



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP**  
**ESCOLA DE MINAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**



**MAYARA RIBEIRO CASTRO**

**ESTUDO DE SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS UTILIZANDO  
A TÉCNICA DO LCC E A METODOLOGIA CAUE PARA  
DEFINIR A VIDA ÚTIL ECONÔMICA: O CASO DE UMA  
EMPRESA DO SETOR DE MINERAÇÃO**

**OURO PRETO - MG  
2019**

**MAYARA RIBEIRO CASTRO**  
**mayara.ribeirocastro@gmail.com**

**ESTUDO DE SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS UTILIZANDO  
A TÉCNICA DO LCC E A METODOLOGIA CAUE PARA  
DEFINIR A VIDA ÚTIL ECONÔMICA: O CASO DE UMA  
EMPRESA DO SETOR DE MINERAÇÃO**

Monografia apresentada ao  
Curso de Graduação em  
Engenharia Mecânica da  
Universidade Federal de Ouro  
Preto como requisito para a  
obtenção do título de  
Engenheiro Mecânico.

**Professor orientador:** DSc. Washington Luís Vieira da Silva

**OURO PRETO – MG**  
**2019**

C355e Castro, Mayara Ribeiro.

Estudo de substituição de equipamentos utilizando a técnica do lcc e a metodologia caue para definir a vida útil econômica: o caso de uma empresa do setor de mineração [manuscrito]: manutenção, custo de vida, custo anual equivalente único / Mayara Ribeiro Castro. - 2019.

52f.: il.: color; grafs; tabs; mapas.

Orientador: Prof. Dr. Washington Luís Vieira Silva.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Manutenção. 2. Ciclo de vida. 3. Custo Anual Único Equivalente. 4. Life Cycle Component. I. Silva, Washington Luís Vieira . II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 621



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**ATA DA DEFESA**

Aos 05 dias do mês de Julho de 2019, às 13h 30min, na sala 18, localizada na Escola de Minas – Campus - UFOP, foi realizada a defesa de Monografia da aluna Mayara Ribeiro Castro, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores: Prof. DSc. Washington Luís Vieira da Silva, Prof<sup>a</sup> DSc. Luís Antônio Bortolaia e Prof. MSc Sávio Sade Tayer. A candidata apresentou o trabalho intitulado: **“Estudo de Substituição de Equipamentos utilizando o LCC e CAUE para definir a vida útil econômica: o caso de uma empresa do setor de mineração”**, sob orientação do Prof. DSc Washington Luís Vieira da Silva. Após as observações dos avaliadores, em comum acordo os presentes consideram o(a) aluno(a) APROVADA.

Ouro Preto, 05 de Julho de 2019.

Prof. DSc. Washington Luís Vieira da Silva  
**Professor Orientador**

Prof. MSc Sávio Sade Tayer  
**Professor Avaliador**

Prof.<sup>a</sup> DSc. Luís Antônio Bortolaia  
**Professor Avaliador**

Mayara Ribeiro Castro

**Aluna**

A Deus dedico mais esta etapa vencida,  
e aos meus pais, pelo apoio.

Gratidão a todos os encontros e pessoas  
que me fazem o que sou hoje.

## **AGRADECIMENTO**

Ao meu orientador Washington, pelo incentivo e orientação neste trabalho.

Aos professores do curso de engenharia mecânica por suas importantes contribuições para o aprimoramento do trabalho.

Aos meus pais e irmã por serem meu refúgio e maiores incentivadores.

Aos amigos por todo o apoio, carinho, conversas e incentivo.

E à Deus, porque d'Ele e por Ele, para Ele são todas as coisas.

*“Isso de querer ser exatamente aquilo que a gente é  
ainda vai nos levar além”.*

Paulo Leminski

## RESUMO

A substituição de ativos nas empresas é uma problemática pois envolve incógnitas como saber o tempo ideal da troca e o valor monetário do ativo no momento da substituição. Em mineradoras que possuem um número extenso de máquinas e frotas, essa prática é desafiadora devido às altas demandas da produção. O objetivo deste trabalho é estudar como a técnica de LCC, que se baseia em fazer o compilado e levantamento de todos os custos do ativo, desde custo de compra, manutenção, operação e também custos para conservar tal ativo e a metodologia CAUE, um indicador para comparar projetos financeiramente em diferentes horizontes de tempo, podem contribuir na análise de substituição de uma frota de motoniveladoras em uma mineradora e se caracteriza como um estudo de caso. Para o estudo de caso foi coletado dados característicos da frota de custos de aquisição, manutenção e operação e foram tratados em uma escala intervalar e os testes estatísticos adequados foram utilizados como a média, desvio padrão e entre outros. O resultado mostra os custos envolvidos com a frota e que ela ainda não atingiu a maturidade devido a falta de estabilização dos custos que pode ser percebido pela curva gerada que apresenta um perfil linear crescente e se espera que essa técnica seja aplicada em ativos em operação com uma idade de pelo menos 15 anos.

**Palavras-chave:** manutenção, custo de vida, Custo anual equivalente único.

## ABSTRACT

*The replacement of assets in companies is problematic because it involves unknowns such as knowing the ideal time of the exchange and the monetary value of the assets at the time of substitution. In mining companies that have an extensive number of machines and fleets, this practice is challenging due to the high demands of production. The objective of this work is to study how the LCC technique, which is based on compiling and collecting all the costs of the assets, from cost of purchase, maintenance, operation and also costs to conserve such asset and the CAUE methodology, an indicator to compare projects financially in different time horizon, can contribute to the analysis of the replacement of a fleet of motor graders in a mining company and is characterized as a case study. For the case study, characteristic data were collected from the fleet of acquisition, maintenance and operation costs and were treated on an interval scale and adequate statistical tests were used as mean, standard deviation and others. The results show the costs involved with the fleet and that it has not yet reached maturity due to the lack of cost stabilization that can be perceived by the generated curve that presents an increasing linear profile and it is expected that this technique will be applied in assets in operation with an age of at least 15 years.*

**Key-words:** maintenance, cost of living, one-time equivalent cost.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – A evolução da Manutenção .....	6
Figura 2 – Representação Gráfica do CAUE.....	10
Figura 3 – Fluxo de caixa de um certo equipamento.....	11
Figura 4 – Localização das principais reservas minerais brasileiras .....	17
Figura 5 – Motoniveladora 24M.....	19
Figura 6 – Perfil de maturidade da frota Motoniveladora 24M Backlog. ....	27
Figura 7 - Perfil de maturidade da frota Motoniveladora 24M Corretiva .....	28
Figura 8 – Resumo do Custos da Frota de Motoniveladora 24M.....	35
Figura 9 - Resumo do Custos da Frota de Caminhões 793F .....	36

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Variáveis e Indicadores do Estudo. ....	15
Tabela 2 – Capacidade de reforma dos componentes.....	19
Tabela 3 -Reabastecimento e lubrificação componentes Motoniveladora 24M Caterpillar. ...	19
Tabela 4 - Base de dados realizado ano de 2015.....	20
Tabela 5 – Tabela dinâmica dados de 2015.....	21
Tabela 6 – Resultados da Tabela dinâmica do ano de 2015.....	22
Tabela 7 – Gastos Corretiva 2015 a 2018 Consolidados.....	24
Tabela 8 – Base horímetro frota Motoniveladora 24M. ....	25
Tabela 9 – Base horímetro 2015.....	25
Tabela 10 – Relação Gastos x Horímetro.....	26
Tabela 11 – Média de Gastos a cada 500 horas do Backlog .....	27
Tabela 12 – Informações sobre a operação para 1 Motoniveladora 24M. ....	29
Tabela 13 – Custos de mão de obra por máquina.....	29
Tabela 14 – Custos com o Plano Manter das Motoniveladoras 24M.....	30
Tabela 15 – Gastos Consolidados da frota de motoniveladoras 24M. ....	30
Tabela 16 – Resumo dos Custos Totais da Frota de Motoniveladoras 24M. ....	31
Tabela 17 – Informações Características para o Cálculo do CAUE.....	32
Tabela 18 - CAUE da frota de Motoniveladoras 24M .....	34

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	Formulação do Problema.....	1
1.2	Justificativa.....	2
1.3	Objetivos.....	3
1.3.1	Geral .....	3
1.3.2	Específicos.....	3
1.4	Estrutura do Trabalho .....	3
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>5</b>
2.1	Manutenção .....	5
2.2	Métodos da Manutenção.....	6
2.3	Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC).....	8
2.4	A Técnica do LCC .....	8
2.5	Análise de viabilidade econômica e a metodologia do CAUE.....	9
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>13</b>
3.1	Tipo de pesquisa .....	13
3.2	Materiais e Métodos .....	13
3.3	Variáveis e Indicadores .....	14
3.4	Instrumento de coleta de dados .....	15
3.5	Tabulação dos dados.....	15
3.6	Considerações Finais do capítulo .....	16
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>17</b>
4.1	Características da empresa.....	17
4.2	Características do equipamento .....	18
4.3	Levantamento dos dados .....	20
4.3.1	Manipulação dos dados .....	26
4.3.2	Cálculo do Custo Anual Uniforme Equivalente - CAUE.....	32
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>37</b>
5.1	Conclusão .....	37
5.2	Sugestão para próximos trabalhos .....	37
	<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>38</b>



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Formulação do Problema

Desde a década de 90, no Brasil, observa-se dentro das grandes empresas uma preocupação maior com o setor de manutenção em conciliar a melhor estratégia a ser usada para atender com eficiência o plano de produção.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) pela norma NBR 5462-1994 *apud* Xenos (1998, p.18) define a manutenção como “a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

Segundo Xenos (1998), a manutenção tem dois viés: atividades de manutenção e atividades de melhoria. As atividades de manutenção consistem em corrigir ou prevenir defeitos ou falhas com atividades e planos de lubrificação, reparo, substituição de peças e componentes, entre outros. As atividades de melhoria têm como objetivo o aumento da produtividade com a redução de custos na manutenção e o faz por meio de ferramentas como estimativa da confiabilidade de peças e componentes, estudo do custo de vida dos equipamentos e outros métodos estratégicos.

Com tudo isso, é possível ter uma redução de custos significativa e otimizar os recursos das equipes e oficinas de manutenção e assim manter a empresa ou negócio em um patamar competitivo e lucrativo no mercado de trabalho e ações financeiras (Lustosa *et al*, 2008).

De acordo com a ISO 55000 (2014), ativo físico é algo que tem valor real ou potencial para uma organização. Dentro das atividades de melhoria encontra-se a estratégia de substituir um ativo, que é uma prática comum nas empresas. Essa baixa que pode ser sem reposição ou com reposição idêntica ou diferente, segundo Casarotto Filho & Kopittke (2000), e ocorre por diversos motivos: obsolescência física ou funcional, inadequação ou possibilidade de alugar ou de outros meios mais baratos do que continuar com tal equipamento.

A mineração é um dos segmentos mais importantes do Brasil e a baixa de equipamentos é uma prática muito comum nesse setor para garantir a competitividade internacional e lucros. Como indica o IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração (2018), a mineração ocupa 0,5% de todo território nacional, representa 16,8% do PIB Industrial, gerando 180 mil de empregos diretos e mais de 2 milhões de empregos indiretos, com uma

produção de mais de 2 bilhões de toneladas por ano com um faturamento de US\$ 32 bilhões, em 2017.

Para isso, utiliza-se algumas ferramentas como o LCC - *Life Cycle Component* que ficou conhecida como Terotecnologia. O LCC tem o objetivo de aumentar a disponibilidade com o foco na redução do custo global e deve levar em consideração os custos de aquisição, operação, manutenção e descarte (PEREIRA, 2009; TAVARES, 2005). Outra ferramenta é o CAUE - Custo Anual Uniforme Equivalente, que é um indicador para comparar projetos em diferentes unidades de tempo, considerando o fluxo de caixa. Para a substituição de frota, o CAUE proporciona curva de custos ano a ano e o valor mais baixo indicará o momento de substituição do ativo.

Este trabalho fornece um estudo com a técnica do LCC e a metodologia do CAUE com o propósito de substituição de uma frota de infra de uma mineradora. Entretanto, o maior desafio se encontra no questionamento de qual o melhor momento para essa substituição, pois interessa saber o melhor momento econômico para tirar esses equipamentos da frota. Logo, de acordo com o contexto, tem-se a seguinte problemática:

**Como a técnica de LCC e a metodologia CAUE pode contribuir na análise de substituição de uma frota de motoniveladoras em uma empresa mineradora?**

## **1.2 Justificativa**

A ABRAMAN -Associação Brasileira de Manutenção (2002), realizou uma pesquisa que indica que o mercado de manutenção movimentou mais de US\$ 19 bilhões, que equivale a 4,27 do PIB. Isto é uma evidência que o setor de manutenção tem atraído mais recursos e destaque dentro das empresas.

Em função da competitividade global no setor de mineração, o setor de manutenção precisa estar alinhado com o setor de produção para garantir que os maquinários das mineradoras principalmente os equipamentos de frente de lavra estejam em seu perfeito estado de funcionamento sem gastar além do planejado.

Para tudo isso, é preciso utilizar ferramentas que garantam não somente o bom funcionamento dos equipamentos, mas também que assegure os lucros com as compras, funcionamento e baixas desses ativos.

