



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA E GESTÃO

INDUSTRIAL

RELATORIO DO ESTÁGIO PRFISSIONAL

Tema:

**ANÁLISE DE FALHAS DA MINI PÁ CARREGADEIRA
DA MPDC**

Discente:

Guiliche, Prudêncio Romão

Supervisor:

Eng^o. David, Roberto Luciano

Maputo, Julho de 2023



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA E GESTÃO
INDUSTRIAL**

RELATORIO DO ESTÁGIO PROFISSIONAL

Tema:

**ANÁLISE DE FALHAS DA MINI PÁ CARREGADEIRA DA
MPDC**

Discente:

Guiliche, Prudêncio Romão

Supervisor:

Eng^o. David, Roberto Luciano

Maputo, Julho de 2023

INDICE

INDICE DE TABELAS.....	III
INDICE DE FIGURAS	IV
INDICE DE GRAFICOS	V
LISTA DAS ABREVIATURAS.....	VI
AGRADECIMENTOS.....	VII
DEDICATÓRIA	VIII
DECLARAÇÃO DE HONRA	IX
RESUMO	X
ABSTRACT	XI
<i>Capitulo I - INTRODUÇÃO</i>	1
1.1. INTRODUÇÃO	1
1.2. PROBLEMÁTICA.....	2
1.3. PROBLEMA	2
1.4. OBJECTIVO GERAL.....	3
1.5. OBJECTIVOS ESPECIFICOS.....	3
<i>Capitulo II - REVISÃO DA LITERATURA</i>	4
2.1. GESTÃO DA MANUTENÇÃO.....	4
2.2. IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO E SUA EVOLUÇÃO.....	6
2.3. OBJETIVOS DA MANUTENÇÃO	7
2.4. TIPOS DE MANUTENÇÃO	7
2.4.1. Manutenção correctiva	7
2.4.2. Manutenção preventiva	8
2.4.3. Manutenção preditiva.....	8
2.5. CONFIABILIDADE.....	11
2.6. QUALIDADE.....	13
2.7. ALGUMAS MÁQUINAS UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	14
2.7.1. PÁS CARREGADEIRAS	14

2.7.2. PÁS CARREGADEIRAS DE ESTEIRA – BULDÓZER	16
2.7.3. RETRO ESCAVADEIRA	18
2.7.4. ESCAVADEIRA HIDRÁULICA DE ESTEIRA	19
2.7.4.1. As principais funções da escavadeira são:.....	19
2.7.5. MANIPULADORES TELESCÓPICOS	21
2.7.6. MOTO NIVELADORA	22
2.7.6.1. PRINCIPAIS PARTES DE UMA MOTO NIVELADORA:	24
<i>Capítulo III - CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO</i>	27
3.1. O QUE É BOBCAT	27
3.2. ESTUDO DO CASO	27
3.3. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA MINI PÁ CARREGADEIRA	29
<i>Capítulo IV - METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA</i>	30
4.1. METODOLOGIA USADA	30
4.2. SEQUÊNCIA DO TRABALHO	30
4.3. POSSÍVEIS CAUSAS DO PROBLEMA	31
4.4. RESOLUÇÃO DO PROBLEMA.....	32
<i>Capítulo V - APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</i>	33
5.1. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	33
5.2. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	38
5.3. PLANO DE MANUTENÇÃO	38
<i>Capítulo VI – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</i>	40
6.1. CONCLUSÕES.....	40
6.2. RECOMENDAÇÕES	41
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	42

INDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Políticas de manutenção (WAEYENBERGH, 2005).

Tabela 2 - Evolução da Manutenção.

Tabela 3 - Itens de manutenção periódica.

INDICE DE FIGURAS

Figura 2: a), b) e c) Representa uma pá carregadeira de pneus.

Figura 3: a) e b) Imagens de pás carregadeiras de esteira – buldózer .

Figura 4: Imagem de uma retro escavadeira.

Figura 5: a) Imagem de uma escavadeira; b) imagem de uma mini escavadeira.

Figura 6: a) e b) São manipuladores Telescópicos.

Figuras 7: a) É uma moto niveladora com pá dianteiro; b) É uma moto niveladora com Escarificador.

Figura 8 – Regularização de estradas de terra.

Figura 9 – Ilustra o movimento do material na frente da lâmina.

Figura 10: a), b) e C) Imagens da mini pá carregadeira.

Figura 11: Camisa desgastado devido a fricção.

Figura 12: Pistão e os anéis que sofreu com desgaste devido a falha do sistema de lubrificação.

Figura 13: Varetas partidas e desgastadas por fricção.

Figura 14: Desgaste do eixo da cambota (virabrequim).

INDICE DE GRAFICOS

Figura 1: Gráfico da curva de banheira e ciclo de vida de equipamentos.

LISTA DAS ABREVIATURAS

MPDC- Maputo Port Development Company.

TPM- Total Productive Maintenance.

MCC- Manutenção Centrada na Confiabilidade.

MTTF- Mean time to failure ou tempo médio até a falha.

MTBF- Mean time between failures ou tempo médio entre as falhas.

MTTR- Mean time to repair ou tempo médio de reparo.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar que agradecer a Deus pela graça da vida;

Agradeço aos meus pais pela força e por terem acreditado em mim;

Agradeço a minha esposa e o nosso filho que sempre me deram muita força mesmo em momentos em que eu ficava desmotivado ela sempre esteve ali para levantar o meu astral com palavras motivadoras a vocês vai o meu muito obrigado por acreditar eu sou capaz.

Um trabalho desse não feito por uma só pessoa e quero aproveitar agradeceu o meu supervisor engenheiro David, Roberto Luciano pelas dicas, carinho e pelo tempo e paciência imensurável que demonstrou para comigo o meu kanimambo.

Agradecer também os trabalhadores da CENTROCAR em especial o Engenheiro Hélder Lima, o engenheiro técnico Ângelo Silva e técnico Adelino da Cruz pelos ensinamentos e paciência e desde já endereço a minha eterna gratidão porque sem vocês não seria possível a realização deste trabalho.

Aos meus colegas de turma e ao corpo docente da UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE em particular faculdade de engenharia meu grande obrigado porque vocês querendo ou não contribuíram muito para a minha formação, “EU JÁ NÃO SOU O MESMO PRUDÊNCIO”, que entrou na feng desprovido de conhecimento e boas maneiras de ser e estar na sociedade.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho em especial ao meu amado tio **Massingue, Armando Fenicela Guiliche** em memória, por ter acreditado em mim e me incentivado bastante nos meus estudos e pelo carinho dado quando estava entre nós. Este trabalho é dedicado a se e dizer que sim hoje consegui e espero que onde quer que esteja, esta feliz e cantado júbilos por mim Kanimambo.

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Prudêncio Romão Guiliche, declaro por minha honra que o presente projecto do final do curso é exclusivamente da minha autoria, não constituindo copia de nenhum trabalho realizado anteriormente e as fontes usadas para a realização do trabalho encontram-se referidas na bibliografia.

