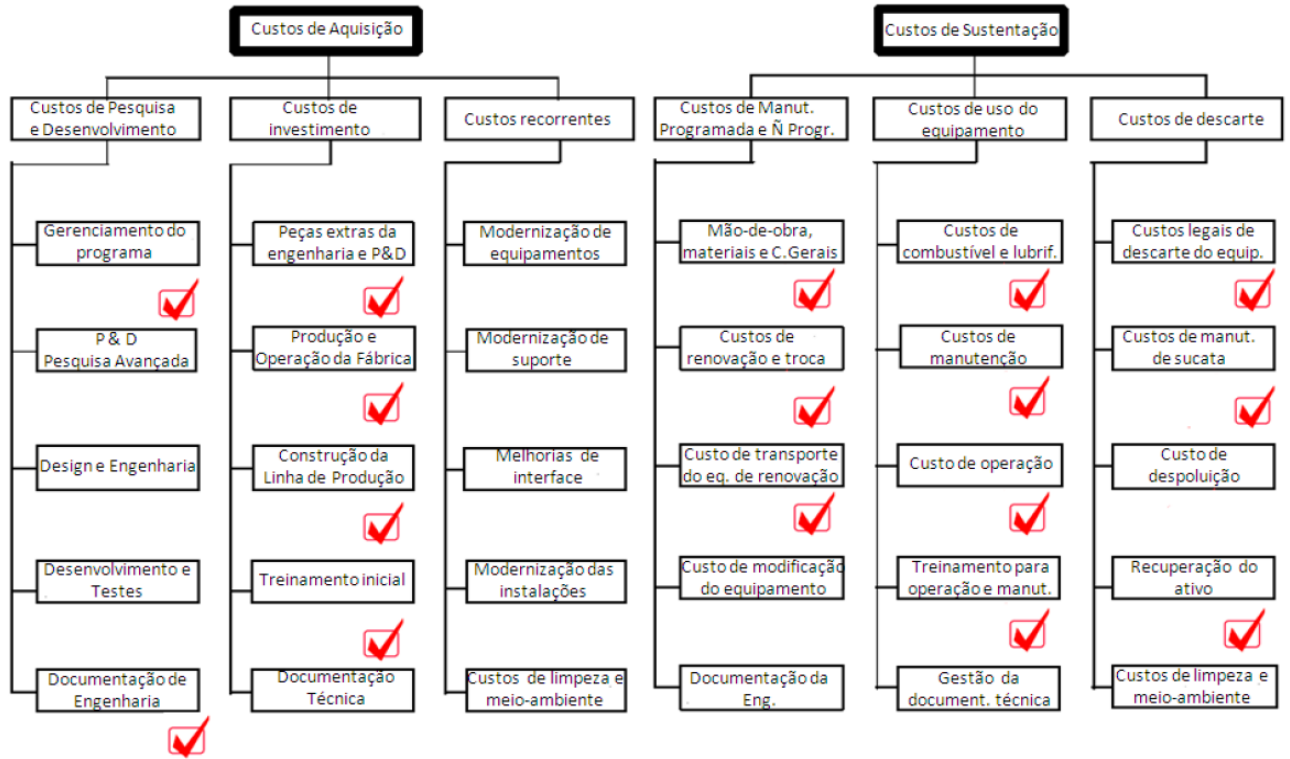


Figura 14: Custo aplicado para estratégia 02 (Fonte: AUTOR)