Este trabalho, utilizará a técnica do LCC e a metodologia CAUE para garantir e prever o tempo de troca, considerando menores custos com operação, manutenção, peças, componentes e entre outros de 5 motoniveladoras modelo 24M do fabricante Caterpillar, que operam em média 18 horas diariamente, incorporadas em 2014, em diferentes condições climáticas e de altitude.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Geral**

Estudar como a técnica de LCC e a metodologia CAUE pode contribuir na análise de substituição de uma frota de motoniveladoras em uma empresa mineradora.

#### **1.3.2 Específicos**

- Realizar um estudo teórico sobre: manutenção, métodos da manutenção, manutenção centrada em confiabilidade, técnica do LCC, análise de viabilidade econômica e metodologia do CAUE;
- Elaborar um procedimento metodológico para estudar a frota de motoniveladoras;
- Elaborar um estudo de custo de ciclo de vida do equipamento estudado;
- Levantar o backlog das motoniveladoras com baixo horímetro;
- Estimar a confiabilidade de componentes e peças sem histórico;
- Comparar com a base teórica da análise de investimentos e do CAUE para estimar o momento econômico ótimo da substituição da frota.

### **1.4 Estrutura do Trabalho**

Este trabalho está dividido em cinco capítulos, com os conteúdos apresentados a seguir.

O primeiro capítulo desta monografia apresenta a introdução com breves conceitos dos temas afins, a formulação do problema proposto, a justificativa e objetivos gerais e específicos.

No segundo capítulo, o referencial bibliográfico, é abordado os conceitos do estudo do ciclo de vida e CAUE com base em autores, artigos e trabalhos nacionais e internacionais.

A metodologia, o terceiro capítulo, contém os cálculos, fórmulas e o levantamento dos dados de outras áreas e fabricante utilizados.

O quarto capítulo é reservado para os resultados, explicitando o tempo ideal de troca com o horímetro e o tempo também em anos e gráficos de custos gerados.

A conclusão e considerações finais estão contidas no quinto capítulo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Manutenção

O dicionário Aurélio *apud* Xenos (1998), define a manutenção como medidas necessárias para a conservação ou permanência de alguma coisa ou de uma situação ou ainda como os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de motores e máquinas.

A manutenção é uma prática antiga dentro das empresas, mas ela está sempre em atualização devido a novas tecnologias e estudos. É essencial manter esse caráter inovador e tecnológico na manutenção, pois é uma atividade estratégica, sem a qual a produção de qualquer indústria está em risco de déficit. (XENOS, 1998).

De acordo com Xenos (1998), as atividades de manutenção não devem se limitar a somente retornar um equipamento em sua condição de operação e uso, mas principalmente executar melhorias nesses equipamentos para evitar quebras e falhas, diminuir o custo e elevar a produtividade.

Por tudo isso, a manutenção se ramifica em diversas áreas como a corretiva, preventiva, preditiva e produtiva. A corretiva se baseia em intervir no ativo, após a sua quebra ou falha, a fim de retorná-lo à operação. A manutenção preventiva consiste em séries de atividades como inspeções, lubrificações, reformas periodicamente, para evitar a falha ou diminuir a frequência destas. A manutenção preditiva é mais uma maneira de inspecionar os equipamentos segundo Xenos (1998), pois ela utiliza de técnicas como monitoramento da vibração, termografia e ultrassom para definir o melhor tempo de troca de peças e componentes, antes de atingirem a vida útil. Por fim, a manutenção produtiva é a combinação destas melhores técnicas visando um melhor retorno financeiro e atender com eficiência o plano de produção das empresas.

As ferramentas utilizadas vão desde treinamentos das equipes envolvidas, como a elaboração de procedimentos padrões de execução, alinhamento com o setor de vendas e almoxarifado e principalmente o controle do orçamento anual.

A evolução da manutenção pode ser representada por três gerações, que são caracterizadas pela introdução de novos conceitos e a quebra de paradigmas nas atividades de manutenção. (SIQUEIRA, 2005; KARDEC, 2009; MOUBRAY, 2000). Estas gerações podem ser observadas na figura 1.

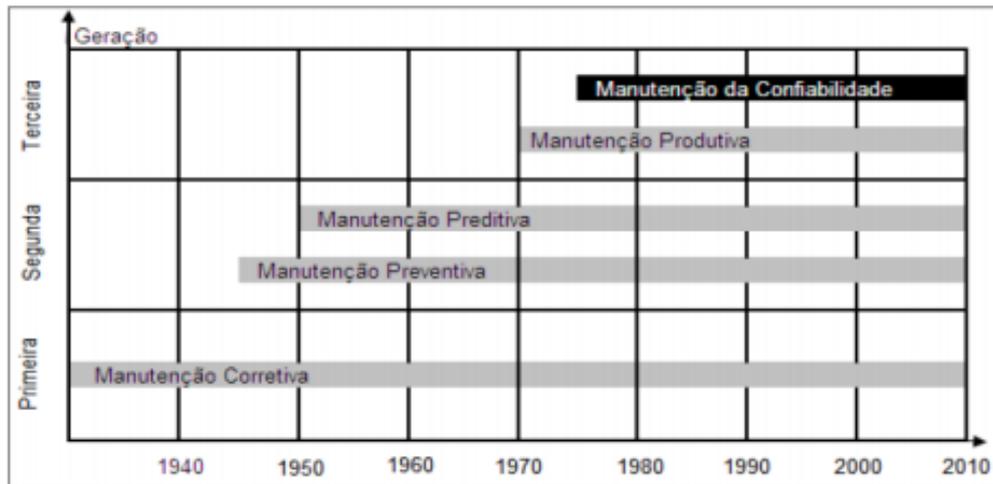


Figura 1 – A evolução da Manutenção

Fonte: Siqueira (2005)

Como ilustrado na figura 1, a manutenção corretiva é uma prática antiga e perdurou sozinha por mais de uma década nas indústrias e empresas, até a chegada da chamada Segunda Geração que inclui as manutenções preventivas e preditivas e com elas vieram as grandes montadoras e uma grande evolução industrial no setor automobilístico, aeronáutico e indústrias extrativistas como a mineração. A Terceira Geração trouxe o conceito de Manutenção Produtiva que engloba o uso das melhores técnicas e ferramentas com o melhor custo benefício para a empresa e a Manutenção da Confiabilidade que é uma manutenção centrada mais em estudos estatísticos e gerenciais visando o menor custo e maior produção.

## 2.2 Métodos da Manutenção

A manutenção corretiva é um método antigo que consiste em substituir e reparar peças e componentes que estão desgastados ou que são causas de falhas, paradas e panes de máquinas ou pode ser também definida como um conjunto de serviços executados no equipamento após a sua parada. Este método só é vantajoso quando é mais economicamente viável que a manutenção preventiva e o tempo de reparo não é significativo o bastante para interferir no desempenho do indicador MTTR (*Mean Time To Repair*) que é o indicador usado para medir o Tempo Médio Para Reparo de algum equipamento. (XENOS, 1998).

A principal característica da manutenção preventiva é seu caráter periódico, pois ela é feita de atividades como a lubrificação, inspeções, reformas das peças e componentes e todas

essas atividades são definidas em um plano de manutenção anual com a frequência de cada uma durante o ano. A primeira impressão dentro do setor de manutenção é que ela é mais cara que a manutenção corretiva pois envolve a troca de peças e componentes antes da sua falha e fim de vida útil, entretanto segundo Xenos (1998) a frequência de ocorrência de falhas diminui, ou seja, o equipamento funciona mais tempo e assim há menos interrupções inesperadas na produção.

Apesar da manutenção preventiva surgir depois da década de 40, há ainda muitas indústrias que não a tem de todo consolidada, pois há equipamentos que a frequência de falhas não diminui e as potências causas “pode estar tanto na falta de padrões e procedimentos de manutenção quanto no conhecimento e habilidades insuficientes dos técnicos de manutenção e operadores da produção” (XENOS, 1998, p.24).

Para Xenos (1998), a manutenção preditiva é um elemento da manutenção preventiva, pois a manutenção preditiva permite otimizar a troca das peças ou reforma dos componentes e estender o intervalo de manutenção, pois por meio de análise de óleo, monitoramento de vibração, termografias, estudos de confiabilidade e estatísticos pode-se prever quando a peça ou componente estarão próximos do seu limite de vida. Na preditiva é comum a idéia de melhoria contínua do equipamento com essas ferramentas e é utilizado o termo “Kaizen” de origem japonesa e que significa fazer melhorias. A ideia do Kaizen é melhorar o equipamento além de sua concepção original, ou seja, melhor do que o recebido de fábrica, por isso a busca exaustiva de detectar a falha e a criação de um sistema de bloqueio efetivo desta falha.

“A manutenção produtiva pode ser entendida como a melhor aplicação dos diversos métodos da manutenção, visando a otimizar os fatores econômicos da produção, garantindo a melhor utilização e maior produtividade dos equipamentos com o custo mais baixo” (XENOS, 1998, p.28). Enfim, o melhor conjunto de ações da manutenção é o que garante a confiabilidade e segurança do equipamento pelo menor custo, é preciso considerar o custo do ciclo de vida que envolve os custos de aquisição, que é o custo do ativo novo, e os custos de utilização, com a operação, manutenção, combustível e entre outros.

### 2.3 Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)

Confiabilidade é definida como a probabilidade que um equipamento irá desempenhar satisfatoriamente a sua função, durante um intervalo de tempo especificado e sob certas condições pré-determinadas (PATON, 1994; XENOS, 1998).

A manutenção centrada em confiabilidade, MCC, é utilizada com o intuito de assegurar a confiabilidade dos ativos e é um pilar para planejar as manutenções e promover melhorias. Para culminar em tal objetivo, a MCC identifica os modos de falha que afetam as funções, determina a importância de cada falha funcional a partir dos seus modos de falha e seleciona as tarefas aplicáveis e efetivas na prevenção das falhas funcionais (MOUBRAY, 2001; SMITH, 1993; PINTO e NASIF, 1999). Segundo Moubray (2000), a definição de uma função deve consistir de um verbo, um objeto e o padrão de desempenho desejado.

A análise das políticas de manutenção na indústria aérea americana de 1960 até 1970 conduziu ao desenvolvimento dos conceitos associados ao MCC (NASA, 2000). A partir dos anos 70, várias indústrias iniciam a utilização da MCC para determinar as melhores políticas para gerenciar as funções dos itens físicos e para gerenciar as consequências de suas falhas (NETHERTON, 2001).

Conforme Moubray (2000), os resultados esperados com a implementação da MCC são: (i) maior segurança humana e proteção ambiental; (ii) melhoria do desempenho operacional em termos de quantidade, qualidade do produto e serviço ao cliente; (iii) maior efetividade do custo da manutenção; (iv) aumento da vida útil dos itens físicos mais dispendiosos; (v) criação de um banco de dados completo sobre a manutenção; (vi) maior motivação do pessoal envolvido com a manutenção; e (vii) melhoria do trabalho em equipe.

### 2.4 A Técnica do LCC

O LCC (*Life Cycle Component*) é uma ferramenta que levanta todas as informações financeiras do ativo em seu ciclo de vida, como custos com a manutenção corretiva, preventiva, compras de peças e componentes, a troca de tais e entre outros. O LCC, também conhecido como Terotecnologia, é a base para a Manutenção Centrada no Negócio, que foca nas tomadas de decisões de manutenção pautadas em custos financeiros (TAVARES, 2005).

Além das várias vantagens do LCC, que pode funcionar como um banco de dados financeiros de um equipamento ou frota, a maior de todas é ser um método estratégico que evita gastos desnecessários com a manutenção preventiva, por exemplo, pois não é economicamente viável em equipamentos já desgastados e seria melhor o descarte de tal ativo (TAVARES, 2005).

Segundo Campbell (2001), o LCC consiste em considerar os custos comprometidos com o ciclo de vida de um ativo, dentre eles:

- Pesquisa e desenvolvimento;
- Fabricação e instalação;
- Operação e Manutenção;
- Sistema de aposentadoria e eliminação progressiva.

Com tudo isso, o objetivo do LCC é aumentar a disponibilidade com o foco na redução do custo global e leva em consideração os custos de aquisição, operação, manutenção e descarte (PEREIRA, 2009; TAVARES, 2005).

## **2.5 Análise de viabilidade econômica e a metodologia do CAUE**

Existem dois conceitos diferentes importantes para a análise de substituição de um ativo que são período de vida útil e vida útil econômica.

“Vida útil refere-se ao tempo máximo de utilização de um bem, estando relacionado com o esgotamento da capacidade produtiva do mesmo, não importando se ele está contribuindo positiva ou negativamente para formação do redito.” (ROSA & VEY, 2004, p.2). A vida útil econômica é associada com a eficiência do equipamento, segundo Rosa & Vey (2004), a substituição acontece quando o ativo prestou o melhor serviço e foi produtivo à empresa, não significando, contudo sua provável duração física.

Para determinar o momento ideal de substituição de ativos depreciáveis ou analisar alternativas de investimentos, existem vários métodos disponíveis para auxiliar a tomada de decisão. O método do custo anual equivalente (CAUE) é um indicador que faz um comparativo entre os custos em diferentes horizontes de tempo considerando o fluxo de saída de caixa.