Assinatura: _____

RESUMO

As indústrias actualmente vêm modernizando seus métodos de gestão em diversos sectores com o objectivo de torná-las cada vez mais competitivas no mercado global. A confiabilidade e disponibilidade operacional em seus equipamentos é a busca das empresas que querem se manter competitivas num mercado que se apresenta cada vez mais disputado e com clientes mais exigentes nos requisitos qualidade e produtividade. E uma das formas de garantir para que isso aconteça é tendo um plano de manutenção que será capaz de diminuir as paragens dando ao activo mais confiabilidade e disponibilidade.

O presente trabalho tem como objectivo realizar um estudo das falhas ocorridas na mini pá carregadeira da MPDC. As pás` carregadeiras são um dos principais activos em plantas que realizam a mistura e ensaque de fertilizantes minerais, elas são responsáveis pela alimentação com matéria-prima dos equipamentos que fazem a mistura e ensaque, assim como, em indústrias que produzem e comercializam os minérios, logo qualquer falha nas pás carregadeiras afectam directamente a produção.

PALAVRAS-CHAVES: Falhas, Confiabilidade, Plano de manutenção.

ABSTRACT

Industries nowadays are modernizing their management methods across various sectors with the aim of making them increasingly competitive in the global market. Reliability and operational availability in their equipment are the pursuit of companies aiming to remain competitive in a market that is becoming more fiercely contested, with customers demanding higher standards of quality and productivity. One of the ways to ensure this is by implementing a maintenance plan that can reduce downtime, providing assets with greater reliability and availability.

The present study aims to investigate the failures occurring in the mini wheel loader at MPDC. Wheel loaders are among the key assets in plants engaged in the mixing and packaging of mineral fertilizers. They are responsible for feeding raw materials to the equipment involved in mixing and packaging. Similarly, in industries that produce and trade minerals, any failures in wheel loaders directly impact production.

KEYWORDS: Failures, Reliability, Maintenance plan.

Capítulo I - INTRODUÇÃO

1.1. INTRODUÇÃO

A crescente busca por novos clientes e mercados, e até mesmo para manter os atuais, faz com que as indústrias tenham que ser cada vez mais competitivas. Para isso, se faz necessário, diminuir o custo de produção e cumprir com os prazos, mantendo a qualidade.

A manutenção como ferramenta tem contribuído com seu potencial estratégico nos últimos tempos. Dentro de uma organização desempenha a função de execução de técnicas (administrativas e operacionais) que visam reparar o equipamento a fim de conferir-lhe maior longevidade. Até os meados dos anos 50, a manutenção não era com muita relevância dentro das organizações. Sua função restringia-se à situações de emergência, ou seja, apenas como reacção à falhas e avarias nos equipamentos, procurando repará-los no mais curto espaço de tempo possível, não importando a eficiência, mas sim, a rapidez em que a máquina voltasse a produzir.

No início da industrialização os inventores ou proprietários das máquinas eram os que se ocupavam de reparar as falhas e recolocá-las para produzir. Com o avanço da tecnologia, essa função foi especializando-se, exigindo que fosse realizada por profissionais específicos. Assim, chegou-se ao momento actual em que a manutenção das máquinas em uma organização mostra-se necessária para a competitividade desta, e assim, a função ganha status estratégico. Na fase actual, a manutenção deixa de ser correctiva e foca-se na prevenção, pois, o prejuízo causado pela necessidade de reparo emergencial proporciona à empresa perda de vantagem competitiva.

A CENTROCAR é uma empresa originária portuguesa e tem meio século de existência desde a sua criação, sendo que tem filiais em quatro (4), países nomeadamente: Portugal, Espanha, Angola e Moçambique. Em Moçambique começou a operar e 2010 especialmente no ramo de venda e manutenção de máquinas e equipamentos industriais tais como: empilhadoras, buldózers, niveladoras, camiões, tractores, geradores, pás carregadeiras, pás escavadeiras e retro escavadeiras. A empresa é representante das seguintes marcas oficiais: DOOSAN, DEVELON, BOBCAT, DEUTZ-FAHR, MCCLOSKEY, AJAX, CLAAS, ASKA, CHANTUI, SHAKMAM, JOPER E AGROMASTER.

1.2. PROBLEMÁTICA

A mini pá representava a perda de força na movimentação e elevação de mercadorias e consequentemente baixa produtividade.

1.3. PROBLEMA

A não utilização da mini pá carregadeira devido as falhas que a máquina tem apresentado.

1.4. OBJECTIVO GERAL

Análise de falhas da mini pá carregadeira da MPDC

1.5. OBJECTIVOS ESPECIFICOS

- Identificar as causas da má eficiência da mini pá carregadeira;
- Reparar as falhas da mini pá carregadeira.

Capítulo II - REVISÃO DA LITERATURA

2.1. GESTÃO DA MANUTENÇÃO

No âmbito industrial ou qualquer ofício de fabricação, necessita-se de modos que irão permitir o bom andamento da produção, sendo processos simples ou sofisticados, contudo, problemas relacionados a desgastes, quebras, fracturas e mais outros incidentes podem ser observados durante o processo (DE LA VEGA, 2017). De acordo com Marques (2017), a manutenção representa estratégias para a determinação e avaliação da situação actual, bem como para a preservação e o restabelecimento da condição nominal das instalações, máquinas e componentes. A política da manutenção dá-se por um grupo de regras, procedimentos e definições que são confabulados para operacionalizar a manutenção de forma a atender os principais interesses da empresa (CORRÊA, 2015).

Waeyenbergh (2005) fala que há 3 principais grupos de manutenção, e de acordo com a tabela a baixo ele relaciona as políticas com suas respectivas acções.

Tabela 1: Políticas de manutenção (WAEYENBERGH, 2005).

POLÍTICAS DE MANUTENÇÃO		
Grupo	Base da política de manutenção	Acção da manutenção
Manutenção correctiva	Manutenção baseada na falha	Reparar
Manutenção Preventiva	Manutenção baseada no uso	Inspeccionar
	Manutenção baseada no tempo	Reparar
	Manutenção baseada no projecto	Substituir
Manutenção Preditiva	Manutenção baseada na Detecção	Inspeccionar
	Manutenção baseada na condição	Inspeccionar

A disponibilidade de activos tem-se tornado um factor importante dentro das organizações que visam cada vez mais o lucro. Para atingir esse objectivo, a manutenção precisa controlar uma série de processos que visa estabelecer as rotinas de serviços, analisar comportamento de activos, manobrar e dispor de equipas técnicas e mantenedores, colectar e analisar dados e controlar recursos, tudo isso visando garantir a máxima eficiência ao menor custo possível. A melhor forma de se ter bons resultados é utilizando metodologias que visam administrar essa infinidade de processos, e a isso é dado o nome de Gestão da Manutenção.