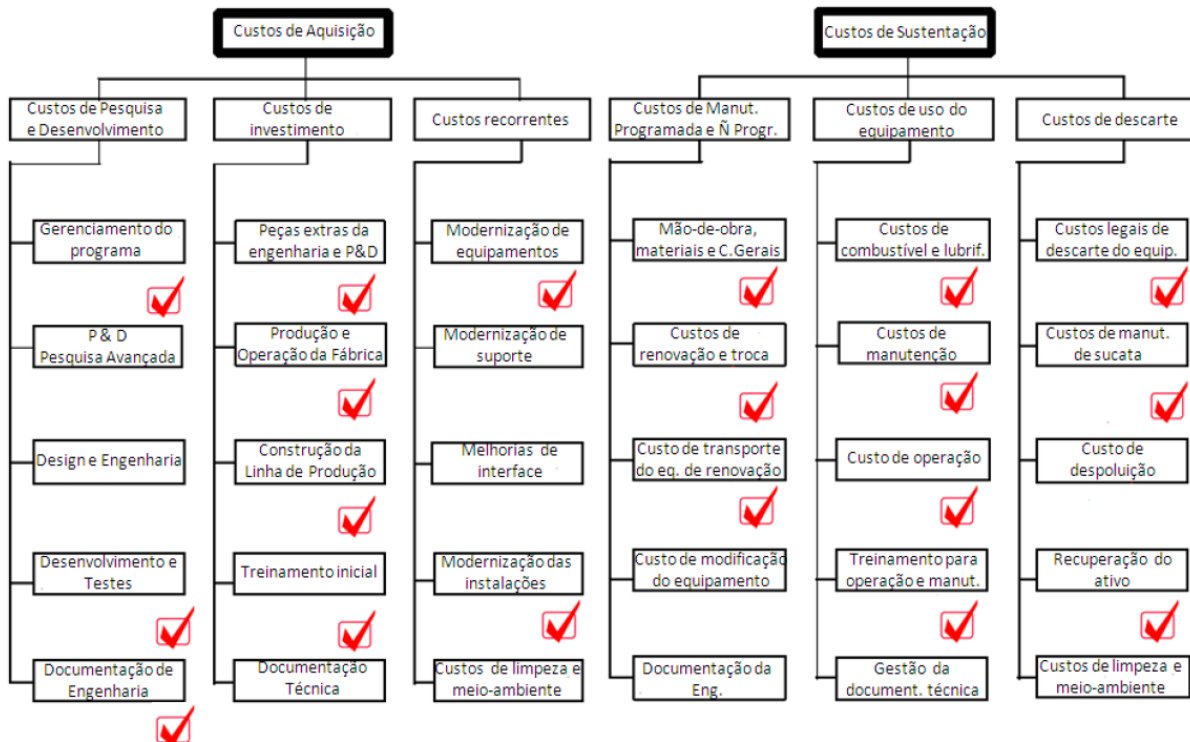


Figura 15: Custo aplicado para estratégia 03 (Fonte: AUTOR)

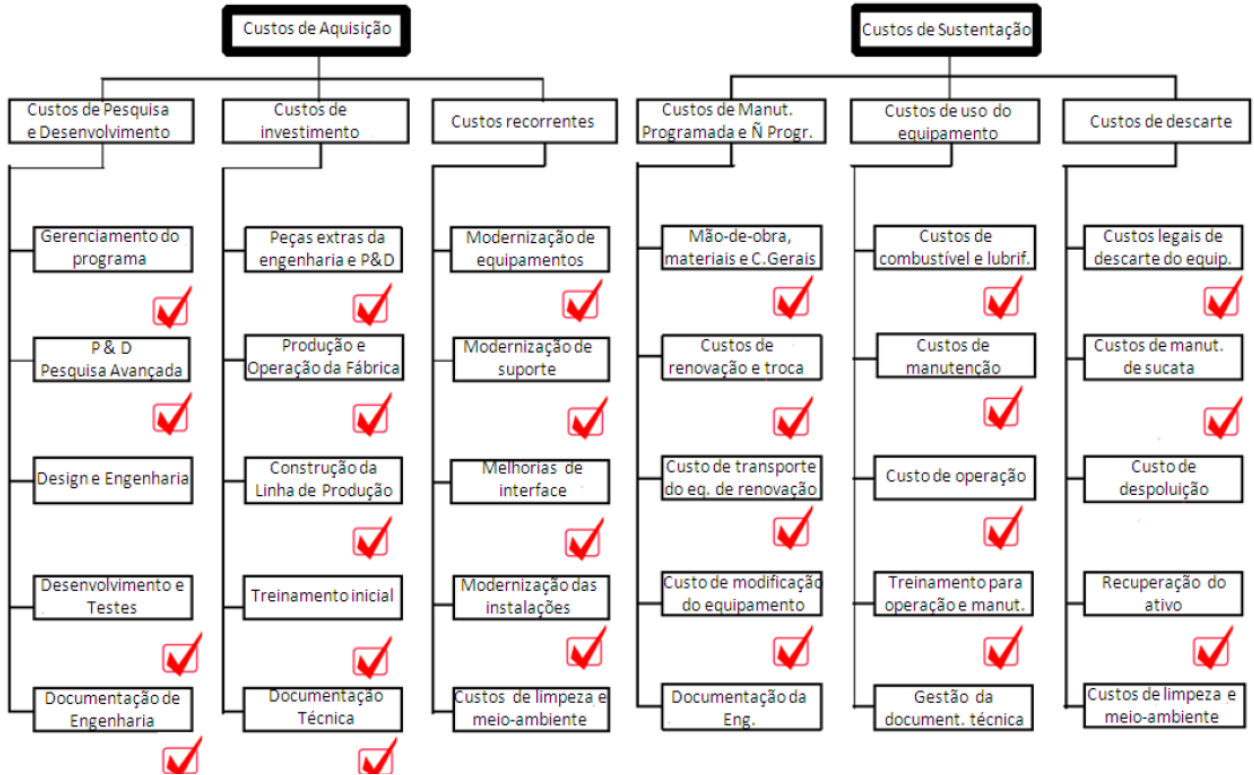


Figura 16: Custo aplicado para estratégia 04 (Fonte: AUTOR)

4.3. Análise dos resultados

Contemplando os quatro custos do aumento de produção de peças sobressalentes, custos das peças sobressalentes e custo de estoque das peças sobressalentes. Esses custos diretos a mais serão compensados por diminuir em cerca de 30% a 50% o tempo médio de reparo da locomotiva o que diminui os custos de oportunidade de locomotiva parada, mas mantém-se igual os custos de oportunidade do trem parado, pois como a qualidade das peças é a mesma, a probabilidade de falhas dos componentes se mantém a mesma.

Claramente observando os custos acima com os resumos dos custos pode-se observar que comparando com a estratégia atual, quando há a entrada de uma estratégia com estoque a partir da estratégia 2 já reduz o tempo médio para reparo (MTTR) portanto, diminui os custos de oportunidade por locomotiva parada. Quando a estratégia de realizar uma manutenção preventiva de alguns componentes, a partir da estratégia 3, o custo de manutenção preventiva obviamente sai do zero e aumenta. E enquanto há uma diminuição no custo de oportunidade da locomotiva parada e dos

custos de consumo de óleo lubrificante, ele é pequeno em virtude do aumento do custo direto no orçamento por custas da manutenção preventiva.