Conforme, Casarotto Filho & Kopittke (2010, p. 170), afirmam que: “a determinação da vida econômica consiste em achar os custos ou resultados anuais uniformes equivalentes

(CAUE ou VAUE) do ativo para todas as vidas úteis possíveis. O ano para o qual o CAUE é mínimo ou o VAUE é máximo é o da vida econômica do ativo”, conforme é ilustrado na figura 2.

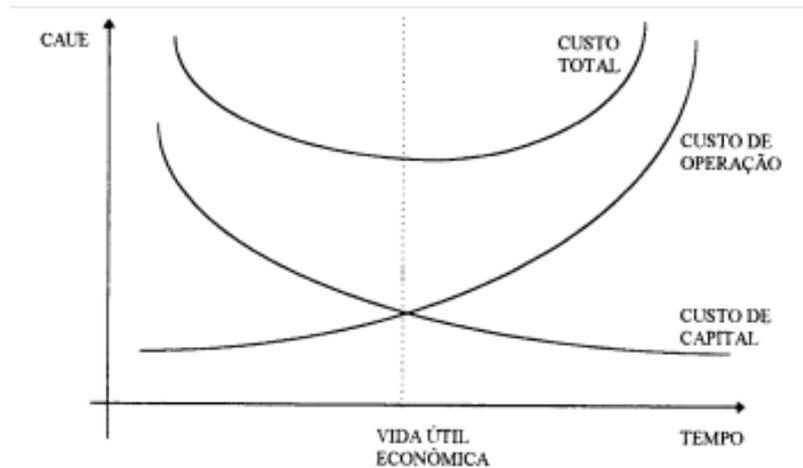


Figura 2 – Representação Gráfica do CAUE

Fonte: Casarotto Filho & Kopittke (2010).

Segundo De Rocchi (1987), através de tal método pode-se:

- a) Comparar duas ou mais oportunidades de investimento; pelo método do Custo Anual, a alternativa que apresentar o mais baixo custo anual, ajustado ao fator tempo, será a mais conveniente para a empresa;
- b) Determinar o momento ideal para a substituição de uma máquina ou equipamento; o processo de análise está baseado na premissa de que, quanto mais longa for a vida de um Ativo Depreciável, tanto mais baixo se tornará o Custo Médio Anual do Capital, pois o desembolso se distribuirá sobre um período mais longo de tempo; isso, entretanto, será contrabalançado por custos operacionais crescentes; e, assim sendo, a vida útil econômica se encerra no período (ano) em que o custo total, devidamente ajustado ao tempo, atingir um mínimo.

Entretanto, para o método do custo anual uniforme equivalente é necessário obter algumas informações sobre o bem que estará sob análise, tais como (VEY; ROSA, 2003):

- valor do investimento ou de aquisição;
- valor de revenda ou valor residual ao final de cada ano da vida útil do bem;
- os custos operacionais;

– o custo de capital ou a taxa mínima atrativa.

O custo de capital, segundo Cavender (1999), é o custo do investimento, ou seja, representa os investimentos na aquisição de equipamentos, das instalações industriais para a operação dos equipamentos, as construções civis necessárias entre outras. O custo de operação, é definido por Morgan (1994) como sendo aqueles que ocorrem durante a beneficiamento do produto, como por exemplo os custos de manutenção, insumos e impostos.

O Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) é obtido através da soma do custo anual equivalente de capital (CAEC) e do custo anual equivalente de operação e manutenção (CAEM).

$$CAUE = CAEC + CAEM \quad (01)$$

A figura 3 apresenta os fluxos financeiros referentes à aquisição e à alienação de certo bem de capital. O custo total de aquisição, incluindo transporte e instalação, é representado por P, enquanto a receita de venda ao final de n períodos é representado por L.

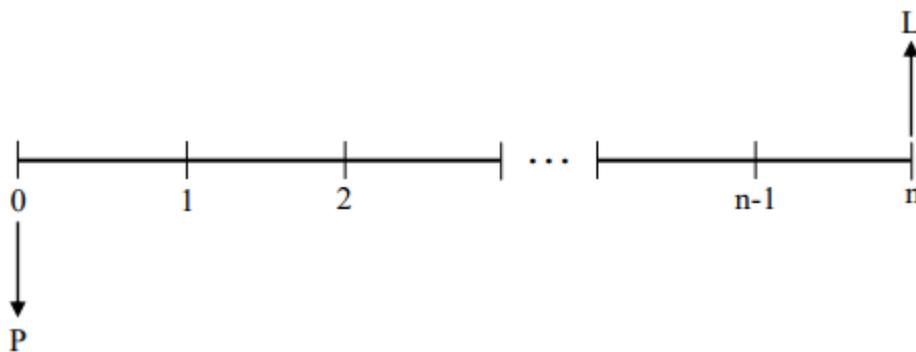


Figura 3 – Fluxo de caixa de um certo equipamento.

Fonte: Souza e Clemente (2008).

O custo anual equivalente de capital (CAEC) da decisão de manter o referido equipamento por n períodos, a uma taxa mínima de atratividade (TMA)  $i$ , é:

$$CAEC = \left[ P - \frac{L}{(1+i)^n} \right] \cdot (A|P, i\%, n) \quad (02)$$

Onde o termo  $(A|P, i\%, n)$  é encontrado em tabelas financeiras ou pode ser calculado pela equação:

$$(A|P, i\%, n) = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (03)$$

Seja  $f$  a taxa à qual as despesas de manutenção e operação, iguais a  $C$  no primeiro ano, crescem período a período. O custo anual equivalente de operação e manutenção (CAEM) pode, então, ser definido como (SOUZA; CLEMENTE, 2008):

$$CAEM = C \left[ \frac{\left(\frac{1+f}{1+i}\right)^n - 1}{f-i} \right] (A|P, i\%, n) \quad (04)$$

Torna-se necessário observar que a taxa de crescimento do custo de operação e manutenção ( $f$ ) não pode ser igual à taxa mínima de atratividade (TMA), denotada na equação pela letra  $i$ , para se evitar a indeterminação.

Com tudo isso, é possível formular equações com os dados posteriormente coletados e assim gerar um banco de informações financeiras do objeto em estudo.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Tipo de pesquisa

O presente trabalho é classificado como uma pesquisa exploratória pois seu objetivo é fornecer uma hipótese por meio de uma ferramenta que orienta a decisão ou não de substituir uma frota. (CERVO e SILVA, 2006). Assim, o trabalho consiste em fornecer uma solução para uma prática com cunho qualitativo e quantitativo, pois segundo Fonseca (2002, p. 20) “se baseia na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, etc”.

O procedimento adotado é definido como um estudo de caso porque a hipótese criada é se existe um momento econômico ideal para a substituição de um grupo de equipamentos bem definido. “O estudo de caso pode decorrer de acordo com uma perspectiva interpretativa, que procura compreender como é o mundo do ponto de vista dos participantes, ou uma perspectiva pragmática, que visa simplesmente apresentar uma perspectiva global, tanto quanto possível completa e coerente, do objeto de estudo do ponto de vista do investigador” (FONSECA, 2002, p. 33).

#### 3.2 Materiais e Métodos

O estudo se baseia em uma frota de sete motoniveladoras de grande porta modelo 24M do fabricante Caterpillar. Duas dessas motoniveladoras com as *tags* MN-2403 e MN-2404 iniciaram sua operação em 2013 e o restante (MN-2405, MN-2406 e MN-2407) no ano de 2015. Estes equipamentos são destinados principalmente à manutenção das vias de acesso aos corpos da mina, realizando a terraplanagem para facilitar a locomoção de outros equipamentos como os caminhões, perfuratrizes e entre outros.

A coleta de dados foi realizada entre os meses de agosto/dezembro de 2018. Os dados foram obtidos por meio de consulta aos bancos de dados do sistema *Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung* (SAP) e planilhas digitais elaboradas pela área de planejamento da manutenção disponíveis na empresa pertencem a um intervalo dos anos de 2015 a agosto de 2018. Foram levantados os custos de aquisição, manutenção, operação e desmobilização do equipamento estudado.

Foram realizados também consultas aos manuais de serviço, oferecidos pelo fabricante para o entendimento de funções e conhecimento técnico do equipamento. Ainda foram realizadas entrevistas abertas com os engenheiros e técnicos da área da manutenção dessa frota com o objetivo de identificar e analisar possíveis ocorrências que impactam os resultados do estudo. Essas entrevistas foram conduzidas “com questões em sequência predeterminada, mas com ampla liberdade para responder” (GIL, 2010).

O tratamento dos dados e cálculos foram realizados com o auxílio do software Excel e foram utilizados dados que eram pertinentes ao estudo como o horímetro, *backlog*, preço de componentes, peças, lubrificantes e entre outros. É importante ressaltar que nas amostras de dados referentes às manutenções preventivas e corretivas houve uma análise de estatística descritiva para determinação dos valores médios desses custos, devido a aleatoriedade apresentada de modo a proporcionar estimativas de valores adequados para se utilizar nos cálculos.

Com tudo isso foi criado árvores de custos combinados com o horímetro das máquinas e assim conseguir entender o custo de ciclo de vida do equipamento e comprovar o melhor momento para a substituição do equipamento.

### **3.3 Variáveis e Indicadores**

Segundo Gil (2007), a pesquisa experimental tem como objetivo determinar um objeto de estudo, escolher as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto. Ainda de acordo com Gil (2007), variável é tudo aquilo que pode assumir diferentes valores desde o ponto de vista quantitativo ou qualitativo e os indicadores são algo específico e concreto que permitem conhecer o comportamento das variáveis.

Para este estudo, com o objetivo de entender a influência das ferramentas LCC e da técnica do CAUE para substituição de equipamentos, considerando o melhor momento econômico, as variáveis e indicadores presentes são:

Tabela 1 – Variáveis e Indicadores do Estudo.

Variáveis	Indicadores
Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ciclo de vida dos equipamentos;</li> <li>- <i>Backlog</i>;</li> <li>- Controle dos componentes;</li> <li>- Custo com mão de obra;</li> <li>- Disponibilidade Física;</li> <li>- Tempo médio de reparo entre as falhas;</li> <li>- Tempo médio entre as falhas.</li> </ul>
CAUE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valor do investimento ou aquisição;</li> <li>- Valor de revenda ou valor residual ao final de cada ano da vida útil do bem;</li> <li>- Custos operacionais;</li> <li>- Custo de capital ou a taxa mínima atrativa;</li> <li>- <i>Life Cycle Component</i>.</li> </ul>

Fonte: Pesquisa Direta

### 3.4 Instrumento de coleta de dados

Para o presente trabalho foram utilizadas algumas técnicas para a coleta de dados: a pesquisa documental e a entrevista.

A pesquisa documental realizada é de segunda mão pois se baseou em planilhas e documentos internos da empresa. As vantagens dessa modalidade é o baixo custo, o tempo de obtenção das informações é reduzido em relação as outras técnicas e as informações são relativamente estáveis. Entretanto corre-se o risco de obter dados incompletos e desatualizados, excessivamente agregados e por questões de confidencialidade o acesso restrito, o que pode impactar no resultado obtido.

As entrevistas feitas foram semiestruturadas com os engenheiros e técnicos de programação da frota de motoniveladoras, com o objetivo de se conhecer particularidades de fabricação, manutenção e operação do ativo, o que possibilita uma obtenção de dados com elevado nível de profundidade e possibilita a análise quantitativa e qualitativa dos dados previamente obtidos.

### 3.5 Tabulação dos dados

A tabulação é o processo que consiste em agrupar e contar os casos que estão nas várias categorias de análise. O processamento dos dados foi feito pelo Excel pela sua facilidade em armazenar, organizar e analisar estatisticamente.

Os dados foram tratados em uma escala intervalar e os testes estatísticos adequados foram utilizados como a média, desvio padrão e entre outros.

### **3.6 Considerações Finais do capítulo**

Neste capítulo foram descritas as ferramentas utilizadas para levantar, interpretar e analisar os dados necessários para este estudo. Os métodos e procedimentos adotados estão de acordo com a classificação proposta deste trabalho.

No capítulo seguinte, serão apresentadas as análises dos resultados obtidos por meio das pesquisas e entrevistas com o objetivo de comprovar a hipótese aqui proposta e assim, elaborar um modelo econômico capaz de apresentar o momento econômico ideal para a desmobilização e substituição de ativos.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Características da empresa

Como introduzido anteriormente, a mineração é um dos segmentos mais lucrativos do Brasil e Minas Gerais é o mais importante estado minerador do país. A figura 4 ilustra a presença da diversidade de minérios encontrado no estado.