Para entender o que é a gestão da manutenção se faz necessário primeiro conhecer os conceitos básicos que compõem esse termo. Tendo como primeiro termo, Manutenção, que pode ser definida como o sector dentro de uma organização, responsável por manter as instalações, bem como as suas máquinas e equipamentos (activos), em condições de desempenhar as suas funções requeridas.

Cada organização tem suas máquinas e equipamentos que são responsáveis por desempenhar funções, e que naturalmente esses activos falham. A manutenção exerce a função de reparar esses activos quando essas falhas ocorrerem, e mais importante, trabalhar de forma preventiva visando evitar ao máximo que os activos venham a falhar. A importância da manutenção e a evolução nos últimos anos pode ser observada pelo simples fato de que antes uma função realizada por poucos mecânicos, hoje em dia, há um departamento dentro das organizações, que visa garantir o aumento do lucro do negócio através da manutenção sendo activa e gerando disponibilidade dos equipamentos.

Para o termo Gestão, simplificada, significa dar direcção, conduzir, guiar para o alcance das metas. Então, resumidamente, Gestão da Manutenção é o conjunto de métodos que são utilizados pelo sector de manutenção com o intuito de atingir as suas metas. Dentro dessa gestão, há dois factores importantes para garantir o desempenho, efectividade, planeamento e controle.

2.2. IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO E SUA EVOLUÇÃO

Os processos de produção estão a cada dia mais complexos, combinando homens e máquinas. A manutenção é importante factor de competitividade, aumento da produtividade, na medida, em que esta actividade pode retardar a obsolescência dos equipamentos.

A forma como a manutenção vem sendo tratada dentro das organizações nos últimos anos mostra a importância do sector que contribui para redução de custos de produção através da maior disponibilidade dos activos. A manutenção tem sua história dividida em três gerações (SIQUEIRA, 2005).

- A primeira geração, que compreende o período da década de 40, não actuava em preventivas, apenas lubrificações e limpezas das máquinas, actuando de forma correctiva quando a falha ocorria. A pouca mecanização das indústrias da época aliada à conjuntura económica da mesma, fizeram com que essa fase possuísse essas características.
- Após a Segunda Guerra Mundial (1945), houve um avanço na industrialização e a disponibilidade dos equipamentos, juntamente com maior vida útil e disponibilidade tornaram-se prioridades na indústria. Havendo desta forma a necessidade de a manutenção dar um passo à frente devido a eventos históricos que influenciaram em produtos e na mão – de – obra industrial, destacando-se a área da aviação. Logo, surgiram os conceitos preventivos, onde consistiu em intervenções dos equipamentos realizados com periodicidade, começando então a segunda geração nos anos 60.
- Terceira Geração, teve o início pelos anos de 1960, com a utilização de computadores e processadores. Concederam informações importantes sobre potenciais falhas que um equipamento poderia ter. Tal avanço foi estimulado pelos malefícios que uma longa parada de produção poderia acarretar, pensando assim em um modo de usufruir ao máximo do equipamento sem comprometer fatalmente sua vida útil, conceitos da manutenção preditiva. E nas décadas seguintes vários outros conceitos acompanharam os avanços tecnológicos, como o TPM, e a confiabilidade com a MCC.

2.3. OBJETIVOS DA MANUTENÇÃO

- Manter os equipamentos e as máquinas em condições de pleno funcionamento para garantir a produção normal e qualidade dos produtos.
- Prevenir prováveis falhas ou quebras dos elementos das máquinas

A manutenção ideal de uma máquina é a que permite alta disponibilidade para a produção durante todo o tempo que ela estiver em serviço a um custo adequado.

2.4. TIPOS DE MANUTENÇÃO

A maneira como é realizada cada intervenção nas manutenções dos activos define o tipo de manutenção. Existem três manutenções que se destacam como as principais e mais citadas por autores conforme exposto a seguir:

2.4.1. Manutenção correctiva

A manutenção correctiva é accionada em duas situações, quando a operação identifica que o processo está com alguma deficiência ou quando se constata a falha em algum equipamento impedindo que realize sua função. Para que seja evitada a reincidência das falhas é importante que a correctiva identifique a origem do problema. A manutenção correctiva é realizada em seguida que ocorre a falha ou programada para que seja realizada posteriormente em uma melhor oportunidade. Quando a manutenção correctiva é muito solicitada pode-se afirmar que há uma deficiência no sector de manutenção, além disso a correctiva pode gerar perdas no processo de produção e a qualidade do produto é prejudicada. A manutenção correctiva é uma intervenção realizada para evitar maiores consequências aos equipamentos, colaboradores ou meio ambiente (VIANA, 2002).

2.4.2. Manutenção preventiva

Manutenção Preventiva é qualquer tipo de manutenção planejada e programada para um equipamento ou componente. A preventiva é sempre uma actividade agendada e executada por um técnico competente com o objectivo de garantir que o activo esteja funcionando correctamente, a fim de sanar qualquer falha que leve o equipamento a parar e consequentemente interromper o processo de produção.

Para o sucesso dos serviços de manutenção preventiva necessita-se de um planeamento preliminar e a validação no plano de manutenção. O plano de manutenção preventiva deve ser elaborado por etapas, observando diversos processos e métodos.

A manutenção preventiva é um método superior a correctiva pois ela pode garantir a disponibilidade dos equipamentos auxiliando assim que o programa de produção seja cumprido. Essa manutenção deve ser aplicada obrigatoriamente, e tem um maior custo em relação aos demais métodos, mas garante uma maior disponibilidade e confiabilidade dos activos em relação à manutenção correctiva (LAFRAIA, 2001).

2.4.3. Manutenção preditiva

A Manutenção Preditiva, conhecida também como a manutenção que faz o monitoramento regular das condições mecânicas, electrónicas, pneumáticas, hidráulicas e eléctricas dos equipamentos e instalações e, ainda, monitora o rendimento operacional de máquinas, equipamentos e instalações quanto a seus processos com um controle estatístico para que seja possível prever as falhas e planejar a melhor intervenção a ser realizada.

O planeamento das preditivas consiste na definição de quais técnicas que serão usadas para monitorar cada tipo de equipamento e a periodicidade das inspecções. Os conceitos e aplicações da Manutenção Preditiva vêm sendo usados há muito tempo, tornando-se uma importante ferramenta de produtividade a partir dos anos 70 e tendo destaque desde meados dos anos 90 dentro da manutenção.

Dentro do Planeamento e Controle da Manutenção, a manutenção preditiva é um método aplicado na área de manutenção com a finalidade de indicar as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam o seu desgaste ou processo de degradação. Esse controle, na maioria das vezes, mostra um aumento nos intervalos dos reparos através de

manutenção correctiva e dos reparos por manutenção preventiva, conseqüentemente um aumento de rendimento no processo produtivo, tendo os equipamentos disponíveis por um tempo maior para a produção.