Isso nos diz que embora que Bichkek (2000) diga que o uso de uma política de manutenção preventiva seja o mais recomendável para equipamentos que sofram desgaste, se a peça não for retirada no momento correto o gasto só vai ser antecipado e a melhora na confiabilidade na operação do componente não vai ser percebido.

É necessário salientar que para uma empresa, um dos indicadores mais importantes para a saúde financeira e longevidade da empresa é manter seu fluxo de caixa sempre positivo, e para fazer isso é necessário buscar sempre um baixo custo operacional.

A partir da estratégia 4, já são três as mudanças em relação à estratégia atual, aumento de estoque, manutenção preventiva de componentes e melhoria da confiabilidade dos componentes. E aqui é onde os resultados realmente aparecem, com uma variação de USD 80 mil em custo médio de manutenção preventiva, o custo de oportunidade por locomotiva parada diminui em USD 400 mil. E uma redução em USD 24 mil no custo de oportunidade pelo trem parado. Esses dois valores juntos mostram que um aumento no investimento em manutenção com confiabilidade dá em retorno muito mais tempo de locomotiva disponível para realizar transporte e, portanto, trazer retorno financeiro à empresa.

Assim sendo, fez – se a projeção dos custos de manutenção para o ano 2024, junto com apoio da engenharia através da presente estratégia, obtendo – se o seguinte custo.

Locomotiva CDN - 2024													
Gastos 2024	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total 2024
Manutenção Corretiva	20,937.89	77,481.06	31,998.06	46,776.66	24,294.82	24,909.56	26,692.45	37,798.91	37,212.80	19,718.06	4,024.24	31,128.54	382,973.05
Manutenção Preventiva	864.73	2,690.91	2,003.60	5,556.48	2,631.53	1,253.05	864.73	2,690.91	2,003.60	18,472.13	7,562.39	3,242.99	49,837.05
Materiais				12,266.19	30,022.73	4,828.95	651.60			38,558.50			86,327.97
Consumo de Lubrificantes	14,310.91	3,186.11	7,707.22	9,911.52	25,796.42	48,521.45	26,200.95	2,632.36	14,731.04	12,209.95	10,904.11	11,232.13	187,344.17
Total USD	36,113.53	83,358.08	41,708.88	74,510.85	82,745.50	79,513.01	54,409.73	43,122.18	53,947.44	88,958.64	22,490.74	45,603.66	706,482.24

Tabela 6: Projeção dos custos de manutenção para o ano 2024 (Fonte: AUTOR)

Comparando com os custos gastos nas execuções das manutenções preventivas e corretivas, nos anos 2021 e 2022. E com a projeção do custo de manutenção (2024) da presente proposta, apresentado na tabela 5 e tabela 6.

Da tabela, 5.

Ano	Custo do Consumo Preventivo (USD)	Custo do Consumo Corretivo (USD)
2021	439,809.372	163,302.922
2022	659,714.06	244,954.38
Total	1,099,523.43	408,257.31
Total (C+P)	1,507,780.74	

A perda dos custos de produção, calcula – se:

$$P_{CP} = \text{Custo projectado} - \text{Total}_{(C+P)ano} = (706,482.24 - 1,507,780.74)USD$$

$$P_{CP} = -801,298.50 \text{ USD}$$

Com a projeção da presente proposta a empresa CDN, estaria poupando **801,298.50 USD**, o que corresponde mais 1 ano e 2 meses operacionais se aplicação das projeções e com projeções o que corresponde 2 anos e 2 meses, para o total da frota da CDN com 24 locomotivas e ao mesmo tempo concluindo nesse capítulo que torna a proficiência e eficácia na implantação do presente estudo da gestão de custo de manutenção de locomotivas da CDN.

CAPÍTULO V: CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5. CONCLUSÃO

A adoção de uma política de manutenção preventiva de componentes ferroviário é mais vantajosa do que a estratégia atual de apenas realizar manutenções corretivas quando o motor vier a falhar. Essa política aliada ao uso de peças com maior confiabilidade, mesmo que mais caras e um estoque de peças sobressalentes se mostrou 28% mais barata do que a estratégia atual.

A diminuição do tempo de reparo do motor diesel e aumento do tempo médio entre falhas provocarão a diminuição das paradas operacionais e com a locomotiva operando mais tempo em condições normais, aumenta-se também a produtividade do transporte ferroviário.

Na melhor estratégia de manutenção, o custo total é menor, mas o custo direto que se reflete no orçamento de manutenção é amplamente ($\frac{801,298.50 \text{ USD}}{706,482.24 \text{ USD}} = 114\%$) maior, o que indica que um investimento no tamanho correto trará um bom retorno financeiro em maior tempo de produção ao longo do ciclo de vida. Há de se ter cuidado, no entanto, ao equilibrar corretamente a confiabilidade e o custo da peça, pois se a peça for muito mais cara, mesmo que haja um ganho de produtividade ele não vai cobrir os custos maiores e a estratégia não é a mais eficaz.

O estudo do custo ciclo de vida é uma ferramenta importante para descobrir qual manutenção é a mais barata levando em conta todas as variáveis que controlam a operação do motor diesel, pois mesmo se uma estratégia pareça mais barata no orçamento direto do setor de manutenção a não produtividade do ativo faz com que se deixe de ganhar todo o rendimento que ele poderia estar dando de retorno à companhia.