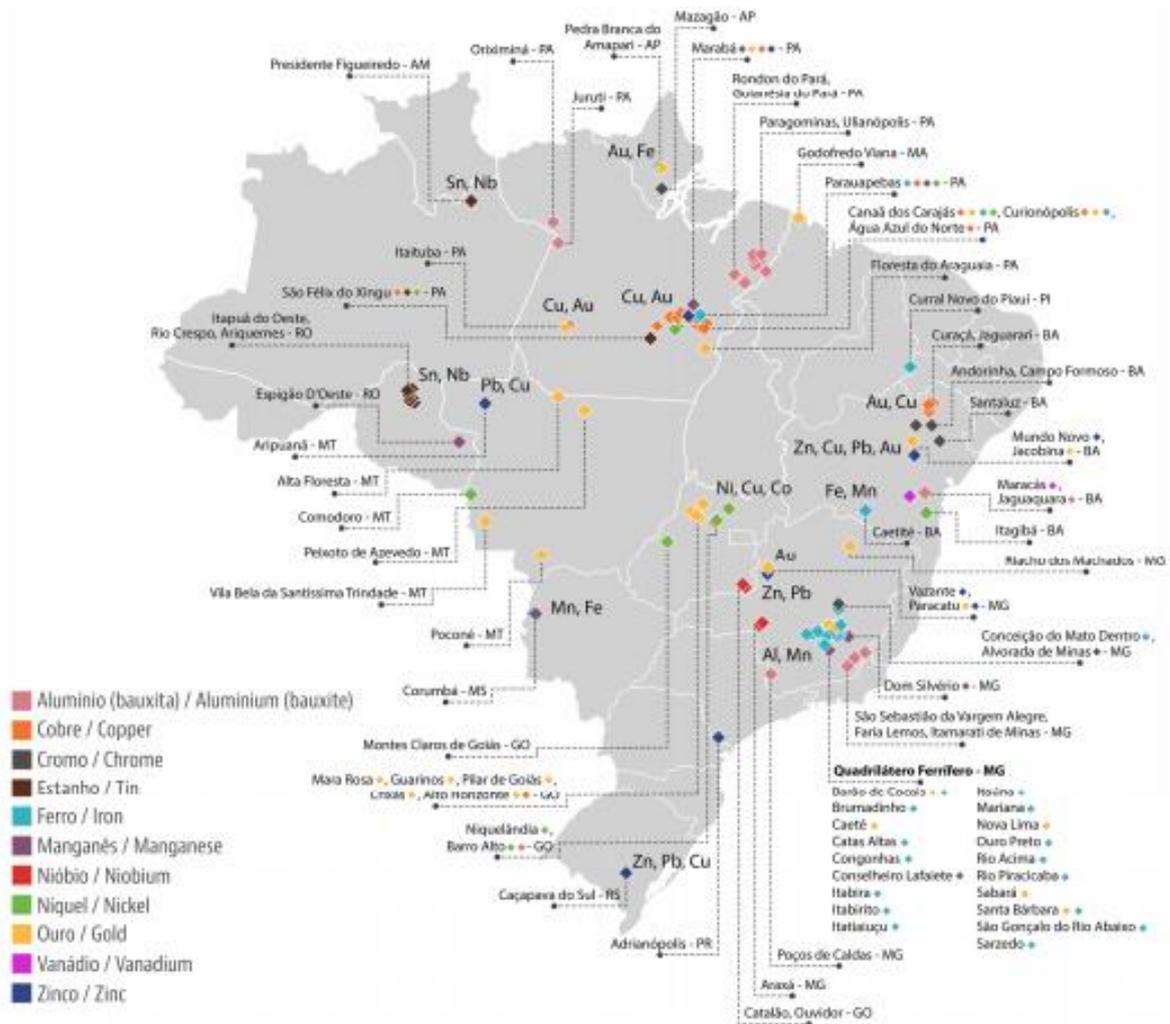


Figura 4 – Localização das principais reservas minerais brasileiras.

Fonte: Anuário Minerais Brasileiro 2018 da Agência Nacional de Mineração (2018).

Como observado na figura e ainda, de acordo com o IBRAM, Minas Gerais extrai mais de 160 milhões de toneladas/ano de minério de ferro, o Estado é responsável por aproximadamente 53% da produção brasileira de minerais metálicos e 29% de minérios em geral. A atividade de mineração está presente em mais de 250 municípios mineiros e dos dez

maiores municípios mineradoras, sete estão em Minas Gerais e das 100 maiores minas do Brasil, 40 estão localizadas no Estado.

A mineradora do estudo em questão é a segunda maior exportadora de minério de ferro do Brasil e está entre as cinco mais competitivas no mercado transoceânico, com reservas certificadas em mais de 3 bilhões de toneladas de acordo com Joint Ore Reserves Committee (JORC).

A mineração de ferro mais antiga em operação no Brasil, é dessa empresa que detém mais de 6 bilhões de toneladas em recursos e 3 bilhões de toneladas em reservas (certificação SNOWDEN, 2014) e possui atualmente uma capacidade de produção de 30 milhões de toneladas por ano. Os produtos resultantes do processo de beneficiamento são: granulado, sinter feed e pellet feed.

#### **4.2 Características do equipamento**

O equipamento alvo do estudo é uma motoniveladora do fabricante Caterpillar, modelo 24M. Na mineradora o seu uso é exclusivamente para a manutenção das vias de acesso à mina principal e seus corpos.

Segundo a SOTREQ S/A, a Motoniveladora Caterpillar 24M, de Estrada Articulada Motorizada, com Potência no Volante de 533 HP é equipada com cabine *ROPS (Roll Over Protective Structure)* que significa Estrutura Protetora Contra Capotamento e seu principal objetivo é fornecer proteção ao operador em caso de capotamento da máquina. Além disso, o ativo possui raio do giro veicular de 12,4 metros, lâmina universal, profundidade de corte máximo da cavidade de 657 mm, largura de corte da cavidade de 215 mm, dentes para *ripper*, dentes cortantes usados para romper solos compactos, úteis para cortar pedras, argila e minérios, possui também um sistema hidráulico para *ripper*, faróis na cabine, 6 rodas com pneus 29.5R29 da Bridgestone modelo VKT 2.

A figura 5 ilustra essa máquina que teve início da fabricação 1995 e o início de fabricação do modelo atual foi em 2007 e a população ativa de máquinas em operação em todo o Brasil, independentemente do tipo de material extraído é de 24, enquanto a população mundial estimada é de 408. Na Tabela 2, está descrito a capacidade de reforma dos componentes e a Tabela 3 a capacidade de reabastecimento e lubrificante ideias para os componentes.



Figura 5 – Motoniveladora 24M.

Fonte: Site de vendas Caterpillar (2019)

Tabela 2 – Capacidade de reforma dos componentes.

Capacidade Instalada	
Item	QTD
Comando Final	35
Transmissão	25
Diferencial/Conversor	19
Freio	22
Motor acima de 3500 HP	13
Motor até 3500 HP	12
Cilindros	220
Bombas	118

Fonte: Proposta Técnica 662/2014 da SOTREQ S/A (2014).

Tabela 3 -Reabastecimento e lubrificação componentes Motoniveladora 24M Caterpillar.

Item	Volume (Litros)	Tipos de Óleo	Troca de óleo	Troca de filtro
Tanque de Combustível	1290	Diesel	-	-
Sistema de Arrefecimento	87	LC	Condição	-
Carter Motor	60	15W40	250 Horas	250 Horas
Transmissão	87	SAE 30	1000 Horas	500 Horas

Tanque Hidráulico	142	10W	Condição	500 Horas
Rodas Dianteiras	-	SAE 30	2000 Horas	-
Diferencial	-	SAE 30	1000 Horas	-
Tandem (cada)	322	SAE 30	2000 Horas	-
Comando de Giro (cada)	8	SAE 60	2000 Horas	-
Lubrificação Centralizada	-	Graxa	-	-

Fonte: Proposta Técnica 662/2014 da SOTREQ S/A (2014).

### 4.3 Levantamento dos dados

A frota de motoniveladoras modelo 24M, para o qual foi realizado os estudos, conta com 5 maquinários identificadas como MN-2403, MN-2404, MN-2405, MN-2406 e MN-2407. Para se fazer o estudo de ciclo de vida dessa frota é necessário conhecer o perfil e o funcionamento de cada máquina, portanto, primeiramente foi analisado uma planilha de dados com todas as descrições dos reparos e compras de peças para cada ativo da frota e também reparos e compras de peças e componentes planejados. Foi pego dados dos anos de 2015 até o mês de agosto de 2018.

Tabela 4 - Base de dados realizado ano de 2015.

	Ano	Cl.custo	Descr.classe custo	Gasto 1	Gasto 2	Frota	Modelo	C.Custo No	Elemento PEP Norma	Local de instalação	Denomin
2679	2015	51004143	MATERIAL DE MANUTENÇÃO ELETRO-MECÂNICA	Custeio	5199	Infra	24M	5199		G-CSN-46-020-243	MN-2403 - MOTON
2680	2015	51004143	MATERIAL DE MANUTENÇÃO ELETRO-MECÂNICA	Custeio	5199	Infra	24M	5199		G-CSN-46-020-243	MN-2403 - MOTON
2681	2015	51004143	MATERIAL DE MANUTENÇÃO ELETRO-MECÂNICA	Custeio	5199	Infra	24M	5199		G-CSN-46-020-243	MN-2403 - MOTON
2825	2015	51004143	MATERIAL DE MANUTENÇÃO ELETRO-MECÂNICA	Custeio	5199	Infra	24M	5199		G-CSN-46-020-244	MN-2404 - MOTON
3117	2015	51004143	MATERIAL DE MANUTENÇÃO ELETRO-MECÂNICA	Custeio	5199	Infra	24M	5199		G-CSN-46-020-244	MN-2404 - MOTON
3118	2015	51004143	MATERIAL DE MANUTENÇÃO ELETRO-MECÂNICA	Custeio	5199	Infra	24M	5199		G-CSN-46-020-244	MN-2404 - MOTON
3119	2015	51004143	MATERIAL DE MANUTENÇÃO ELETRO-MECÂNICA	Custeio	5199	Infra	24M	5199		G-CSN-46-020-244	MN-2404 - MOTON
3120	2015	51004143	MATERIAL DE MANUTENÇÃO ELETRO-MECÂNICA	Custeio	5199	Infra	24M	5199		G-CSN-46-020-244	MN-2404 - MOTON
3135	2015	51004143	MATERIAL DE MANUTENÇÃO ELETRO-MECÂNICA	Custeio	5199	Infra	24M	5199		G-CSN-46-020-244	MN-2404 - MOTON
3160	2015	51004143	MATERIAL DE MANUTENÇÃO ELETRO-MECÂNICA	Custeio	5199	Infra	24M	5199		G-CSN-46-020-244	MN-2404 - MOTON
3161	2015	51004143	MATERIAL DE MANUTENÇÃO ELETRO-MECÂNICA	Custeio	5199	Infra	24M	5199		G-CSN-46-020-244	MN-2404 - MOTON
3162	2015	51004143	MATERIAL DE MANUTENÇÃO ELETRO-MECÂNICA	Custeio	5199	Infra	24M	5199		G-CSN-46-020-244	MN-2404 - MOTON
3163	2015	51004143	MATERIAL DE MANUTENÇÃO ELETRO-MECÂNICA	Custeio	5199	Infra	24M	5199		G-CSN-46-020-244	MN-2404 - MOTON
3624	2015	51004143	MATERIAL DE MANUTENÇÃO ELETRO-MECÂNICA	Custeio	5199	Infra	24M	5199		G-CSN-46-020-244	MN-2404 - MOTON
3625	2015	51004143	MATERIAL DE MANUTENÇÃO ELETRO-MECÂNICA	Custeio	5199	Infra	24M	5199		G-CSN-46-020-244	MN-2404 - MOTON
3626	2015	51004143	MATERIAL DE MANUTENÇÃO ELETRO-MECÂNICA	Custeio	5199	Infra	24M	5199		G-CSN-46-020-244	MN-2404 - MOTON
3632	2015	51004143	MATERIAL DE MANUTENÇÃO ELETRO-MECÂNICA	Custeio	5199	Infra	24M	5199		G-CSN-46-020-244	MN-2404 - MOTON
3633	2015	51004143	MATERIAL DE MANUTENÇÃO ELETRO-MECÂNICA	Custeio	5199	Infra	24M	5199		G-CSN-46-020-244	MN-2404 - MOTON
3642	2015	51004143	MATERIAL DE MANUTENÇÃO ELETRO-MECÂNICA	Custeio	5199	Infra	24M	5199		G-CSN-46-020-244	MN-2404 - MOTON
3802	2015	51004143	MATERIAL DE MANUTENÇÃO ELETRO-MECÂNICA	Custeio	5199	Infra	24M	5199		G-CSN-46-020-243	MN-2403 - MOTON
4080	2015	51004143	MATERIAL DE MANUTENÇÃO ELETRO-MECÂNICA	Custeio	5199	Infra	24M	5199		G-CSN-46-020-244	MN-2404 - MOTON

Fonte: Pesquisa Direta (2018)

Para facilitar a análise da planilha foi criado uma tabela dinâmica, com os seguintes campos de entrada:

1. Gasto 1: Divido entre Custeio e Investimento, definido pela empresa o que era cada.
2. Frota: As frotas na empresa serão divididas em Transporte, Perfuração, Infra e Carga. As motoniveladoras se encaixam na frota de Infra.
3. Modelo: São os modelos dos equipamentos existentes dentro de cada frota. O modelo do ativo do estudo é o 24M.
4. Denominação objeto: As descrições do que é feito ou o material.
5. Conta 1: Componente, Lubrificante, Material de Perfuração, Material de Desgaste, Material Rodante, Peça e Pneu.
6. Conta 2: Dividido entre MP (Manutenção Preventiva) e MC (Manutenção Corretiva).