Portanto, a preditiva traz prognósticos para o tempo de vida útil dos componentes, equipamentos e as condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado.

Tabela 2: Evolução da Manutenção.

EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO				
	Primeira Geração	Segunda Geração	Terceira Geração	Quarta Geração
Ano				
Aumento das expectativas em relação à Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Conserto após a falha 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidade crescente • Maior vida útil do equipamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Melhor relação custo-benefício • Preservação do meio ambiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Preservação do meio ambiente • Segurança • Influir nos resultados do negócio • Gerenciar os ativos
Visão quanto à falha do equipamento	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os equipamentos se desgastam com a idade e, por isso, falham 	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira 	<ul style="list-style-type: none"> • Existência de 6 padrões de falhas (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir drasticamente falhas prematuras dos padrões A e F (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5
Mudança nas técnicas de Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades voltadas para o reparo 	<ul style="list-style-type: none"> • Planejamento manual da manutenção • Computadores grandes e lentos • Manutenção Preventiva (por tempo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento da condição • Manutenção Preditiva • Análise de risco • Computadores pequenos e rápidos • Softwares potentes • Grupos de trabalho multidisciplinares • Projetos voltados para a confiabilidade • Contratação por mão de obra e serviços 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da Manutenção Preditiva e Monitoramento da Condição • Minimização nas Manutenções Preventiva e Corretiva não Planejada • Análise de Falhas • Técnicas de confiabilidade • Manutenibilidade • Engenharia de Manutenção • Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e Custo do Ciclo de Vida. • Contratação por resultados

2.5. CONFIABILIDADE

Confiabilidade é uma característica inerente ao projecto e pode ser definida como a probabilidade na qual um sistema ou produto irá operar de modo satisfatório em um dado intervalo de tempo, quando utilizado restrito às condições de operações específicas.

A confiabilidade é a probabilidade que um componente, equipamento ou sistema exercerá sua função sem falhas, por um certo período de tempo em condições de operações especificadas (LAFRAIA, 2014). O diferencial da confiabilidade é sua actuação nas causas básicas ao invés dos sintomas usando o histórico de falhas.

O inverso da confiabilidade é a falha, onde o sistema fica impossibilitado de cumprir suas funções conforme especificado (LAFRAIA, 2001). As falhas em equipamentos ocorrem através de factores como: falha no projecto, falha na fabricação e falha de utilização. A falha gera parada de produção, produção abaixo do programado, produto com qualidade inferior e riscos à saúde do operador e meio ambiente.

Para relacionar a taxa de falha de um equipamento ao longo do tempo tem-se a curva característica da vida de equipamento que é conhecida como Curva da Banheira, representada pela Figura 1, que apresenta os seguintes períodos de vida para um equipamento: Mortalidade infantil, Período de vida útil e Período de desgaste.

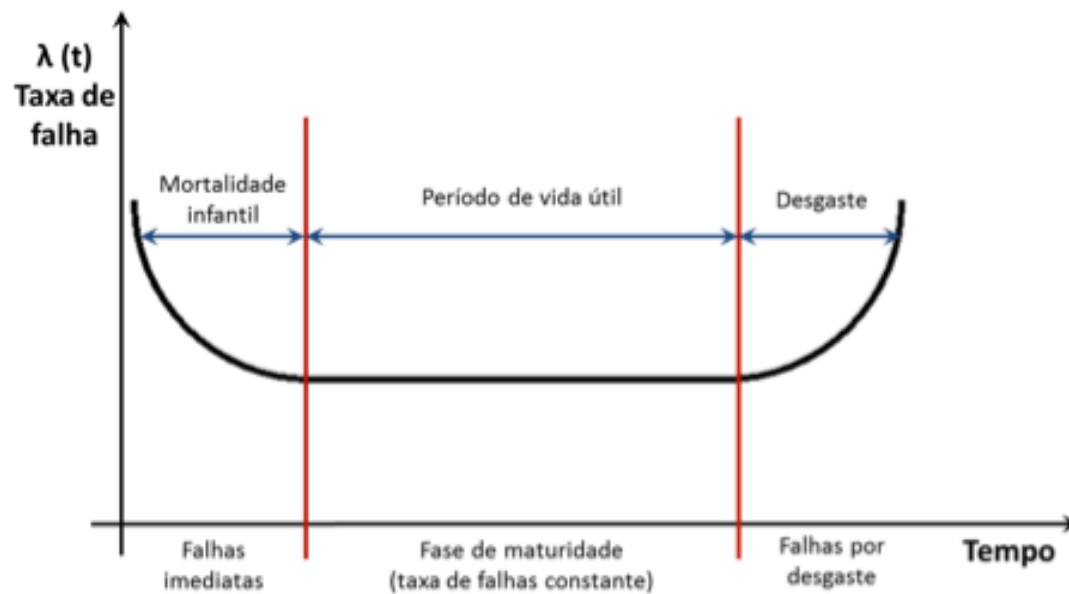


Figura 1: Gráfico da curva de banheira e ciclo de vida de equipamentos.

No período de Mortalidade Infantil, existem falhas iniciais que ocorrem por falhas no projecto, defeito de fabricação ou montagem incorrecta. Para o segundo período, Período de Vida Útil, ocorrem falhas constantes causadas por factores aleatórios como fadiga ou desgastes, onde não há o controlo. No último período há o Período de Desgaste onde começa o fim da vida útil do equipamento devido ao aumento de falhas ocorridas por desgaste natural dos componentes.

2.6. QUALIDADE

A qualidade pode ser definida como cumprimento das especificações de projecto e manufactura com o mínimo de variabilidade possível:

- **Mantenabilidade:** é definida como a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas mediante condições preestabelecidas de uso, uma vez que houve a sua manutenção;
- **Segurança:** é a ausência de condições que causam danos físicos ou ocupacionais a pessoas, bem como danos ou perdas materiais;
- **MTTF** (mean time to failure) ou tempo médio até a falha: utilizado para produtos ou componentes não reparáveis;
- **MTBF** (mean time between failures) ou tempo médio entre as falhas: utilizado para produtos ou componentes reparáveis;
- **MTTR** (mean time to repair) ou tempo médio de reparo;
- **Disponibilidade:** indica o grau em que o equipamento (ou parte dele) estará em condições para iniciar a missão, quando esta for solicitada, num instante determinado.

2.7. ALGUMAS MÁQUINAS UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção é uma das áreas da engenharia civil que para a sua execução é indispensável o uso de máquinas, principalmente quando o assunto é a execução das seguintes obras: edifícios, metros, colectores de esgoto, rodovias e ferrovias, canais, aeroportos, aterros sanitários, barragens e etc.

2.7.1. PÁS CARREGADEIRAS

São chamadas de pás carregadeiras e podem ser montadas sobre esteiras ou rodas com pneumáticos.