Contudo, uma gestão de manutenção eficiente, as empresas podem garantir a qualidade dos produtos, a produtividade das operações, a segurança dos trabalhadores e a redução de custos desnecessários. Por isso, investir em uma boa gestão é fundamental para o sucesso das empresas e a proteção de seus ativos. Além disso, é importante contar com profissionais qualificados e treinados, que possam realizar as atividades de manutenção de forma eficiente e segura.

5.1. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A gestão de manutenção é uma atividade vital para as empresas protegerem seus ativos e garantirem a continuidade de suas operações. Com a utilização de técnicas e ferramentas adequadas, é possível realizar a manutenção de equipamentos e máquinas de forma eficiente, prevenindo a ocorrência de problemas e garantindo a disponibilidade desses ativos.

Uma boa gestão de manutenção envolve a definição de estratégias, ações e planos de manutenção preventiva, corretiva e preditiva, com base na análise de dados e informações coletados por meio de sistemas de monitoramento e controle.

Para trabalhos futuros, recomenda – se que,

No estudo de gestão de custos de manutenções que se tenha em conta, a estrutura do estudo do custo do ciclo de vida dos equipamentos ferroviários, outros componentes importantes de locomotivas podem ser estudados para saber se tem sua estratégia de manutenção atual como a mais correta entre as alternativas disponíveis. Esses componentes podem ser o motor elétrico de tração, o alternador e o compressor. São peças que, assim como o motor diesel, são caras, com um número de falhas elevado e alto tempo de reparo, por um lado o estudo pode ser usado na locomotiva toda, quando da aquisição de novas locomotivas, em um processo de concorrência, os custos de operação e manutenção de uma das locomotivas podem ser mais altos que outro, escondendo o preço de aquisição do ativo. Esse tipo de estudo será tomado como padrão na companhia quando da avaliação técnica dos concorrentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, José C. **Matemática Financeira**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2011.
2. AMÉRICA LATINA LOGÍSTICA. **Manual Técnico de Locomotivas 112.23 - Substituição de cilindro do motor diesel GE 7FDL**. Curitiba: UNIALL - Universidade Corporativa América Latina Logística, 2011.
3. AMÉRICA LATINA LOGÍSTICA. **VG_CX001 – Pintura de vagões**. Curitiba: ALL, 2011.
4. ANTT – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. **Evolução do Transporte Ferroviário**. Brasília: ANTT, 2010.
5. AUSTRALIAN NATIONAL AUDIT OFFICE. **Life cycle costing – Better practice guide**. Canberra, Australia: The Publications Manager – Australian National Audit Office, 2011.
6. BARRINGER, H. Paul. **A Life Cycle Cost Summary**. Perth, Australia: Maintenance Engineering Society of Australia, 2003.
7. BARRINGER, H. Paul; WEBER, David P. **Life cycle cost tutorial**. Houston, Estados Unidos: Gulf Publishing Company, 1996.
8. BLISCHKE, W. R., e D.N. P. MURTHY. **Reliability: Modeling, prediction and optimization**. Nova Iorque, Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc., 2000.
9. BORBA, José L. **Estrutura das locomotivas diesel-elétricas – Motor diesel ferroviário**. Curitiba: UNIALL – Universidade Corporativa América Latina Logística, 2009. – Vol. III.
10. BORBA, José L. **Material de Tração**. Belo Horizonte: IEC – Instituto de Educação Continuada – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2007.
11. CAVAZZONI, Fernando A. **Motor Elétrico de Tração de corrente contínua**. Contagem: O Lutador, 2008.
12. FABRYCKY, Wolter J. e BLANCHARD, Benjamin. **Life-Cycle Cost and Economic Analysis**. Englewood Cliffs, Estados Unidos: Prentice-Hall, 1991.
13. GE TRANSPORTATION. **GEK-114379, Scheduled Maintenance, 16-Cylinder AC44i Locomotive**. - Erie, Estados Unidos: GE Technical Publications Department, 2008.
14. GENERAL ELECTRIC DO BRASIL. **Programa de Inspeções e Lubrificação para locomotivas diesel-elétricas equipadas com motores diesel GE**. Campinas: General Electric do Brasil S.A., 1976.

ANEXOS

Anexo 01 – Tabela 01

PCM - Planejamento e controle de Manutenção.