Tabela 5 – Tabela dinâmica dados de 2015.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Gasto 1	Custeio													
2	Frota	Infra													
3	Modelo	24M													
4	Denominação objeto (Tudo)														
5	Conta 1	Peça													
6	Conta 2	MP													
7															
8	Soma de	Valor/MR	Rótulos de Coluna												
9	Rótulos de Linha		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Geral
10	MN2403	R\$ 18.027,58	R\$ 10.022,12	R\$ 1.615,47	R\$ 20.701,06	R\$ 12.082,90	R\$ 702,76	R\$ 16.344,78	R\$ 38.684,51	R\$ 7.882,93	R\$ 14.992,33	R\$ 15.513,72	R\$ 2.850,71	R\$ 159.420,87	
11	MN2404	R\$ 8.108,60	R\$ 16.640,27	R\$ 13.217,97	R\$ 346,82	R\$ 9.804,70	R\$ 9.027,24	R\$ 12.126,66	R\$ 11.740,31	R\$ 24.270,49	R\$ 7.179,65	R\$ 20.978,88	R\$ 4.430,99	R\$ 137.872,58	
12	MN2405										R\$ 903,78	R\$ 1.591,62	R\$ 4.566,27	R\$ 7.061,67	
13	MN2406											R\$ 2.412,97	R\$ 451,52	R\$ 2.864,49	
14	MN2407												R\$ 727,95	R\$ 727,95	
15	<b>Total Geral</b>	<b>R\$ 26.136,18</b>	<b>R\$ 26.662,39</b>	<b>R\$ 14.833,44</b>	<b>R\$ 21.047,88</b>	<b>R\$ 21.887,60</b>	<b>R\$ 9.730,00</b>	<b>R\$ 28.471,44</b>	<b>R\$ 50.424,82</b>	<b>R\$ 32.153,42</b>	<b>R\$ 23.075,76</b>	<b>R\$ 40.497,19</b>	<b>R\$ 13.027,44</b>	<b>R\$ 307.947,56</b>	
16															
17			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Geral
18		MN2403	R\$ 18.027,58	R\$ 10.022,12	R\$ 1.615,47	R\$ 20.701,06	R\$ 12.082,90	R\$ 702,76	R\$ 16.344,78	R\$ 38.684,51	R\$ 7.882,93	R\$ 14.992,33	R\$ 15.513,72	R\$ 2.850,71	R\$ 159.420,87
19		MN2404	R\$ 7.152,72	R\$ 16.640,27	R\$ 13.217,97	R\$ 346,82	R\$ 9.804,70	R\$ 9.027,24	R\$ 12.126,66	R\$ 11.740,31	R\$ 24.270,49	R\$ 7.179,65	R\$ 20.978,88	R\$ 4.430,99	R\$ 136.916,70
20	Plano + Backlog 2015	MN2405									R\$ 903,78	R\$ 1.591,62	R\$ 4.566,27	R\$ 7.061,67	
21		MN2406										R\$ 2.412,97	R\$ 451,52	R\$ 2.864,49	
22		MN2407											R\$ 727,95	R\$ 727,95	
23		<b>Total Geral</b>	<b>R\$ 25.180,30</b>	<b>R\$ 26.662,39</b>	<b>R\$ 14.833,44</b>	<b>R\$ 21.047,88</b>	<b>R\$ 21.887,60</b>	<b>R\$ 9.730,00</b>	<b>R\$ 28.471,44</b>	<b>R\$ 50.424,82</b>	<b>R\$ 32.153,42</b>	<b>R\$ 23.075,76</b>	<b>R\$ 40.497,19</b>	<b>R\$ 13.027,44</b>	<b>R\$ 306.991,68</b>

Fonte: Pesquisa direta (2018).

Após a filtragem, foi criado 3 tabelas, denominadas “Plano + Backlog”, “Plano”, “Backlog” e “Corretiva”. Esses procedimentos foram feitos para os anos de 2015, 2016, 2017 e até o mês de Agosto de 2018.

A tabela “Plano + Backlog” consiste em filtrar no campo “Denominação objeto” tudo, no campo “Conta 1” e “Conta 2” Peça e MP, respectivamente.

Na tabela “Plano”, continua filtrado resultados apenas para Peça e MP, porém no campo “Denominação objeto” é filtrado tudo o que contém ou inicia com a palavra “Plano”, pois o objetivo é filtrar os custos de apenas planos de inspeção, lubrificação e entre outros.

“Backlog” são mostrados os resultados da subtração das planilhas “Plano + Backlog” pela planilha “Plano”, pois o backlog é a soma dos serviços planejados, programados, executados e pendentes.

Por fim, a tabela “Corretiva” tem como objetivo englobar os gastos com a Manutenção Corretiva”, portanto no campo “Conta 2” muda-se para MC e no “Denominação objeto” seleciona tudo novamente. A tabela 6 ilustra as tabelas criadas para o ano de 2015.

Tabela 6 – Resultados da Tabela dinâmica do ano de 2015.

PLANO + BACKLOG 2015

PLANO + BACKLOG 2015													
Rótulos de	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Geral
MN2403	R\$ 18.027,58	R\$ 10.022,12	R\$ 1.615,47	R\$ 20.701,06	R\$ 12.082,90	R\$ 702,76	R\$ 16.344,78	R\$ 38.684,51	R\$ 7.882,93	R\$ 14.992,33	R\$ 15.513,72	R\$ 2.850,71	R\$ 159.420,87
MN2404	R\$ 8.108,60	R\$ 16.640,27	R\$ 13.217,97	R\$ 346,82	R\$ 9.804,70	R\$ 9.027,24	R\$ 12.126,66	R\$ 11.740,31	R\$ 24.270,49	R\$ 7.179,65	R\$ 20.978,88	R\$ 4.430,99	R\$ 137.872,58
MN2405	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 903,78	R\$ 1.591,62	R\$ 4.566,27	R\$ 7.061,67				
MN2406	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 2.412,97	R\$ 451,52	R\$ 2.864,49				
MN2407	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 727,95	R\$ 727,95				
<b>Total Geral</b>	<b>R\$ 26.136,18</b>	<b>R\$ 26.662,39</b>	<b>R\$ 14.833,44</b>	<b>R\$ 21.047,88</b>	<b>R\$ 21.887,60</b>	<b>R\$ 9.730,00</b>	<b>R\$ 28.471,44</b>	<b>R\$ 50.424,82</b>	<b>R\$ 32.153,42</b>	<b>R\$ 23.075,76</b>	<b>R\$ 40.497,19</b>	<b>R\$ 13.027,44</b>	<b>R\$ 307.947,56</b>

PLANO 2015

PLANO 2015													
Rótulos de	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Geral
MN2403	R\$ 2.305,22	R\$ 2.033,50	R\$ 634,46	R\$ 8.767,47	R\$ 4.026,96	R\$ 225,58	R\$ 3.757,09	R\$ 2.668,83	R\$ 3.127,03	R\$ 4.009,60	R\$ 3.914,35	R\$ 2.046,10	R\$ 37.516,19
MN2404	R\$ 2.564,26	R\$ 2.045,88	R\$ 4.559,82	R\$ 207,33	R\$ 0,00	R\$ 5.438,49	R\$ 219,40	R\$ 3.046,63	R\$ 3.585,49	R\$ 1.832,53	R\$ 5.249,30	R\$ 593,08	R\$ 29.342,21
MN2405	R\$ 0,00	R\$ 683,65	R\$ 683,65										
MN2406	R\$ 0,00	R\$ 451,52	R\$ 451,52										
MN2407	R\$ 0,00	R\$ 727,95	R\$ 727,95										
<b>Total Geral</b>	<b>R\$ 4.869,48</b>	<b>R\$ 4.079,38</b>	<b>R\$ 5.194,28</b>	<b>R\$ 8.974,80</b>	<b>R\$ 4.026,96</b>	<b>R\$ 5.664,07</b>	<b>R\$ 3.976,49</b>	<b>R\$ 5.715,46</b>	<b>R\$ 6.712,52</b>	<b>R\$ 5.842,13</b>	<b>R\$ 9.163,65</b>	<b>R\$ 4.502,30</b>	<b>R\$ 68.721,52</b>

BACKLOG 2015

BACKLOG 2015													
Rótulos de	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Geral
MN2403	R\$ 15.722,36	R\$ 7.988,62	R\$ 981,01	R\$ 11.933,59	R\$ 8.055,94	R\$ 477,18	R\$ 12.587,69	R\$ 36.015,68	R\$ 4.755,90	R\$ 10.982,73	R\$ 11.599,37	R\$ 804,61	R\$ 121.904,68
MN2404	R\$ 5.544,34	R\$ 14.594,39	R\$ 8.658,15	R\$ 139,49	R\$ 9.804,70	R\$ 3.588,75	R\$ 11.907,26	R\$ 8.693,68	R\$ 20.685,00	R\$ 5.347,12	R\$ 15.729,58	R\$ 3.837,91	R\$ 108.530,37
MN2405	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 903,78	R\$ 1.591,62	R\$ 3.882,62	R\$ 6.378,02
MN2406	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 2.412,97	R\$ 0,00	R\$ 2.412,97
MN2407	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
<b>Total Geral</b>	<b>R\$ 21.266,70</b>	<b>R\$ 22.583,01</b>	<b>R\$ 9.639,16</b>	<b>R\$ 12.073,08</b>	<b>R\$ 17.860,64</b>	<b>R\$ 4.065,93</b>	<b>R\$ 24.494,95</b>	<b>R\$ 44.709,36</b>	<b>R\$ 25.440,90</b>	<b>R\$ 17.233,63</b>	<b>R\$ 31.333,54</b>	<b>R\$ 8.525,14</b>	<b>R\$ 239.226,04</b>

CORRETIVA 2015

CORRETIVA 2015													
Rótulos de	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Geral
MN2403	R\$ 3.462,49	R\$ 1.618,90	R\$ 4.713,30	R\$ 793,90	R\$ 5.827,07	R\$ 14.830,75	R\$ 1.305,03	R\$ 0,00	R\$ 425,91	R\$ 3.857,74	R\$ 280,87	R\$ 24,77	R\$ 37.140,73
MN2404	R\$ 866,43	R\$ 896,66	R\$ 281,48	R\$ 7.353,91	-R\$ 734,65	R\$ 1.159,87	R\$ 13.293,29	R\$ 0,00	R\$ 2.375,53	R\$ 3.850,28	R\$ 0,00	R\$ 12,10	R\$ 29.354,90
MN2405	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 5.672,58	R\$ 0,00	R\$ 5.672,58					
MN2406	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 263,71	R\$ 263,71					
MN2407	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00					
<b>Total Geral</b>	<b>R\$ 4.328,92</b>	<b>R\$ 2.515,56</b>	<b>R\$ 4.994,78</b>	<b>R\$ 8.147,81</b>	<b>R\$ 5.092,42</b>	<b>R\$ 15.990,62</b>	<b>R\$ 14.598,32</b>	<b>R\$ 0,00</b>	<b>R\$ 2.801,44</b>	<b>R\$ 7.708,02</b>	<b>R\$ 5.953,45</b>	<b>R\$ 300,58</b>	<b>R\$ 72.431,92</b>

Fonte: Pesquisa Direta (2018).

Após foi consolidado os gastos com a manutenção corretiva e as manutenções preventivas obtidas pela tabela de “Backlog”. Isso foi feito apenas para facilitar a manipulação de dados no Excel.

Tabela 7 – Gastos Corretiva 2015 a 2018 Consolidados

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
	jan-15	fev-15	mar-15	abr-15	mai-15	jun-15	jul-15	ago-15	set-15	out-15	nov-15	dez-15	jan-16	fev-16	mar-16	abr-16	mai-16	jun-16	jul-16	ago-16	set-16	out-16	nov-16	dez-16	jan-17	
MN2403	3462,43	1618,3	4713,3	793,9	5827,07	14830,8	1305,03	0	425,91	3857,74	280,87	24,77	353,7	362,13	3383,89	3486,39	1412,48	3412,14	1093,22	2760,3	4359,75	0	0	3990,87	0	
MN2404	866,43	896,66	281,48	7353,91	-734,65	1153,87	13233,3	0	2375,53	3850,28	0	12,1	697,79	1482,06	0	548,59	3310,88	-428,18	0	0	0	0	0	0	0	332,5
MN2405	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5672,58	0	5202,74	0	1171,64	298,61	0	139,46	249,33	0	2107,27	243,32	286,3	2418,67	0	
MN2406	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	263,71	699,31	479,66	3748,1	0	0	0	747,42	0	0	0	1992,7	0	0	
MN2407	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	302,68	205,23	

Fonte: Pesquisa Direta (2018).

O objetivo é fazer um levantamento de quanto é gasto tanto em manutenção corretiva e manutenção preventiva por horas que a máquina está em funcionamento, para se traçar um gráfico e assim relacionar por meios de relações estatísticas a maturidade do ativo.

Para isso, foi necessário fazer uma consulta ao levantamento de horímetro da frota de 2015 até agosto de 2018, mostrado na Tabela 8.