A pá carregadeira é um eficiente equipamento na construção civil, auxilia no trâmite das actividades na obra e otimiza o tempo em que é feito o carregamento ou escavação de grandes volumes de terra. A pá carregadeira sobre rodas é utilizada para trabalhos de terraplanagem, o local deve estar seco e firme, para que a máquina possa trafegar tranquilamente.

Normalmente o balde é instalado na parte dianteira. No carregamento, as carregadeiras é que se deslocam, movimentando-se entre o talude e o veículo de transporte.

Características da carregadeira de pneus são:

- Alta velocidade de deslocamento;
- Grande mobilidade;
- Deslocamento a grande distância (elimina o transporte em carro);
- Menor tracção - principalmente na escavação, risco de patinagem;
- Baixa flutuação;
- Tracção nas quatro rodas;
- Peso próprio elevado - peso aderente sobre a roda motriz;
- Motor sobre o eixo traseiro.



a)



b)



c)

Figura 2: a), b) e c) representam uma pá carregadeira de pneus.

Projecto de chassi articulado apresenta uma estrutura dianteira não compacta, de alta torção, com absorção de carga e uma estrutura grande na extremidade do motor de seção em caixa. A geometria de construção da articulação e da lança aumenta o vão livre de despejo, fornece mais força de penetração e de levantamento, e aumenta a área de visibilidade dos cantos do balde.

2.7.2. PÁS CARREGADEIRAS DE ESTEIRA – BULDÓZER

As pás carregadeiras de esteira é um equipamento que se locomove através de esteiras (*lagartas*) utilizando um sistema mecânico de transmissão. Sua principal finalidade é para trabalhos pesados em áreas de difícil acesso e grande quantidade de terra a ser tratada, não necessita de atenção ao terreno onde ela será utilizada, pois possui maior aderência ao solo, é usado principalmente para terraplenagem, escavações, nivelamento de grande áreas de terra, sendo esse terreno molhado ou seco. São equipamentos com potência no motor de 677 kW e chegando a pesar mais de 37 T e operando acima de 100 T.



a)



b)

Figura 3: a) e b) imagens de pás carregadeiras de esteira – buldózer.

2.7.3. RETRO ESCAVADEIRA

Retro escavadeira ou retro escavadora é uma máquina de terraplenagem equipada com uma pá carregadeira (*balde*) montada na frente e uma pequena concha (*balde*) na traseira do veículo. Diferente de um tractor de pneus, que é usado para puxar cargas (*tracionar*) a retro escavadeira é empregada nas construções urbanas e rurais (*carregamento de materiais, limpeza urbana, abertura de valas, etc...*). As retro escavadeiras são equipadas com motor diesel, transmissão, sistema hidráulico, sistema eléctrico, eixos com tracção 4 x 2 ou 4 x 4, freios, embraiagem. Hoje as retro escavadeiras podem ser equipadas com vários implementos, como garfos, martelos hidráulicos, pinças, vassouras hidráulicas, etc., tornando-as umas das máquinas mais versáteis na construção, indústria e agricultura.



Figura 4: imagem de uma retro escavadeira.

2.7.4. ESCAVADEIRA HIDRÁULICA DE ESTEIRA

A escavadeira hidráulica de esteira é a designação genérica aos vários tipos de máquinas de escavar, de revolver ou remover terra ou de retirar aterro. É também conhecida como escavador, escavadora ou pá mecânica. Consistem em um equipamento que trabalha parado. Pode ser montado sobre esteiras, pneumáticos ou trilhos.

A escavação se faz no sentido de cima para baixo. O movimento da máquina é em marcha a ré.

Características das Escavadeiras

- Normalmente sobre esteiras
- Giro de 360°
- Esteiras Lisas, sem garras e de maior largura
- Boa flutuação
- Baixo Balanceamento
- Deslocamento - 1,5 km/h (pequenas distâncias)
- Deslocamento em distância - carretas especiais
- Dependendo do tipo de trabalho, monta-se no tractor, o tipo de lança necessário.

2.7.4.1. As principais funções da escavadeira são:

- Remover e içar objectos;
- Cavar;
- Remover terra;
- Remover entulho;
- Retirar aterro;
- Baldear.



a)



b)

Figura 5: a) imagem de uma escavadeira; b) imagem de uma mini escavadeira.

2.7.5. MANIPULADORES TELESCÓPICOS

Os manipuladores telescópicos são equipamentos para movimentação horizontal e vertical de cargas sobre rodas equipados com lança telescópica, sistema de tracção e combinação de operação. Também contam com uma série de acessórios, como caçambas, pás, cestos para pessoas, guinchos e garfos para elevação de paletes.

É justamente essa grande gama de acessórios que torna essas máquinas tão versáteis, capazes de executar várias funções realizadas por equipamentos como plataformas de trabalho, empilhadoras, carregadeiras, guinchos, enfardadoras, etc.



a)



b)

Figura 6: a) e b) são manipuladores Telescópicos.

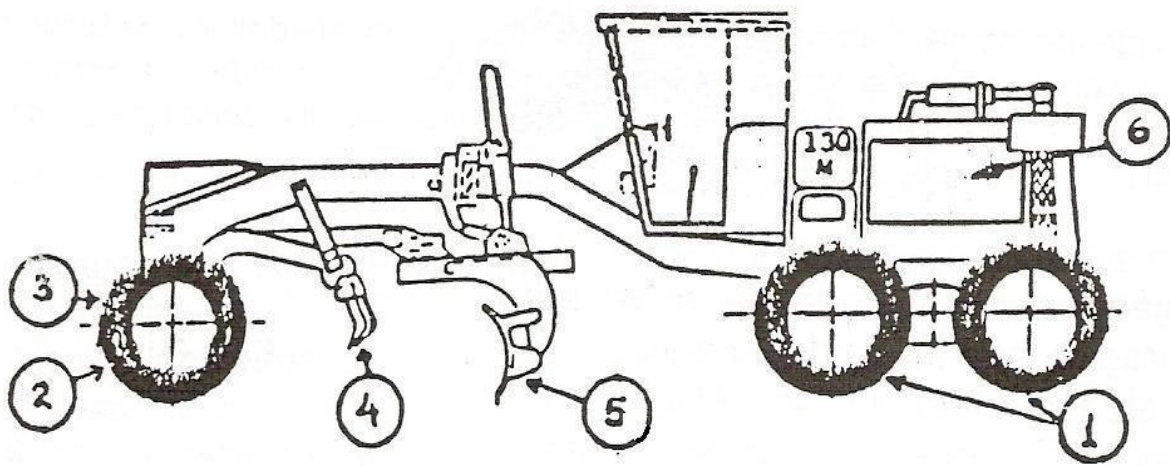
2.7.6. MOTO NIVELADORA

A moto niveladora é muito utilizada nas obras de construção civil, tendo se consolidado cada vez mais no mercado como item essencial para a realização de terraplenagem. Ela tem a função de ajustar o greide do solo, para que, desta maneira, o mesmo fique mais apropriado para receber a nova instalação à qual o empreendimento está sendo trabalhado.