Locomotivas CDN - Top20 Consumo preventivo 2021 - 2022				
Materiais	Descrição	QTD	Valor	Total USD
15185442	BAT 84C611933P2 GENERAL ELECTRIC	0	18,654.36	0.00
15183829	TRANSDUTOR;41A317303P29; GE	2	189.77	379.55
13078017	BOMBA AGUA 40004235 CEDISA	0	2,327.50	0.00
13119447	ADAPTER RT-SD01-1403-1651C GLOBAL RAILWA	0	159.50	0.00
13111559	AIR FILTER 333B937P2 GENERAL ELECTRIC	5	229.32	1,146.60
15185852	BOMBA;8262903; GM	1	3,326.30	3,326.30
13078758	TERMINAL CABO 8265954 RTI	15	4,926.78	73,901.66
15185853	BOMBA;40004235; GM	0	2,141.30	0.00
13121662	BRAKE TRIANGLE RTHZ26-50-01-000 GLOBAL R	0	2,119.46	0.00
13121878	ALAV RT-ZA27-1610-3318 GLOBAL RAILWAY	0	227.17	0.00
15149630	26C OVERHAUL KIT	1	26.72	26.72
15184685	BUZINA;84B105883P2; GE	0	1,814.40	0.00
13077572	AIR BRUSH 8413191 RTI	8	10.38	83.04
13077596	ALTERNATOR BRUSH 84C603599P1 GENERAL ELE	0	39.36	0.00
13085307	ANTI SEIZE LUBRICANT LIQ PAIL 25L	588	48.89	28,746.92
13121549	BAR RTHZ26-50-00-001 GLOBAL RAILWAY	0	442.43	0.00
15144678	AIR FILTER;8402068; GENERAL MOTORS	6	31.19	187.14
15193851	ANEL 8059699 GM-EMD	10	15.92	159.20
13076830	ALTERNATOR FUSES 8346478 CEDISA	5	50.33	251.65
13077713	ABRACADEIRA 8694 RTI	0	9.75	0.00
15185474	AMORTECEDOR;41B510214P1; GE	3	38.76	116.27
13121872	ARRUELA RT-ZA16-1503-2076-006B GLOBAL RA	0	27.95	0.00
13087182	BORRACHA DO LIMPADOR DE PARABRISA	0	6.87	0.00
13077763	BOLT 8348556 GENERAL ELECTRIC	4	0.55	2.20
13077500	BOLT L14AP25100B GENERAL ELECTRIC	5	4.74	23.70
15404845	VALVE 561925 WABCO	1	3,304.50	3,304.50
13078686	CARD 17FB193A3FV GENERAL ELECTRIC	1	4,855.73	4,855.73
13122825	CABO 00T.01M.01H.022 TMH	0	21.30	0.00
15185458	VASSOURA 41A235897P4 GENERAL ELECTRIC	48	59.49	2,855.52
15172780	VALVULA;566403; WABTEC	1	803.47	803.47
13078171	VALVULA FREIO 561001 RTI	0	3,238.16	0.00
15169150	VALVULA COMANDO 567141 WABCO	0	7,517.05	0.00
13078527	VALVULA ALTA PRESSAO 8033552 SMH	0	217.53	0.00
15183806	VALVULA 41A211183P2 GENERAL ELECTRIC	1	624.51	624.51
15149878	VALVE BRIDGE	10	67.26	672.59
15408628	VALVE 8451213 GM	1	515.50	515.50
13077951	VALVE 8251271 RTI	1	25,527.65	25,527.65

13084674	TWIST LOCK TW 01 01 MOZ MOTION	33	102.72	3,389.76
13077332	TUBE 8160209 RTI	4	36.98	147.92
15480784	TROMBA 8157962 GM-EMD	0	0.70	0.00
15183828	TRANSDUTOR;41A317303P28; GE	1	289.36	289.36
13078845	TERMINAL CABO 17BC17CI CEDISA	3	104.62	313.85
13085178	TERMINAIS 4/0AWG-550/24	30	0.20	5.94
15409688	TEMP TRNSDCR 41A296328AAP12 GENERAL ELEC	2	493.43	986.86
13121483	TAP SET STW02408 KNORR-BREMSE	0	326.78	0.00
13121506	SUSP WEDGE SPRING RTHZ26-30-00-002 GLOBA	0	44.58	0.00
13077628	STRT SWT 8346425 RTI	1	212.73	212.73
15149854	STARTING FUSE 800 AMP	10	66.62	666.25
13121574	SPRING RTHZ26-00-00-004 GLOBAL RAILWAY	0	145.86	0.00
13120012	SOLVENT 133.49DEGC PAIL 25L	0	115.36	0.00
13085319	SOLUCAO AQSA 100PCT BALDE 5L	74	12.65	936.44
13121511	SLACK ADJUSTER 791438 KNORR-BREMSE	0	870.80	0.00
15183856	SENSOR;41A296328AAP12;GE	4	10.65	42.60
15716162	SENSOR 84A214248P2 GENERAL ELECTRIC	1	1,366.48	1,366.48
15718323	SENSOR 41A296328BZP18 GENERAL ELECTRIC	2	353.35	706.70
13115189	SEAT 8196957 GENERAL MOTORS	2	1,169.88	2,339.76
13123121	SEAL RING 731061 KNORR-BREMSE	0	1.46	0.00
13123148	SEAL RING 731056 KNORR-BREMSE	0	1.45	0.00
13122909	SEAL RING 731047 KNORR-BREMSE	0	1.75	0.00
13123151	SEAL RING 731034 KNORR-BREMSE	0	1.50	0.00
15312682	SCREW/BOLT HX HEAD 8MM	0	0.08	0.00
15253989	SCREW/BOLT HX HEAD 12MM	0	0.66	0.00
15149847	SCR PANEL	0	505.14	0.00
15144680	SAPATA;16A;SIDEREA	0	17.70	0.00
15185461	SAPATA FREI 41B511452P24 GENERAL ELECTRI	82	117.94	9,671.08
15282977	REVERSIBLE MAGNETIC SWITCH 8464117 GM-EM	3	2,920.25	8,760.75
13122828	RETAINER 775661 KNORR-BREMSE	0	181.88	0.00
13078235	RESISTOR 8339375 RTI	4	27.97	111.88
13078935	RESISTOR 17EA33D965AC GENERAL ELECTRIC	3	4,783.26	14,349.78
13078447	RESISTOR 17EA33D945AC GENERAL ELECTRIC	0	2,081.39	0.00
15730383	ELEMENTO FILTR 41C625459P1 GENERAL ELECT	46	77.92	3,584.32
15718415	FILTER ELEMENT 132X1823 GENERAL ELECTRIC	18	272.78	4,910.04
13085299	OLEO LUBRIF BALDE 500G	119	59.25	7,050.75
15185468	ELEMENTO FILTRO 41A216508P4 GENERAL ELEC	205	85.56	17,539.80
16910388	ELEMENTO FILTRO 41A216508P4 GENERAL ELEC	270	82.39	22,245.30
13085318	LUBRICANT OIL DRUM 210L	27	751.80	20,298.60
13085302	OLEO LUBRIF TAMBOR 210L	299	1,954.91	584,517.82
Total				1,099,523.43