Tabela 8 – Base horímetro frota Motoniveladora 24M.

	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	mai/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16
MN2403	7165	7560	7848	8368	8660	9055	9531	10073	10523	10968	11205	11692	12037	12331	12587	12873	13265	13674	14164	14674	15146	156
MN2404	5220	5698	6205	6205	6205	6752	7298	7858	8250	8677	9198	9718	10109	10588	11081	11383	11383	11383	11383	11383	11383	113
MN2405	0	0	0	0	0	0	0	0	0	206	600	981	1465	1954	2454	2945	3500	3892	4271	4832	5349	58
MN2406	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	370	896	1270	1691	2175	2700	3129	3582	4110	4638	5185	56
MN2407	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	523	989	1468	2037	2572	3134	3686	4256	4832	5354	58

Fonte: Pesquisa Direta (2018).

Observa-se pela Tabela 8 que as máquinas com as *tags* MN2405, MN2406 e MN2407 não funcionaram até o início do último trimestre de 2015. A explicação para tal fato é devida que são máquinas compradas depois e mais novas também em relação à fabricação.

Tabela 9 – Base horímetro 2015.

	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	mai/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15
MN2403	7165	7560	7848	8368	8660	9055	9531	10073	10523	10968	11205	11692
MN2404	5220	5698	6205	6205	6205	6752	7298	7858	8250	8677	9198	9718
MN2405	0	0	0	0	0	0	0	0	0	206	600	981
MN2406	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	370	896
MN2407	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	523

Fonte: Pesquisa Direta (2015).

### 4.3.1 Manipulação dos dados

Após o levantamento dos dados básicos necessários para o estudo, é necessário tratar esses dados. O primeiro passo é relacionar os gastos com o horímetro de cada máquina da frota para se visualizar melhor, tanto para o Backlog quanto para Corretiva.

Tabela 10 – Relação Gastos x Horímetro.

		jan-15	fev-15	mar-15	abr-15	mai-15	jun-15	jul-15	ago-15	set-15	out-15	nov-15	dez-15	jan-16	fev-16	mar-16	abr-16	mai-16	jun-16
MN2403	R\$	15722,36	7988,62	981,01	11933,59	8055,94	477,18	12587,69	36015,68	4755,9	10982,73	11599,37	804,61	22512,3	4094,24	29589,85	20032,92	10123,78	22944,18
	Horímetro	7165	7560	7848	8368	8660	9055	9531	10073	10523	10968	11205	11692	12037	12331	12587	12873	13265	13674
MN2404	R\$	5544,34	14594,39	8658,15	139,49	9804,7	3588,75	11907,26	8693,68	20685	5347,12	15729,58	3837,91	18197,61	11086,43	15654,61	800,05	8194,98	862,33
	Horímetro	5220	5698	6205	6205	6205	6752	7298	7858	8250	8677	9198	9718	10109	10588	11081	11383	11383	11383
MN2405	R\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	903,78	1591,62	3882,62	1467,01	3212,98	6772,02	2524,28	8523,83	4544,18
	Horímetro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	206	600	981	1465	1954	2454	2945	3500	3892
MN2406	R\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2412,97	0	3111,66	2720,52	15807,77	6698,51	35303,67	17920,08
	Horímetro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	370	896	1270	1691	2175	2700	3129	3582
MN2407	R\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4669,34	1374,96	6647,45	2066,73	9639,78	3922,52
	Horímetro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	523	989	1468	2037	2572	3134	3686

Fonte: Pesquisa Direta (2018).

Após isso, foi relacionado intervalos de 500 em 500 horas e os gastos nesses intervalos para tentar se obter um perfil de maturidade do ativo considerando o valor médio de cada intervalo.

Para se fazer essa relação, foi utilizado a fórmula do *Excel* “SOMASES” selecionando “intervalo\_soma” a planilha ilustrada na Tabela 10, porém apenas a linha que contém o valor monetário, para “intervalos\_critério1” foi selecionada também a planilha ilustrada na Tabela 10 a linha com os horímetros e o “critério1” utilizado foi a primeira linha da coluna do agrupamento do intervalo de horas, por exemplo: para a MN2403, o critério selecionado foi o intervalo “> 0” e para o “critério2” os valores “< 501” e assim sucessivamente para cada coluna e para cada máquina. Por fim o horímetro considerado é a média dos valores de cada coluna, como mostrado na Tabela 11.

Tabela 11 – Média de Gastos a cada 500 horas do Backlog

	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	600
	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	650
Equipamento	0-500	500-1000	1000-1500	1500-2000	2000-2500	2500-3000	3000-3500	3500-4000	4000-4500	4500-5000	5000-5500	5500-6000	6000-6500
MN2403	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -				
MN2404	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 5.544,34	R\$ 14.594,39	R\$ 18.602,34				
MN2405	R\$ 903,78	R\$ 5.474,24	R\$ 1.467,01	R\$ 3.212,98	R\$ 6.772,02	R\$ 2.524,28	R\$ 8.523,83	R\$ 4.544,18	R\$ 14.849,65	R\$ 14.474,27	R\$ 3.794,57	R\$ 5.437,30	R\$ 25.781,45
MN2406	R\$ 2.412,97	R\$ -	R\$ 3.111,66	R\$ 2.720,52	R\$ 15.807,77	R\$ 6.698,51	R\$ 35.303,67	R\$ 17.920,08	R\$ 391,09	R\$ 11.809,64	R\$ 1.953,42	R\$ 14.666,51	R\$ 4.173,48
MN2407	R\$ -	R\$ 4.669,34	R\$ 1.374,96	R\$ -	R\$ 6.647,45	R\$ 2.066,73	R\$ 9.639,78	R\$ 3.922,52	R\$ 16.742,70	R\$ 27.300,88	R\$ 5.874,66	R\$ 6.545,78	R\$ 10.708,95
Horímetro	0-500	500-1000	1000-1500	1500-2000	2000-2500	2500-3000	3000-3500	3500-4000	4000-4500	4500-5000	5000-5500	5500-6000	6000-6500
24M	R\$ 2.412,97	R\$ 5.071,79	R\$ 1.984,54	R\$ 1.977,83	R\$ 5.845,45	R\$ 2.257,90	R\$ 10.693,46	R\$ 5.277,36	R\$ 6.396,69	R\$ 10.716,96	R\$ 2.452,43	R\$ 5.892,00	R\$ 8.466,61

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Custo Backlog 24M	R\$ 2.412,97	R\$ 5.071,79	R\$ 1.984,54	R\$ 1.977,83	R\$ 5.845,45	R\$ 2.257,90	R\$ 10.693,46	R\$ 5.277,36	R\$ 6.396,69	R\$ 10.716,96	R\$ 2.452,43	R\$ 5.892,00	R\$ 8.466,61
Faixa de Hor.	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500

Fonte: Pesquisa Direta (2018).

Após isso foi gerado um gráfico com a curva para se obter um perfil do comportamento da máquina.

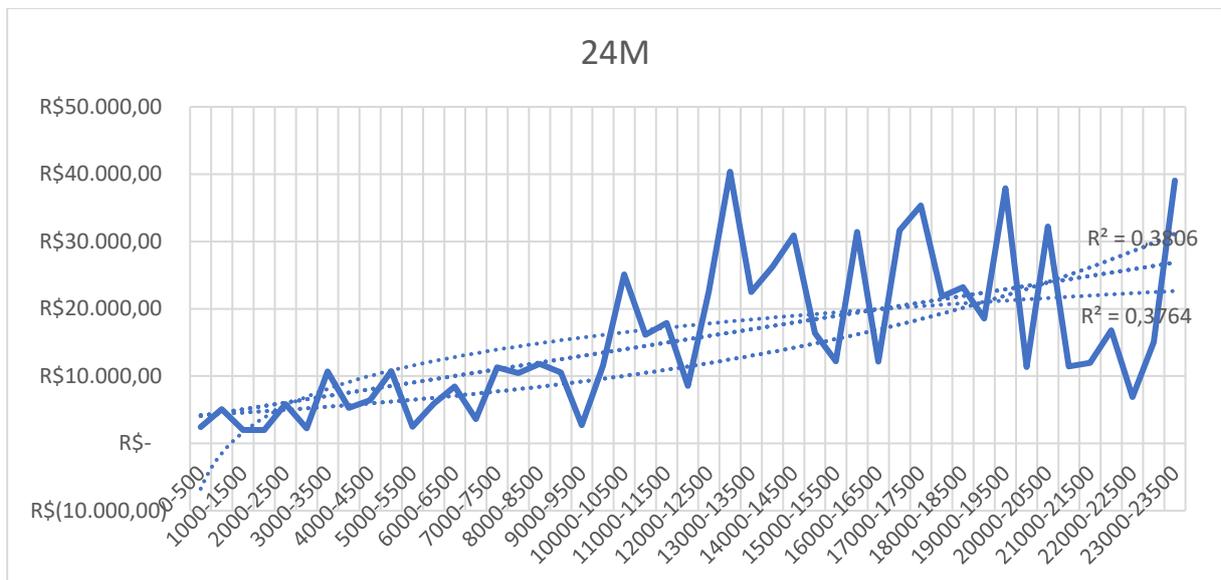


Figura 6 – Perfil de maturidade da frota Motoniveladora 24M Backlog.

Fonte: Pesquisa Direta (2018).

Pelo gráfico acima, pode-se observar a tendência de crescimento linear da curva, com muitos picos e vales. Isso indica que quanto mais o horímetro da máquina aumenta, os custos com as manutenções preventivas e preditivas também aumentam, não de forma constante,

mas sim contínua. É possível observar também esse padrão no perfil de maturidade considerando as manutenções corretivas.

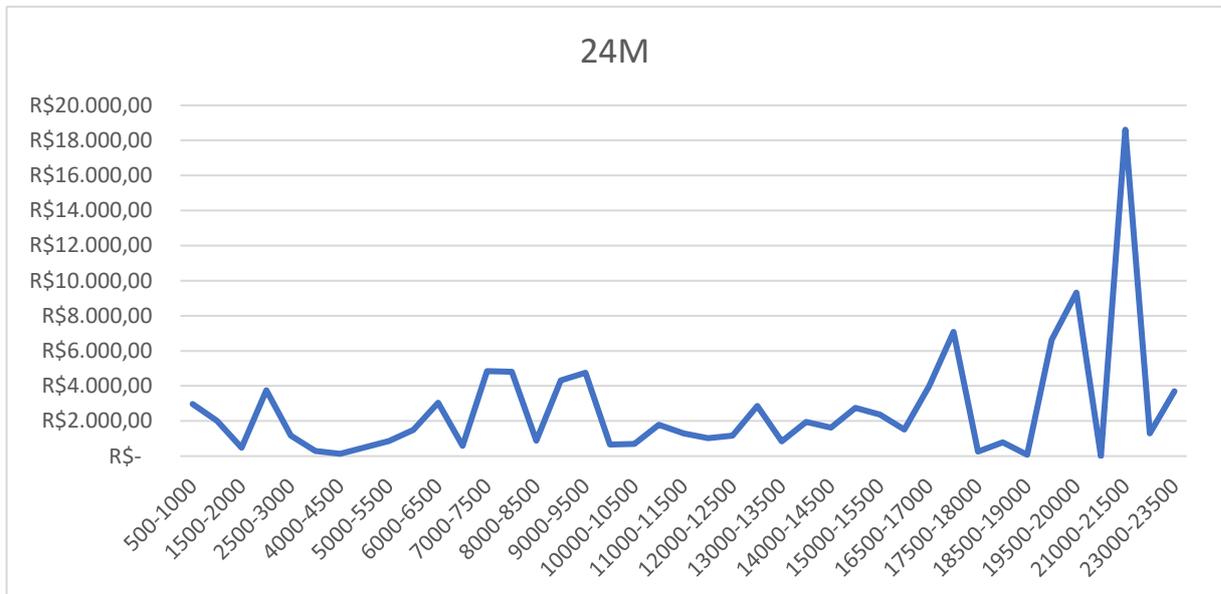


Figura 7 - Perfil de maturidade da frota Motoniveladora 24M Corretiva

Fonte: Pesquisa Direta (2018).

Depois de levantar os custos da manutenção em geral (preventiva, preditiva e corretiva), para se ter uma visão global dos custos envolvidos com a frota é essencial levantar os custos com a operação.

Foi considerada algumas informações gerais advindas de terceiros como engenheiros da frota e técnicos, como a Disponibilidade Física da frota, o número de turnos, o salário de operadores, índice de interferências e o custo e consumo do Óleo Diesel.

Tabela 12 – Informações sobre a operação para 1 Motoniveladora 24M.

Informações Gerais - Operação	
Qtd. Equipamentos	1
Disponibilidade Física	82%
Número de Turnos	5
Índice de Interferências	12,40%
Qtd. De Operadores/equip.	4,61
Salário Operadores/mês	R\$ 1.623,65
Fator RH	2,4
Custo Mensal/equip	R\$ 17.957,83
Custo Anual/equip.	R\$ 215.493,95
INFORMAÇÕES GERAIS - Diesel	
Óleo Diesel 7076068 [R\$/litro]	R\$ 2,57
Consumo de Diesel /hora [litros/hora]	124
Custo Diesel [R\$/hora]	R\$ 318,68

Fonte: Pesquisa Direta (2018).