Ela é construída a partir de um chassi articulado, com seis rodas, lâmina no vão central e *ripper* traseiro, também conhecido como escarificador. Quatro das rodas da moto niveladora são localizadas na parte traseira, com a função de distribuir a carga do motor e componentes mecânicos ao solo, proporcionando maior tracção do equipamento. Todo este torque e força dissipada pelas rodas para o deslocamento da máquina é utilizado na lâmina ou escarificador para trabalhar o material desejado.



a)



b)

Figuras 7: a) É uma moto niveladora com pá dianteiro; b) É uma moto niveladora com Escarificador.

2.7.6.1. PRINCIPAIS PARTES DE UMA MOTO NIVELADORA:

- 1) **Rodas motrizes:** geralmente em número de quatro e em “tandem”, proporcionam elevada tração e permitem ultrapassar desníveis;
- 2) **Eixo dianteiro arcado e oscilante:** permite excelente adaptabilidade das rodas dianteiras com as irregularidades da superfície do terreno devido à possibilidade de girar (oscilar) e ultrapassar sem tocar na leiva do material lançado sobre o solo;
- 3) **Rodas dianteiras inclináveis:** facilitam, com a inclinação, as manobras e contrapõe as forças inclinadas ao eixo longitudinal, quando a lâmina é utilizada em posição diferente da posição recta;
- 4) **Escarificador:** esse implemento permite uma desagregação do material do solo, muitas vezes necessária na recomposição de estradas de terra;
- 5) **Lâmina:** montada em um aro metálico giratório, pode assumir inúmeras posições de trabalho e tem um giro de 360°, no plano horizontal e um giro de até 90°, no plano vertical.

O aro metálico que sustenta a lâmina permite ainda que esta seja abaixada ou levantada no todo ou em um de seus cantos. Em algumas motos niveladoras modernas, a lâmina pode ainda ser alongada à direita ou à esquerda.

As funções da moto niveladora, por ser totalmente versátil, completa e eficiente, disponibilizam diversos benefícios através de suas funções.

- Nivelar terrenos;
- Realizar pavimentação;
- Fazer terraplanagem;
- Acabamento de superfícies, nivelamento;
- Ajustar terrenos irregulares em plantações;
- Mistura e espalhamento de materiais;
- Abertura de valetas pouco profundas;
- Remover excesso de neve em locais frios;
- Como equipamento escavador deslocador (se dotada de lâmina frontal).

Um dos mais importantes serviços executados pelas motos niveladoras vem a ser o nivelamento de estradas de terra ou com um revestimento primário. Com cinco “passadas” no leito da via, é regularizada a pista.

Duas “passadas”, uma de cada lado, regularizam as valetas e o acostamento deixando duas leivas de material na pista. Seguem mais duas “passadas” que executam meia pista de cada lado e na quinta “passada”, é regularizado o centro da pista. A Fig. 8 ilustra melhor os procedimentos descritos.

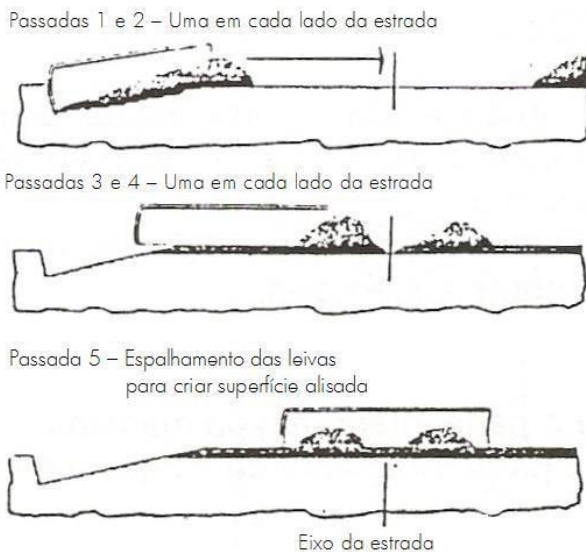


Figura 8: Regularização de estradas de terra.

Observações:

- a) Além dos implementos normais adicionados com os já mencionados, existe outro que consiste em um conjunto de conchas que recolhem o material escavado, o elevam e o despejam de certa altura, sobre uma unidade de transporte. Neste caso a moto niveladora é chamada de niveladora elevador ou “elevating grader”.
- b) A capacidade de escavação e a força de tracção são muito dependentes do ângulo de ataque da lâmina em relação ao plano do terreno. O material escavado deve “rolar” em frente da lâmina, quando ela estiver devidamente regulada, para atender as pressões exercidas pelo material de escavação.

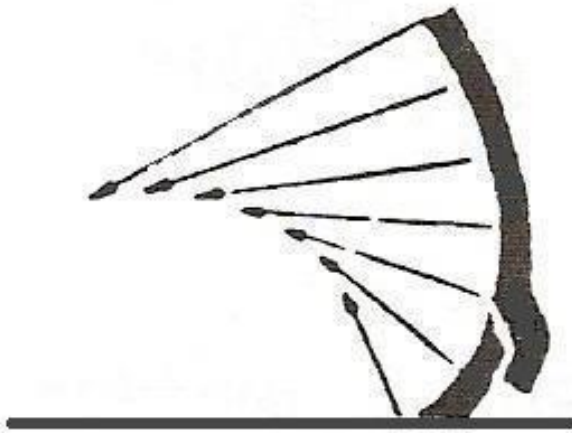


Figura 9: Ilustra o movimento do material na frente da lâmina.

Capítulo III - CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

3.1. O QUE É BOBCAT

É equipamento conhecido como BobCat muito utilizado em várias funções nas actividades de terraplenagem, ou dentro de indústrias na função de movimentar materiais manufacturados ou matéria-prima.

Com uma caçamba na dianteira de várias toneladas este equipamento passou a ser muito utilizado devido a sua praticidade de deslocamento dando ao sistema logístico maior agilidade e também com outros acessórios.

3.2. ESTUDO DO CASO

O trabalho foi desenvolvido tendo em conta o problema que a empresa tem enfrentado ultimamente, que tem muito a ver com a perda da potência que a mini pá apresentava.

É também importante realçar que uma mini pá engloba se numa vasta gama de meios de movimentação de cargas utilizados dentro do ambiente industrial, áreas de mineração, armazéns, depósitos, indústria maneira e na construção de estradas no geral.

Neste capítulo é abordado todos os problemas que contribuíram para realizar um estudo das falhas apresentadas pela mini pá carregadeira da MPDC de marca BobCat modelo T870 ano de fabrico 2010.



a)



b)



c)

Figura 10: a), b) e C) imagens da mini pá carregadeira.