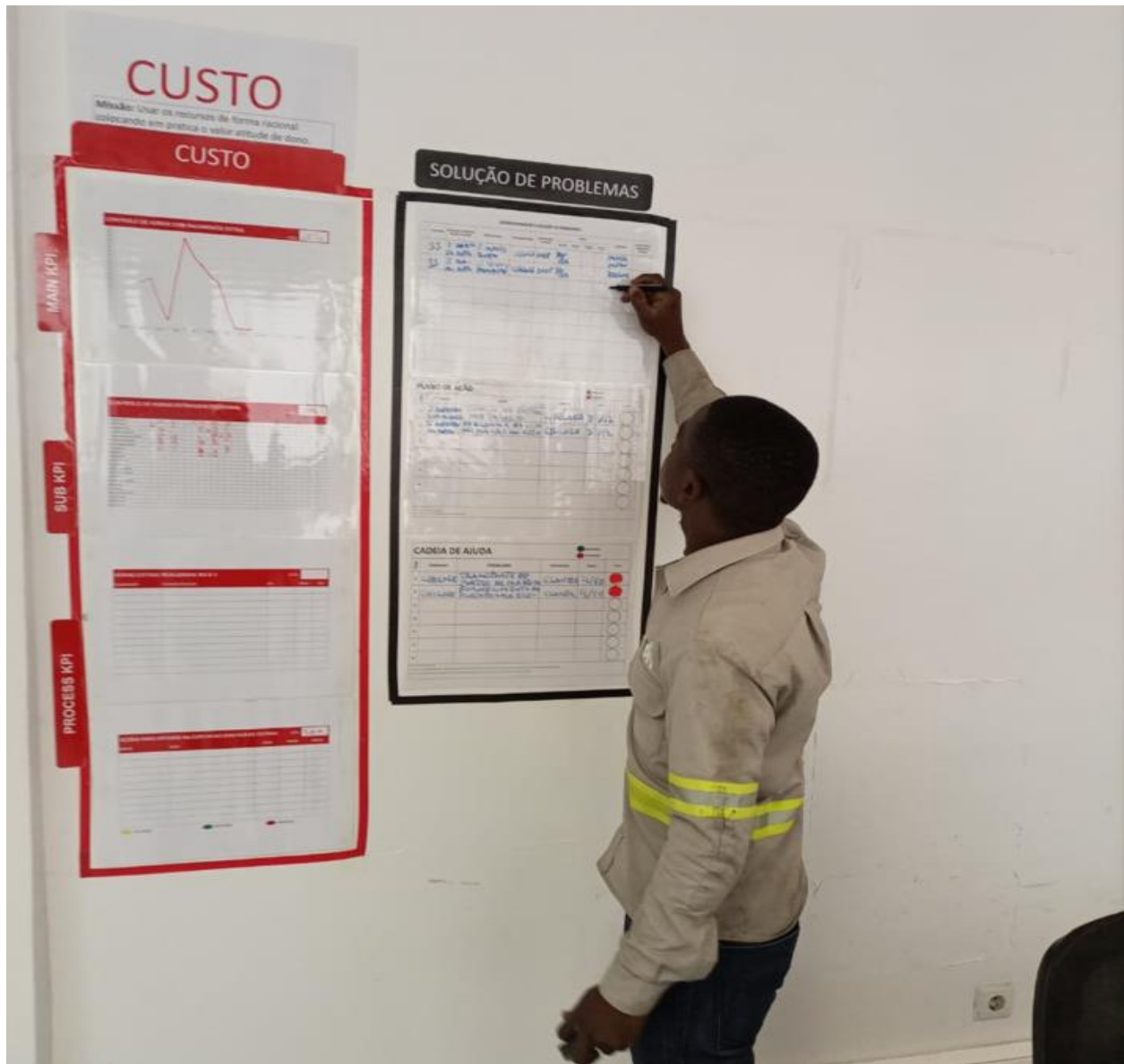
Anexo 02 – Tabela 02

PCM - Planejamento e controle de Manutenção.