Como a frota conta com 5 motoniveladoras, foi calculado o gasto com mão de obra para cada máquina em média. No campo “Valor por Equipamento Infra” é o valor da mão de obra de cada mês dividido por 5, que é o número de ativos da frota e para o “Valor Ano” é o somatório de todos os valores de “Valor por Equipamento Infra”, vide Tabela 13.

Tabela 13 – Custos de mão de obra por máquina

	Real	Mão de Obra	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Out
Manut. Dos Equip. de Infraestrutura			908.368,98	731.036,46	709.992,01	808.773,21	899.293,68	816.212,71	772.394,51	770.493,12	628.129,37	
Quantidade Equipamentos Infra			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Valor por Equipamento Infra			R\$ 181.673,80	R\$ 146.207,29	R\$ 141.998,40	R\$ 161.754,64	R\$ 179.858,74	R\$ 163.242,54	R\$ 154.478,90	R\$ 154.098,62	R\$ 125.625,87	R
Valor Ano			R\$ 1.804.000,57									
Média			R\$ 150.333,38									
Desvio Padrão			R\$ 19.549,55									

Fonte: Pesquisa Direta (2018).

Foi levantando os custos também com o lubrificante para componentes e os planos de lubrificação, manutenção do ar condicionado, manutenção dos sistemas elétrico e hidráulico, mostrados na Tabela 14.

Tabela 14 – Custos com o Plano Manter das Motoniveladoras 24M.

	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500
	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000
Apenas Fluidos												
Carter Motor	R\$ 680,40	R\$ 680,40										
Transmissão	R\$ -	R\$ 564,63										
Rodas Dianteiras	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 405,60	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 405,60	R\$ -	R\$ -	R\$ 405,60
Lubrificação Centralizada	R\$ 3.857,34	R\$ 3.857,34										
Diferencial	R\$ -	R\$ 6.651,84										
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 4.537,74</b>	<b>R\$ 11.754,21</b>	<b>R\$ 4.537,74</b>	<b>R\$ 12.159,81</b>	<b>R\$ 4.537,74</b>	<b>R\$ 11.754,21</b>	<b>R\$ 4.537,74</b>	<b>R\$ 12.159,81</b>	<b>R\$ 4.537,74</b>	<b>R\$ 12.159,81</b>	<b>R\$ 4.537,74</b>	<b>R\$ 12.159,81</b>
Plano Manter												
Lubrificação 250	R\$ 96	R\$ 96										
Lubrificação 500	R\$ 3.810	R\$ 3.810										
Lubrificação 1000	R\$ -	R\$ 5.390										
Lubrificação 2000	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 595	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 595	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 595
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 3.905</b>	<b>R\$ 9.295</b>	<b>R\$ 3.905</b>	<b>R\$ 9.890</b>	<b>R\$ 3.905</b>	<b>R\$ 9.295</b>	<b>R\$ 3.905</b>	<b>R\$ 9.890</b>	<b>R\$ 3.905</b>	<b>R\$ 9.295</b>	<b>R\$ 3.905</b>	<b>R\$ 9.890</b>
Ar condicionado 1000	R\$ -	R\$ 236										
Ar condicionado 3000	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 303	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
Ar condicionado 6000	R\$ -	R\$ -										
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ -</b>	<b>R\$ 236</b>	<b>R\$ -</b>	<b>R\$ 236</b>	<b>R\$ -</b>	<b>R\$ 539</b>	<b>R\$ -</b>	<b>R\$ 236</b>	<b>R\$ -</b>	<b>R\$ 236</b>	<b>R\$ -</b>	<b>R\$ 539</b>
Elétrica 6000	R\$ -	R\$ -										
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ -</b>	<b>R\$ -</b>										

Fonte: Pesquisa Direta.

Pelo horímetro da frota, é possível notar a média de funcionamento em torno de 3500 horas mensais. Com base nisso, agrupou-se os dados em intervalos com amplitude de 3500.

Tabela 15 – Gastos Consolidados da frota de motoniveladoras 24M.

Ano	1	2	3	4	5	6	7
Horímetro	0 - 3500	3500 - 7000	7000 - 10500	10500 - 14000	14000 - 17500	17500 - 21000	21000 - 24500
Backlog 24M	R\$ 30.243,94	R\$ 42.806,98	R\$ 83.386,66	R\$ 154.216,72	R\$ 170.026,04	R\$ 156.498,17	R\$ 89.738,60
Corretiva 24M	R\$ 10.678,22	R\$ 6.634,97	R\$ 20.963,12	R\$ 10.940,96	R\$ 19.358,04	R\$ 17.094,66	R\$ 23.609,54
Plano Manter	R\$ 98.932,07	R\$ 119.170,00	R\$ 99.932,94	R\$ 119.170,00	R\$ 98.932,07	R\$ 119.472,77	R\$ 60.457,82
Lubrificantes	R\$ 3.225,53	R\$ 1.843,16					
Mão de Obra Manutenção	R\$ 1.804.000,57	R\$ 1.894.200,60	R\$ 1.988.910,63	R\$ 2.088.356,16	R\$ 2.192.773,97	R\$ 2.302.412,67	R\$ 2.417.533,30
Operação Diesel	R\$ 1.115.380,00						
Operação - Mão de Obra	R\$ 215.493,95	R\$ 228.423,58	R\$ 242.129,00	R\$ 256.656,74	R\$ 272.056,14	R\$ 288.379,51	R\$ 305.682,28
<b>TOTAL MANUTENÇÃO</b>	<b>R\$ 1.947.080,34</b>	<b>R\$ 2.066.038,08</b>	<b>R\$ 2.196.418,88</b>	<b>R\$ 2.375.909,37</b>	<b>R\$ 2.484.315,65</b>	<b>R\$ 2.598.703,79</b>	<b>R\$ 2.593.182,42</b>

Fonte: Pesquisa Direta (2018).

Por meio dessa tabela, conclui-se que a frota tem no máximo 7 anos de funcionamento e é considerada nova, abaixo tem-se a Tabela 16 com os resumos dos custos da frota.

Tabela 16 – Resumo dos Custos Totais da Frota de Motoniveladoras 24M.

Horímetro	Backlog 24M	Corretiva 24M	Plano Manter	Lubrificantes	Mão de Obra Manutenção	Operação Diesel	Operação - Mão de Obra	Componentes	TOTAL OPERAÇÃO	TOTAL MANUTENÇÃO
0 - 3500	R\$ 30.243,94	R\$ 10.678,22	R\$ 98.932,07	R\$ 3.225,53	R\$ 1.804.000,57	R\$ 1.115.380,00	R\$ 215.493,95	R\$ -	R\$ 1.330.874	R\$ 1.947.080
3500 - 7000	R\$ 42.806,98	R\$ 6.634,97	R\$ 119.170,00	R\$ 3.225,53	R\$ 1.894.200,60	R\$ 1.115.380,00	R\$ 228.423,58	R\$ 166.161,24	R\$ 1.343.804	R\$ 2.232.199
7000 - 10500	R\$ 83.386,66	R\$ 20.963,12	R\$ 99.932,94	R\$ 3.225,53	R\$ 1.988.910,63	R\$ 1.115.380,00	R\$ 242.129,00	R\$ 1.190.542,29	R\$ 1.357.509	R\$ 3.386.961
10500 - 14000	R\$ 154.216,72	R\$ 10.940,96	R\$ 119.170,00	R\$ 3.225,53	R\$ 2.088.356,16	R\$ 1.115.380,00	R\$ 256.656,74	R\$ 3.113.991,68	R\$ 1.372.037	R\$ 5.489.901
14000 - 17500	R\$ 170.026,04	R\$ 19.358,04	R\$ 98.932,07	R\$ 3.225,53	R\$ 2.192.773,97	R\$ 1.115.380,00	R\$ 272.056,14	R\$ 110.275,83	R\$ 1.387.436	R\$ 2.594.591
17500 - 21000	R\$ 156.498,17	R\$ 17.094,66	R\$ 119.472,77	R\$ 3.225,53	R\$ 2.302.412,67	R\$ 1.115.380,00	R\$ 288.379,51	R\$ 37.442,12	R\$ 1.403.760	R\$ 2.636.146
21000 - 24500	R\$ 89.738,60	R\$ 23.609,54	R\$ 60.457,82	R\$ 3.225,53	R\$ 2.417.533,30	R\$ 1.115.380,00	R\$ 305.682,28	R\$ 552.654,32	R\$ 1.421.062	R\$ 3.147.219

Fonte: Pesquisa Direta (2018).

### 4.3.2 Cálculo do Custo Anual Uniforme Equivalente - CAUE

Para o cálculo do CAUE é necessário ter algumas informações sobre as características financeiras do ativo e do mercado, que seguem abaixo.

Tabela 17 – Informações Características para o Cálculo do CAUE.

Valor Equipamento	R\$ 9.031.477,62
Taxa Perda Valor	20,00%
Taxa de Atratividade	11,96%
Depreciação em anos	21
Depreciação (%)	4,76%
Recuperação de tributos	34,00%

Fonte: Pesquisa Direta (2018).

Com esses dados, foi possível calcular:

1. O Valor Salvado: Consiste no valor de compra do ativo no ano 0 até o valor atual baseado na taxa de 20% de perda do valor, a fórmula utilizada para se calcular é dada por:

$$\text{Valor Equipamento} \times (1 - \text{Taxa Perda Valor}) \quad (05)$$

2. A Perda de Valor do Ativo: A diferença do valor salvado de cada ano sucessivamente;
3. Depreciação: O valor de compra submetido a depreciação a cada ano. Para o horímetro de 3500 horas, o valor será apenas o Valor Equipamento vezes a taxa de Depreciação, para os anos posteriores é dada pela fórmula do *Excel*:

$$= SE ((\text{Valor Salvado ano } 0 - \text{Depreciação ano } n - 1, n) > 0; \text{Depreciação ano } n; 0) \quad (06)$$

4. Benefícios Fiscais: O valor depreciado na influência da taxa de recuperação de tributos e foi calculado como o valor da Depreciação em cada ano multiplicado pela taxa de tributos;
5. O Custo de Capital: Se resume na taxa de retorno para manter o valor de mercado da frota e pode ser calculado para cada ano como o valor da Perda de Valor do Ativo subtraído do Valor dos Benefícios Fiscais;

6. VPL Custo de Capital: O Valor Presente Líquido do Custo de Capital considerando a taxa de atratividade e o ano, dado pela fórmula:

$$\frac{\text{Custo de Capital}}{(1+\text{Taxa de Atratividade})^{\text{ano}}} \quad (07)$$

7. CAUE do Custo de Capital: O custo anual único equivalente do custo de capital sob a influência da taxa de atratividade e o ano, calcula-se utilizando a fórmula:

$$\text{Acumulado VPL Custo de Capital} \times \frac{\text{Taxa de Atratividade} \times (1+\text{Taxa de Atratividade})^{\text{ano}}}{(1+\text{Taxa de Atratividade})^{\text{ano}-1}} \quad (08)$$

8. VPL do Custo Operacional: Consiste no valor líquido do operacional total que é a soma do custo de manutenção e custo de operação, é dado pela fórmula:

$$\frac{\text{Custo Operacional no ano } n}{(1+\text{Taxa de Atratividade})^{\text{ano } n}} \quad (09)$$

9. CAUE do Custo Operacional: O custo Anual único equivalente do custo operacional sob a influência da taxa de atratividade e o ano, dado por:

$$\text{Acumulado VPL Custo Operacional} \times \frac{\text{Taxa de Atratividade} \times (1+\text{Taxa de Atratividade})^{\text{ano}}}{(1+\text{Taxa de Atratividade})^{\text{ano}-1}} \quad (10)$$