Esta máquina é classificada como uma Carregadeira de Direcção Deslizante conforme definido na ISO 6165. Esta máquina possui rodas ou esteiras e normalmente uma caçamba (balde) de montagem dianteira para as principais funções pretendidas de escavação, movimentação, nivelamento, elevação, transporte e carregamento de materiais soltos como terra, cascalho ou brita e por ser versátil e compacta é muito requisitada na construção civil. É chamada mini pá carregadeira pelo facto de ela poder transportar materiais e agregados, conseguindo entrar em espaços confinados.

Alguns dos implementos adicionais da Bobcat tais como: Vassouras, brocas, perfura trizes, martelos, picão, betoneiras e mais outros aprovados permitem que esta máquina execute muitas tarefas.

3.3. PRICINPIO DE FUNCIONAMENTO DA MINI PÁ CARREGADEIRA

Uma mini pá carregadeira assim como outras máquinas industriais de manuseamento de cargas possuem um motor e um sistema hidráulico. Dentro do sistema hidráulico a peça fundamental para o funcionamento do sistema é a bomba hidráulica que dá a pressão necessária para que o fluido accione os cilindros realizando os movimentos.

Esses modelos de máquinas são projectados para trabalhar em condições severas e para isto precisam de força. A força necessária para desenvolver suas funções é originada a partir da potência do motor, utilizando uma parcela dessa potência no sistema hidráulico que acciona os implementos e o restante são utilizados para a movimentação e tracção.

Para que a potência chegue até os rastos são utilizadas as transmissões, no caso da mini pá carregadeira em análise é usada a transmissão do tipo hidrostática onde o fluido hidráulico é bombeado para poder accionar todos estes implementos, consequentemente, realizando o trabalho exigido. Para accionar a bomba acopla-se um eixo ao motor da máquina, fazendo com que a bomba hidráulica e os sistemas auxiliares funcionem. Este processo de movimentação do óleo hidráulico, para realizar trabalhos em obras, é regulado por válvulas que, além de disponibilizar o fluxo para toda linha, regulam a pressão interna deste sistema.

Capítulo IV - METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

4.1. METODOLOGIA USADA

Para a realização deste trabalho foram usadas duas vertentes do ramo científico que são a documental e a experimental.

Sendo a documental é a exploratória baseando-se numa pesquisa árdua de livros, artigos científicos e materiais diversos para facultar melhor a compressão sobre a manutenção das máquinas de construção civil e no caso particular das pás carregadeiras.

A segunda parte tem muito a ver com a confrontação dos aspectos teóricos e práticos para a execução do trabalho.

4.2. SEQUÊNCIA DO TRABALHO

- a) A primeira etapa foi realizada seguindo o plano de manutenção já previamente feita pelo fabricante da mini pá carregadeira Bobat modelo T870, que já definia o tipo de intervenção a fazer e as peças por substituir tais como: filtros de óleo, combustível, e a limpeza do sistema hidráulico uma vez que é sensível a poeiras. E detectamos que a bomba manual de combustível falhava e logo trocamos a;

Pois feita a revisão colocamos a máquina a funcionar, e ela continuou a apresentar falhas.

- b) Na segunda etapa fizemos os testes de pressão, e estes por sua vez estava em ótimas condições de funcionamento.
- c) Na nossa terceira etapa detectamos que o motor fazia um ruído e quando abrimos o motor, verificamos que o terceiro cilindro apresentava os seguintes problemas: os martelos estavam soltos, uma vareta quebrada, camisa danificada, desgaste no eixo do virabrequim, anéis dos seguimentos colados, pistão danificado e o tanque do combustível contaminado.

4.3. POSSÍVEIS CAUSAS DO PROBLEMA

E de salientar que a quando da abertura do motor da mini pá carregadeira, fomos fazer o teste dos injectores verificamos que, um deles estava colado isso tirando os problemas já relatados no ponto 4.2.

A nossa equipe técnica reuniu-se para poder discutir sobre as possíveis causas que deram origem ao problema tendo considerado as seguintes:

- A primeira causa considerada foi devido a contaminação do tanque de combustível que possivelmente durante uma jornada de trabalho, o injector falhou e desta forma desestabilizando o funcionamento normal do motor e gerando uma cadeia de falhas. Acreditamos que durante a desestabilização, em algum momento o motor fez uma super rotação que de tal modo que, gerou a flutuação da válvula e desequilibrando os martelos que passaram a exercer a sua função fora do tempo o que permitiu a quebra de uma das varetas e conseqüentemente a soltura dos dois martelos. A partir desse instante o sistema de lubrificação falhou uma vez que já não era injectado o combustível no terceiro pistão e considerando que de uma certa forma o combustível servia também como lubrificante. Desta feita causando o desgaste dos seguintes componentes: cilindro, pistão, anéis do pistão e das varetas devido fricção causado pelo contacto directo entre os mesmos.
- A segunda causa do problema deveu se ao uso de spray para darem a partida do motor, e assim pode ter desestabilizado o motor e originando a super rotação do mesmo, causando a flutuação da válvula e desequilibrando os martelos que passaram a exercer a sua função fora do tempo o que permitiu a quebra de uma das varetas e a soltura dos martelos.
- A terceira causa deveu se a desactualização do sistema electrónico da máquina que contribuía para a baixa eficiência da mesma.

4.4. RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

Uma vez já conhecido o problema seguiu-se a sua resolução que foi feita da seguinte maneira:

- Primeiro foi de mandar a cambota (virabrequim), para a rectificadora de moda a corrigir o problema do desgaste no eixo da cambota;
- Segundo foi fazer a substituição das camisas velhas do bloco do motor por outras novas com as dimensões standartes. Esta situação nos possibilitou o uso de novos pistões e os anéis com as dimensões standartes especificadas pelo fabricante da máquina.
- Terceiro seguiu-se com a substituição das varetas todas por outras novas.

Estas todas intervenções foram estritamente realizadas com o intuito de repor o motor a funcionar com as condições do funcionamento iguais ou próximas das do fabricante.

E por fim depois de termos fechado o motor fizemos algumas reparações no sistema eléctrico e seguidamente actualizamos todo o sistema da máquina para permitir que melhore o desempenho.

Capítulo V - APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Quando um equipamento está impossibilitado de desempenhar suas funções pode-se dizer que este activo está com uma falha funcional, essas falhas podem ser primárias ou secundárias. Primária é a função básica que o activo ou componente exerce, função essa pela qual foi projectado ou adquirido, as demais funções que o activo realiza são denominadas como secundárias.

A manutenção das máquinas e equipamentos é bastante importante para garantir a disponibilidade e a longevidade dos mesmos evitando deste modo as falhas.

As figuras que serão apresentados a seguir ilustram claramente as falhas que a BOBCAT tinha.



Figura 11: camisa desgastado devido a fricção.

A figura ilustra uma camisa que sofreu o desgaste por fricção entre o pistão e o cilindro devido a deficiência sistema de lubrificação.



Figura 12: pistão e os anéis que sofreu com desgaste devido a falha do sistema de lubrificação.