Locomotivas CDN - Top20 Consumo Corretiva 2021 - 2022				
Materiais	Descrição	L	Valor Un	Total USD
15185442	BAT 84C611933P2 GENERAL ELECTRIC	0	18654.357	0
15183829	TRANSDUTOR;41A317303P29;GE	2	189.77312	379.546245
13078017	BOMBA AGUA 40004235 CEDISA	0	2327.5	0
13119447	ADAPTER RT-SD01-1403-1651C GLOBAL RAILWA	0	159.5	0
13111559	AIR FILTER 333B937P2 GENERAL ELECTRIC	5	229.32	1146.6
15185852	BOMBA;8262903;GM	1	3326.2983	3326.29834
13078758	TERMINAL CABO 8265954 RTI	15	4926.7775	73901.6632
15185853	BOMBA;40004235;GM	0	2141.3	0
13121662	BRAKE TRIANGLE RTHZ26-50-01-000 GLOBAL R	0	2119.4631	0
13121878	ALAV RT-ZA27-1610-3318 GLOBAL RAILWAY	0	227.17	0
15149630	26C OVERHAUL KIT	1	26.719526	26.7195257
15184685	BUZINA;84B105883P2;GE	0	1814.4	0
13077572	AIR BRUSH 8413191 RTI	8	10.38	83.04
13077596	ALTERNATOR BRUSH 84C603599P1 GENERAL ELE	0	39.36	0
13085307	ANTI SEIZE LUBRICANT LIQ PAIL 25L	0	48.889328	0
13121549	BAR RTHZ26-50-00-001 GLOBAL RAILWAY	0	442.43273	0
15144678	AIR FILTER;8402068;GENERAL MOTORS	1	31.19	31.19
15193851	ANEL 8059699 GM-EMD	10	15.92	159.2
13076830	ALTERNATOR FUSES 8346478 CEDISA	5	50.33	251.65
13077713	ABRACADEIRA 8694 RTI	0	9.7484585	0
15185474	AMORTECEDOR;41B510214P1;GE	3	38.757945	116.273834
13121872	ARRUELA RT-ZA16-1503-2076-006B GLOBAL RA	0	27.95	0
13087182	BORRACHA DO LIMPADOR DE PARABRISA	0	6.8664032	0
13077763	BOLT 8348556 GENERAL ELECTRIC	4	0.55	2.2
13077500	BOLT L14AP25100B GENERAL ELECTRIC	5	4.74	23.7
15404845	VALVE 561925 WABCO	1	3304.5	3304.5
13078686	CARD 17FB193A3FV GENERAL ELECTRIC	1	4855.73	4855.73
13122825	CABO 00T.01M.01H.022 TMH	0	21.3	0
15185458	VASSOURA 41A235897P4 GENERAL ELECTRIC	48	59.49	2855.52
15172780	VALVULA;566403;WABTEC	1	803.47004	803.47004
13078171	VALVULA FREIO 561001 RTI	0	3238.1609	0
15169150	VALVULA COMANDO 567141 WABCO	0	7517.053	0
13078527	VALVULA ALTA PRESSAO 8033552 SMH	0	217.52506	0
15183806	VALVULA 41A211183P2 GENERAL ELECTRIC	1	624.51	624.51
15149878	VALVE BRIDGE	10	67.259289	672.592885
15408628	VALVE 8451213 GM	1	515.5	515.5
13077951	VALVE 8251271 RTI	1	25527.65	25527.65
13084674	TWIST LOCK TW 01 01 MOZ MOTION	33	102.72	3389.76

13077332	TUBE 8160209 RTI	4	36.98	147.92
15480784	TROMBA 8157962 GM-EMD	0	0.7	0
15183828	TRANSDUTOR;41A317303P28;GE	1	289.35779	289.357787
13078845	TERMINAL CABO 17BC17CI CEDISA	3	104.61581	313.847431
13085178	TERMINAIS 4/0AWG-550/24	30	0.1981028	5.943083
15409688	TEMP TRNSDCR 41A296328AAP12 GENERAL ELEC	2	493.43	986.86
13121483	TAP SET STW02408 KNORR-BREMSE	0	326.78	0
13121506	SUSP WEDGE SPRING RTHZ26-30-00-002 GLOBA	0	44.58	0
13077628	STRT SWT 8346425 RTI	1	212.73	212.73
15149854	STARTING FUSE 800 AMP	10	66.624506	666.245059
13121574	SPRING RTHZ26-00-00-004 GLOBAL RAILWAY	0	145.86	0
13120012	SOLVENT 133.49DEGC PAIL 25L	0	115.36	0
13085319	SOLUCAO AQSA 100PCT BALDE 5L	74	12.654545	936.436364
13121511	SLACK ADJUSTER 791438 KNORR-BREMSE	0	870.8	0
15183856	SENSOR;41A296328AAP12;GE	4	10.651225	42.6049012
15716162	SENSOR 84A214248P2 GENERAL ELECTRIC	1	1366.4821	1366.48206
15718323	SENSOR 41A296328BZP18 GENERAL ELECTRIC	2	353.35146	706.702925
13115189	SEAT 8196957 GENERAL MOTORS	2	1169.88	2339.76
13123121	SEAL RING 731061 KNORR-BREMSE	0	1.46	0
13123148	SEAL RING 731056 KNORR-BREMSE	0	1.45	0
13122909	SEAL RING 731047 KNORR-BREMSE	0	1.75	0
13123151	SEAL RING 731034 KNORR-BREMSE	0	1.5	0
15312682	SCREW/BOLT HX HEAD 8MM	0	0.0790514	0
15253989	SCREW/BOLT HX HEAD 12MM	0	0.6640316	0
15149847	SCR PANEL	0	505.13945	0
15144680	SAPATA;16A;SIDEREA	0	17.7	0
15185461	SAPATA FREI 41B511452P24 GENERAL ELECTRI	82	117.94	9671.08
15282977	REVERSIBLE MAGNETIC SWITCH 8464117 GM-EM	3	2920.25	8760.75
13122828	RETAINER 775661 KNORR-BREMSE	0	181.88	0
13078235	RESISTOR 8339375 RTI	4	27.97	111.88
13078935	RESISTOR 17EA33D965AC GENERAL ELECTRIC	3	4783.26	14349.78
13078447	RESISTOR 17EA33D945AC GENERAL ELECTRIC	0	2081.3911	0
13078020	RESISTOR 17EA33D747AC GENERAL ELECTRIC	0	2280.0144	0
15194808	REPAIR KIT 9580717 GENERAL MOTORS	0	42.27	0
15145084	REPAIR KIT 26C BRAKE	1	66.94	66.94
15273401	RELE 8363168 GM-EMD	0	421.09328	0
15185849	PUNHO;9548795;GM	0	676.84	0
15194790	PORCA 9416524 GENERAL MOTORS	0	4.1	0
15718415	FILTER ELEMENT 132X1823 GENERAL ELECTRIC	5	272.78	1363.9
13085299	OLEO LUBRIF BALDE 500G	0	59.25	0
15185468	ELEMENTO FILTRO 41A216508P4 GENERAL ELEC	58	85.56	4962.48
16910388	ELEMENTO FILTRO 41A216508P4 GENERAL ELEC	50	82.39	4119.5
13085318	LUBRICANT OIL DRUM 210L	0	751.8	0
13085302	OLEO LUBRIF TAMBOR 210L	0	1954.9091	0
Total				408,257.305