Tabela 18 - CAUE da frota de Motoniveladoras 24M

Horimetro acumulado	Ano	Valor salvado	Perda de valor do ativo	Depreciação	Benefícios Fiscais	Custo de Capital	VPL Custo de Capital	Acumulado VPL Custo de Capital	CAUE do custo de capital	Custo de Manutenção	Custo de Operação	Custo Operacional (TOTAL)	VPL do custo operacional	Acumulado VPL custo operacional	CAUE do custo operacional	CAUE total do equipamento	ANO	Horas
	0	R\$ 9.031.477,62				R\$ 9.031.477,62											0	
3500	1	R\$ 7.225.182,10	R\$ 1.806.295,52	R\$ 430.070,36	R\$ 146.223,92	R\$ 10.691.549,22	R\$ 9.549.436,60	R\$ 9.549.436,60	R\$ 1.278.709,29	R\$ 1.947.080,34	R\$ 1.330.873,95	R\$ 3.277.954,28	R\$ 2.927.790,54	R\$ 2.927.790,54	R\$ 392.043,33	R\$ 1.670.752,62	1	3500
7000	2	R\$ 5.780.145,68	R\$ 1.445.036,42	R\$ 430.070,36	R\$ 146.223,92	R\$ 1.298.812,50	R\$ 1.036.145,34	R\$ 10.585.581,94	R\$ 1.417.453,46	R\$ 2.232.199,32	R\$ 1.343.803,58	R\$ 3.576.002,90	R\$ 2.852.804,97	R\$ 5.780.595,51	R\$ 774.045,79	R\$ 2.191.499,24	2	7000
10500	3	R\$ 4.624.116,54	R\$ 1.156.029,14	R\$ 430.070,36	R\$ 146.223,92	R\$ 1.009.805,21	R\$ 719.530,05	R\$ 11.305.112,00	R\$ 1.513.801,53	R\$ 3.386.961,17	R\$ 1.357.509,00	R\$ 4.744.470,17	R\$ 3.380.640,97	R\$ 9.161.236,48	R\$ 1.226.727,68	R\$ 2.740.529,20	3	10500
14000	4	R\$ 3.699.293,23	R\$ 924.823,31	R\$ 430.070,36	R\$ 146.223,92	R\$ 778.599,38	R\$ 495.521,49	R\$ 11.800.633,49	R\$ 1.580.153,92	R\$ 5.489.901,05	R\$ 1.372.036,74	R\$ 6.861.937,79	R\$ 4.367.120,92	R\$ 13.528.357,40	R\$ 1.811.503,33	R\$ 3.391.657,25	4	14000
17500	5	R\$ 2.959.434,59	R\$ 739.858,65	R\$ 430.070,36	R\$ 146.223,92	R\$ 593.634,72	R\$ 337.446,44	R\$ 12.138.079,93	R\$ 1.625.339,40	R\$ 2.594.591,48	R\$ 1.387.436,14	R\$ 3.982.027,63	R\$ 2.263.548,58	R\$ 15.791.905,98	R\$ 2.114.601,90	R\$ 3.739.941,30	5	17500
21000	6	R\$ 2.367.547,67	R\$ 591.886,92	R\$ 430.070,36	R\$ 146.223,92	R\$ 445.662,99	R\$ 226.271,18	R\$ 12.364.351,11	R\$ 1.655.638,05	R\$ 2.636.145,91	R\$ 1.403.759,51	R\$ 4.039.905,42	R\$ 2.051.133,18	R\$ 17.843.039,16	R\$ 2.389.257,17	R\$ 4.044.895,22	6	21000
24500	7	R\$ 1.894.038,14	R\$ 473.509,53	R\$ 430.070,36	R\$ 146.223,92	R\$ 327.285,61	R\$ 148.418,04	R\$ 12.512.769,14	R\$ 1.675.511,84	R\$ 3.147.219,11	R\$ 1.421.062,28	R\$ 4.568.281,39	R\$ 2.071.632,04	R\$ 19.914.671,19	R\$ 2.666.657,32	R\$ 4.342.169,16	7	24500
28000	8	R\$ 1.515.230,51	R\$ 378.807,63	R\$ 430.070,36	R\$ 146.223,92	R\$ 232.583,70	R\$ 94.205,48	R\$ 12.606.974,62	R\$ 1.688.126,35	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 19.914.671,19	R\$ 2.666.657,32	R\$ 4.354.783,66	8	28000
31500	9	R\$ 1.212.184,41	R\$ 303.046,10	R\$ 430.070,36	R\$ 146.223,92	R\$ 156.822,18	R\$ 56.733,75	R\$ 12.663.708,37	R\$ 1.695.723,23	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 19.914.671,19	R\$ 2.666.657,32	R\$ 4.362.380,55	9	31500

Fonte: Pesquisa Direta (2018).

Após esses cálculos, foi gerado o gráfico dessa análise.

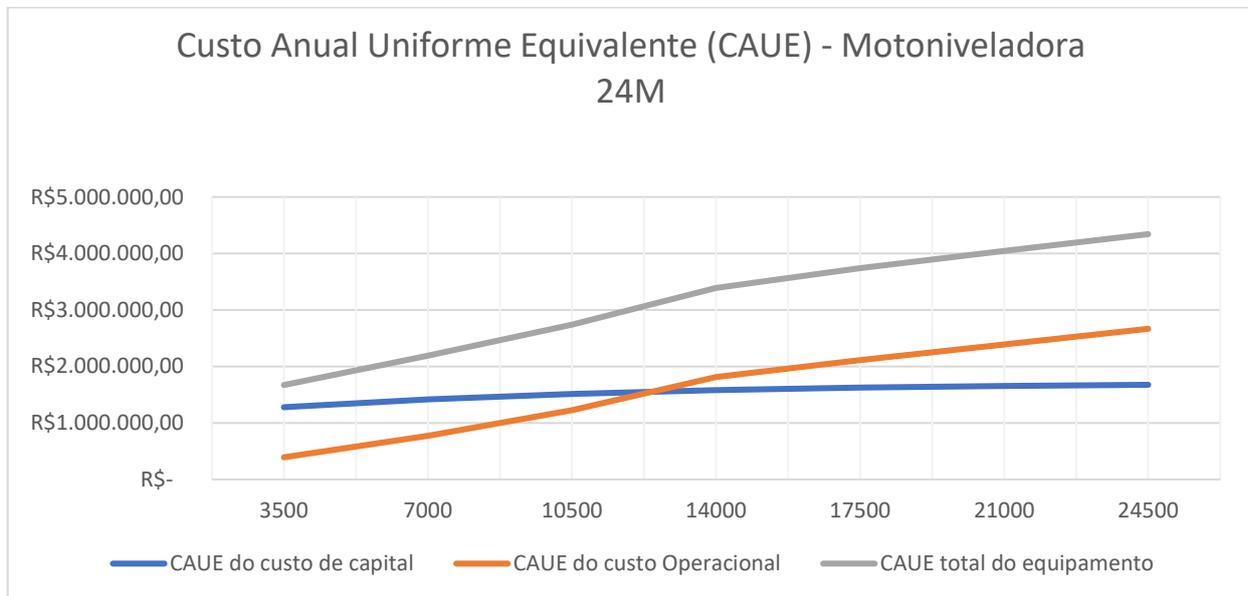


Figura 8 – Resumo do Custos da Frota de Motoniveladora 24M

Fonte: Pesquisa Direta (2018).

Do gráfico, pode-se visualizar que entre 10.500 horas e 14.000 horas, aproximadamente em 12.250 horas as curvas do CAUE total do equipamento cresce, assim como o CAUE do Custo Operacional.

Entretanto, essa frota não atingiu a maturidade, pois as motoniveladoras MN-2403 e MN-2404 são as mais antigas que começaram a funcionar no último trimestre de 2014 e as motoniveladoras MN-2405, MN-2406 e MN-2407 começaram a rodar no último trimestre de 2015. Esse fato explica o motivo do menor custo está entre o terceiro e quarto ano de funcionamento da frota.

Foi feito essa análise para uma frota de Caminhões fora de estrada modelo 793Fda Caterpillar que estão há mais de 20 anos de operação na mineradora em questão e o gráfico considerado ideal contém curvas que decrescem com o aumento da vida do ativo.

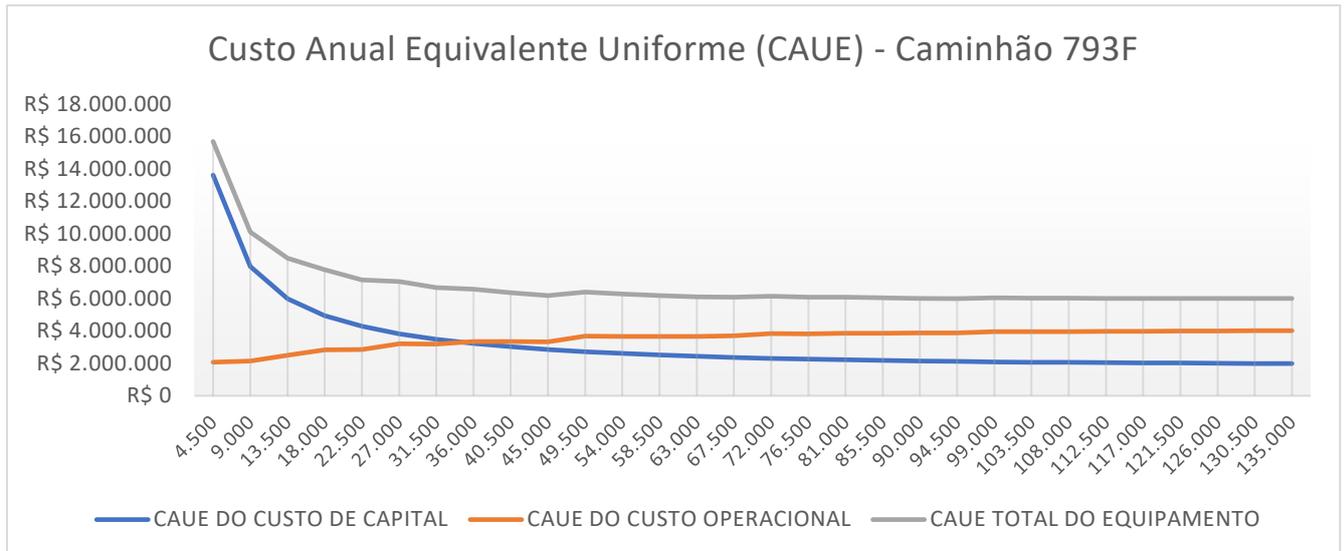


Figura 9 - Resumo do Custos da Frota de Caminhões 793F

Fonte: Companhia Siderúrgica Nacional (2018).

A vida econômica dessa frota é de 21 anos, com a janela de troca entre 90.000 e 94.500 horas e o menor custo equivalente é de R\$ 5.991.486,07, enquanto a da frota de motoniveladora tem o menor custo equivalente é de R\$ 1.670.752,62, o que evidencia o quanto a frota ainda está na fase inicial de funcionamento com poucas falhas e portanto menores gastos com a manutenção.

É importante pontuar que são máquinas diferentes, mas o que se compara nesse trabalho é o formato de uma curva ideal para prever o menor custo anual equivalente.

## **5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **5.1 Conclusão**

A técnica do *Life Cycle Component* e a metodologia CAUE contribui na análise de substituição de uma frota, pois identificam todos os custos da frota com a operação, manutenção, mão de obra, combustível e entre outros e consolidando esses custos é possível ver o valor do ativo a cada ano e sua perda de valor consequentemente.

A importância desse acompanhamento e análise dos custos é vital para empresas evitarem gastos desnecessários com manutenções em ativos no final da sua vida econômica e assim podem investir em estratégias de vendas desses ativos.

Os resultados não foram conclusivos para tal frota devido a sua imaturidade, dado que estão em operação com um tempo de menos de 5 anos e o menor custo equivalente é de R\$ 1.670.752,62, o que evidencia o quanto a frota ainda está na fase inicial de funcionamento com poucas falhas e portanto menores gastos com a manutenção.

### **5.2 Sugestão para próximos trabalhos**

Para futuros trabalhos, sugere-se que seja aplicado essa técnica para frotas com vida acima de 15 anos, pois assim o ativo estará atingindo ou já estará na maturidade e com gastos mais constantes.

Assim como também é importante conferir a confiabilidade dos dados coletados, pois muitos dados utilizados nesse trabalho vieram de terceiros e outros setores da mineradora.

A partir deste trabalho pode-se derivar outros estudos como A Confiabilidade dos Dados de Horímetro e Custos de Peças e Componentes de uma Frota de Motoniveladoras; e Aplicação da Técnica de LCC e Metodologia CAUE na substituição de Frotas Maduras.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

XENOS, H. G. *Gerenciando a Manutenção Produtiva*. Editora de Desenvolvimento Gerencial. Belo Horizonte, 1998.

MOUBRAY, J. *Reliability-Centered Maintenance*. Industrial Press Inc. New York, 1992.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITTKE, Bruno Hartmut. *Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial*. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIL, Antonio Carlos. *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). *Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira*. Disponível em:  
<<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002806.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2019.

CRUZ, Vitor Nunes; FERNADES June Marques; REIS, Luciana Paula. *Análise do Processo de Substituição de Equipamentos Por Meio do Método CAUE Em Uma Mineradora de Grande Porte*. XXXV Encontro Nacional De Produção. Fortaleza, 2015.

SAMANEZ, Carlos Patrício. *Engenharia econômica*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LUSTOSA, L.; MESQUITA, M.A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. *Planejamento e Controle da Produção*. Editora Elsevier. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO (ABRAMAN). *A situação da manutenção no Brasil*. São Paulo, 2002.

TAVARES, L.A; CALIXTO, M; POYDO, P.R. *Manutenção centrada no negócio*. Novo Polo. Rio de Janeiro, 2005.

SIQUEIRA, I.P. *Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação*. Qualitymark. Rio de Janeiro, 2005.

KARDEC, A. XAVIER, J.A.N. *Manutenção: Função Estratégica*. Qualitymark. Rio de Janeiro, 2009.

CAMPBELL, J.D. ANDREW K.S. *Maintenance excellence: optimizing equipment life-cycle decisions*. Marcel Dekker, Inc, 2001.

VEY, Ivan Henrique; ROSA Robson Machado. *Utilização do Custo Anual Uniforme Equivalente na Substituição de Frota em Empresas de Transporte de Passageiros*. Revista Eletrônica de Contabilidade Curso de Ciências Contábeis UFSM. Santa Maria, 2004.

CAVENDER, B. *Mineral Production Costs: Analysis and Management*. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. Littleton, 1999.