O pistão e sofreu o desgaste por causa da fricção entre o pistão e o cilindro do motor. E os anéis ficaram colados devido a temperatura elevada do motor e a falha de sistema de lubrificação.



Figura 13: Varetas partidas e desgastadas por fricção.

As varetas sofreram desgaste e uma delas, esta partida por causa da desestabilização do motor, que fez com que os martelos actuassem fora do tempo padronizado.



a)



b)



c)

Figura 14: desgaste do eixo da cambota (virabrequim).

5.2. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A mini pá carregadeira da MPDC apresentava falhas relacionadas com a perda de força para o levantamento da pá e movimentação dos rastos.




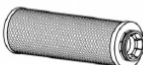






A manutenção no geral não é a garantia absoluta de que o activo não venha a falhar, mas sim a certeza de que com ela as máquinas e os equipamentos estarão disponíveis para a execução das tarefas pelas quais foi projectada por mais tempo e mantendo a qualidade inicial.

A realização deste trabalho permitiu-me conciliar melhor os conhecimentos teóricos que tenho assimilado durante a minha formação académica e perceber como é que as coisas funcionam numa empresa de grande envergadura no que diz respeito a organização estrutural e tomada de decisão.

5.3. PLANO DE MANUTENÇÃO

As mini pás carregadeiras têm um plano completo de manutenção preventivas que é baseado nas horas trabalhadas do activo e com trocas de componentes e inspecções indicadas no manual do equipamento, esse plano é muito completo para garantir uma vida útil prolongada do activo. O plano de manutenção prescrito para essa máquina tem um intervalo de duzentos e cinquenta a quinhentas (250 a 500), horas de uma intervenção para a outra e é previamente fornecido pela empresa que fabrica as máquinas e ela já especifica onde intervir e as peças necessárias por serem trocadas em cada tipo de manutenção, uma vez que já foi prevista o tempo de uso das mesmas.

Tabela 3: Itens de manutenção periódica

	FILTRO DE ÓLEO DO MOTOR (Pct c/6) 6678233		BATERIA 7269857
	FILTRO DE COMBUSTÍVEL 6667352		FILTRO HIDRÁULICO 7012314 (Modelos antigos) 7248874 (Modelos recentes)
	FILTRO DE AR, externo 7286652		FILTRO HIDRÁULICO DE CARGA 6692337 (Modelos antigos) 7319444 (Modelos recentes)
	FILTRO DE AR, interno 7010031		TAMPA DE ABASTECIMENTO / RESPIRO 6727475
	ANTICONGELANTE, propileno glicol 6983128 – Pré-misturado - Gal. EUA (6) 6983129 – Concentrado - Gal. EUA (6)		FLUIDO, hidráulico/hidrostático 6903117 – 2,5 gal (2) 6903118 - 5 gal (1) 6903119 - 55 gal (1)
ÓLEO P/ MOTOR		ÓLEO P/ MOTOR	
7023080	SAE 15W40 - qt (12)	7023081	SAE 15W40 - gal (6)
7023076	SAE 10W30 - qt (12)	7023077	SAE 10W30 - gal (6)
6903109	SAE 30W - qt (12)	6903110	SAE 30W - gal (6)
7023082	SAE 15W40 - 2.5 gal (2)		
7023078	SAE 10W30 - 2.5 gal (2)		
6903111	SAE 30W - 2.5 gal (2)		

Capítulo VI – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. CONCLUSÕES

Com a realização do presente projecto, concluiu-se o seguinte:

- As empresas que usam as máquinas têm percebido que a manutenção nos últimos anos tem grande serventia bastante importante para a garantir a qualidade, confiabilidade e prolongado o tempo de uso do activo;
- Com o presente trabalho foi possível verificar que as mini pás carregadeiras perdem a potência devido a desactualização do software que usam, já que ele é responsável por permitir que o comando dado execute a tarefa certa no tempo certo na frequência correcta;
- A falha que a BOBCAT da MPDC apresentava deveu-se a uma colectânea de problemas tais como a desactualização do software da máquina, a contaminação do tanque de combustível e o problema no motor a Diesel;
- Com o presente trabalho, foi possível perceber que quando se trata de uma manutenção de um motor, principalmente quando diz respeito a danificação de um pistão ou uma camisa na hora de substituição desses componentes deve se substituir todo o jogo. Uma vês que trata-se de componentes de precisão que no seu funcionamento devem apresentar uma eficiência aproximadamente ou igual a estabelecida pelo fabricante;
- O presente trabalho contribuiu muito para a conciliação a teoria e a prática para a resolução do problema. Assim como também foi possível verificar que um motor pode ser aberto e reparado mas mesmo assim voltar a funcionar como se fosse novo, como é o caso desse motor da BOBCAT T870.

6.2. RECOMENDAÇÕES

Algumas das recomendações a ter em conta no manuseamento desta máquina são as seguintes:

- Uma vês que a máquina trabalha num ambiente fechado e que a carga que ela movimenta faz muita poeira, recomenda-se que seja soprada a cada fim de uma jornada de trabalho;
- A outra recomendação a ser observada seira da lavagem da máquina pelo menos uma vez por semana. Isso tudo para prevenir os problemas no sistema hidráulico, porque é bastante sensível a poeiras.
- O uso do spray para ajudar a dar a partida do motor não e recomendado porque ele concorre muito para desestabilização dos motores e possivelmente estragar os como é o caso deste problema de estudo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- **BOBCAT, Manual de Operação e Manutenção, Carregadeira de Direcção Deslizante.**
- **Boeira, Felipe de Souza (2022): Estudo E Análise De Falhas Em Pás Carregadeiras Baseado Na Manutenção Centrada Em Confiabilidade. Dissertação de licenciatura.**
- **Chaves, Fabio Ramalho Leite (2018): Aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade para a Elaboração de uma Estratégia de Manutenção do Sistema Hidráulico da Retro escavadeira CAT 416D. Dissertação de licenciatura.**
- **Da silva, Luciano saldanha (2018): manutenção centrada em confiabilidade (mcc): aplicação em um plano de manutenção preventiva no subsistema de ar condicionado de uma pá carregadeira.**
- **Menegatti, Carlos Leonardo Vazzoler (2017): Aplicação De Ferramenta De Confiabilidade Na Análise De Falhas Do Sistema De Frenagem Do Movimento De Elevação De Carga Dos Carregadores De Navios De Um Porto De Produtos Siderúrgicos.**
- **Prof. Dr. Cardoso, Francisco Ferreira (2002): Serviços de Escavação-Equipamento e aspectos executivos.**
- **Prof. Costa, Luís Do Rosário (2012): Máquinas De Elevação E Transportes.**
- **Prof. Loureiro, Waldemir: Máquinas e Equipamentos de Mineração. 9º Engenharia de Minas.**
- **https://pt.slideshare.net/JCHEEngenhariaLevant/equipamentos-industriais?from_search=17 , Maquinas De Construção Civil.**