Anexo 3: Painel de controle de custo (Oficina de locomotivas CDN)



Anexo 4: Ordem de Manutenção emergencial da frota de locomotiva C30EMP

Nampula Central:WHS:1395



DEFEITO NA ILUMINAÇÃO

OM 202302286602

EQUIPAMENTO

Número	Descrição Equipamento	Centro de Custo	Criticidade	Tipo Contador
Nº Identificação Técnica		2440040	A	
Local de Instalação		Descrição do Local de Instalação		
SCDN-MTR-LOC-C30EM-L9157		LOCOMOTIVAS FROTA C30EMP 3000HP L9157		
Local de Instalação Superior		Descrição do Local de Instalação Superior		
SCDN-MTR-LOC-C30EM		LOCOMOTIVAS FROTA C30EMP		
Características do Equipamento				

ORDEM DE MANUTENÇÃO

Data Início	Hora Início	Data Fim	Hora Fim	Duração (h)	Prioridade	Tipo de Manutenção	Tipo de Atividade
13/05/2023	00:00	13/05/2023	01:15	1.000	Alta	Manutenção Corretiva não	Troca
Ponto de Partida		Comprimento		Plano de Manutenção		Descrição do Plano	
Ponto Final		Unidade de Medida		Condição de Operação			
Status Sistema Ordem				Status Usuário Ordem			
LIB IMPR CAPC CCOP SCDM				EXEC			
Equipe		Responsável		Planejador			
MANLOCOT		Lider de Manutenção /		02			
MANUT. LOCOMOTIVA				Manutenção Locomot			

NOTA DE MANUTENÇÃO

Nota	Descrição	Data Solicitação	Autor	Outras Solicitações
202300747145	DEFEITO NA ILUMINAÇÃO	12/05/2023	HELPDESK	Não

DETALHAMENTO DA ORDEM

<p>DEFEITO NA ILUMINAÇÃO</p> <p>12.05.2023 13:10:48 UTC-3 GABRIEL VALE (DZX1571)</p> <p>No dia 12/05/2023 pelas 17:08, foi reportado ao HD Cear pelo maquinista Mkonda do D511 (Composto pelas locomotivas 9157/9158 mais 32 vagões) quando estava no pátio de Nayuci após a troca de equipe, reportou que a locomotiva 9157 não estava a acender um farol frontal.</p>

DURAÇÃO DA TAREFA

Início Conserto	Fim Conserto	Parada Produção
____/____/____	____/____/____	()Sim ()Não
____:____	____:____	

HISTÓRICO DAS ÚLTIMAS MANUTENÇÕES

Data	Tipo Manutenção	OM	Descrição	Detalhamento
01/06/2023	YCO	202302331494	DANIFICADA MANGUEIRA CF D TROCAR	DANIFICADA MANGUEIRA CF D TROCAR 16.05.2023 13:21:59 UTC-3 Ilidio Junior (CRP3717) DURANTE A INSPENÇAO CONSTATOU-SE QUE
01/06/2023	YCO	202302332174	GASTAS SAPATAS TROCAR	GASTAS SAPATAS TROCAR 16.05.2023 13:31:27 UTC-3 Ilidio Junior (CRP3717) durante a inspeçao constatou-se que o rodado 5
01/06/2023	YCO	202302332410	SUJO COMPARTIMENT DA EPCU LIMPAR	SUJO COMPARTIMENT DA EPCU LIMPAR 16.05.2023 13:29:12 UTC-3 Ilidio Junior (CRP3717) DURANTE A INSPENÇAO CONSTATOU-SE QUE