



**JOÃO PEDRO ROSA ALMEIDA  
PEDRO ARTHUR REZENDE  
MENDES**

**PULVERIZADORES AUTOPROPELIDOS:  
INTERFERÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE TRABALHO  
NOS RESULTADOS**

**LAVRAS-MG  
2023**

**JOÃO PEDRO ROSA ALMEIDA  
PEDRO ARTHUR REZENDES  
MENDES**

**PULVERIZADORES AUTOPROPELIDOS: INTERFERÊNCIA DAS  
CONDIÇÕES DE TRABALHO NOS RESULTADOS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Rafael de Oliveira Faria  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2023**

**JOÃO PEDRO ROSA ALMEIDA  
PEDRO ARTHUR REZENDES  
MENDES**

**PULVERIZADORES AUTOPROPELIDOS: INTERFERÊNCIA DAS  
CONDIÇÕES DE TRABALHO NOS RESULTADOS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Rafael de Oliveira Faria  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a todos nossos amigos e familiares que com o apoio deles conseguimos chegar até esse momento. Como também todo o corpo docente do Departamento de Engenharia Agrícola e funcionário do departamento de Mecanização Agrícola, que esteve presente durante a nossa formação. Ao Grupo de Estudos em Máquinas e Mecanização Agrícola (GEMMA), pelo companheirismo e ensinamentos, e ao Grupo Schmidt que forneceu as informações necessárias para a realização desse trabalho de conclusão de curso, de modo especial a toda coordenação de mecanização agrícola. Agradecemos também ao Prof. Dr. Rafael de Oliveira Faria.

## RESUMO

O Brasil tem experimentado um grande crescimento na produção agrícola, e a aplicação de defensivos por meio de pulverizadores autôpropelidos é uma parte crucial desse processo. Para garantir a eficiência dessas máquinas, é importante que elas realizem suas tarefas nos intervalos corretos, sem atrasos. Isso significa que as máquinas precisam de manutenção regular e planejamento preventivo para evitar a quebra e o desgaste excessivo de seus elementos. Este trabalho tem como objetivo comparar as análises de óleos de quatro pulverizadores agrícolas autôpropelidos com os dados de trabalhos e danos já ocorridos, a fim de antecipar e planejar melhor a manutenção preventiva. Os dados foram coletados da empresa AGROSUL, revendedora da John Deere na Bahia, e filtrados pelo usuário por meio das plataformas SOLINFTEC e OPERATION CENTER. Os resultados encontrados foram um provável intervalo de troca de óleo do motor maior e um desgaste crítico nos cubos das rodas sendo necessário uma maior atenção na manutenção preventivas destes compartimentos para evitar futuras quebras.

**Palavras-chave:** Pulverizador. Manutenção. Telemetria. Análise.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –Foto da entrada da sede .....	18
Figura 2 – Pulverizadores M4040 .....	18
Figura 3 – Planilha de revisões preventivas .....	22
Figura 4 – Serviço e intervalos de serviços 4730 .....	23
Figura 5 – Serviço e intervalos de serviços M4040.....	23
Figura 6 – Serviço e intervalos de serviços maiores horas M4040 .....	23
Figura 7 – Plataforma de navegação de dados filtrados de operação .....	25
Figura 8 – Plataforma de navegação de dados filtrados das análises de óleo .....	26

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificações técnicas do pulverizador 4730 .....	19
Tabela 2 – Especificações das reduções finais pulverizador 4730.....	19
Tabela 3 – Velocidade de deslocamento pulverizador 4730 .....	19
Tabela 4 – Especificações do sistema hidráulico do pulverizador 4730 .....	19
Tabela 5 – Especificações do sistema hidroestático do pulverizador 4730.....	20
Tabela 6 – Especificações técnicas do pulverizador M4040.....	20
Tabela 7 – Especificações das reduções finais do pulverizador M4040 .....	20
Tabela 8 –Velocidade de deslocamento pulverizador M4040.....	21
Tabela 9 – Especificações do sistema Hidráulico do pulverizador M4040 .....	21
Tabela 10 – Resultados das análises de óleo de pulverizador Pu03 .....	21
Tabela 11 – Resultados das análises de óleo de pulverizador Pu04 .....	21
Tabela 12 – Resultados das análises de óleo de pulverizador Pu08 .....	21
Tabela 13 – Resultados das análises de óleo de pulverizador Pu09 .....	21

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Horas de funcionamento do motor .....	27
Gráfico 2 – Fator de carga médio do motor(%).....	27
Gráfico 3 – Velocidade média(Km/h) .....	28
Gráfico 4 – Rotação média (rpm) .....	28
Gráfico 5 – Temperatura do óleo hidráulico (°C) .....	29
Gráfico 6 – Saúde da máquina.....	29

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Pulverizadores.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2 Manutenção .....</b>	<b>3</b>
<b>2.3 Corretiva.....</b>	<b>3</b>
<b>2.4 Preventiva .....</b>	<b>4</b>
<b>2.5 Preditiva.....</b>	<b>4</b>
<b>2.6 Óleo lubrificante.....</b>	<b>5</b>
<b>2.7 Desgaste.....</b>	<b>6</b>
<b>2.8 Análise de Óleo.....</b>	<b>6</b>
<b>2.9 Plataformas Digitais.....</b>	<b>6</b>
<b>2.9.1 Solinftec.....</b>	<b>6</b>
<b>2.9.2 Operations Center (John Deere).....</b>	<b>7</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 Localização e caracterização do local .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2 Caracterização dos pulverizadores autopropelidos .....</b>	<b>8</b>
<b>3.3 Plano de Manutenção .....</b>	<b>11</b>
<b>3.4 Aquisição e análise de dados.....</b>	<b>13</b>
<b>3.4.1 Dados operacionais .....</b>	<b>14</b>
<b>3.4.2 Dados da análise de óleo.....</b>	<b>14</b>
<b>4 Resultado e Discussão .....</b>	<b>15</b>
<b>4.1 Parâmetros gerais da máquina em operação.....</b>	<b>15</b>
<b>4.2 Parâmetros da análise de óleo .....</b>	<b>19</b>
<b>4.3 Análise de comparação.....</b>	<b>26</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>27</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Tendo em vista toda tecnologia hoje aplicada à agricultura devido ao potencial produtivo e eficiência desejada pelos produtores, as máquinas e operações deve ser o mínimo interrompidos para a realização das atividades. Para isso, o uso de ferramentas tecnológicas facilita o trabalho, como o uso do serviço de telemetria para compartilhar informações de trabalho das máquinas, análises de óleos lubrificantes para verificar possíveis contaminações ou excesso de algum material que mostra desgastes dos elementos das máquinas ligados à danos já registrados, faz criar possibilidades para mudanças de atividades que danificam menos e paradas programadas para manutenções que traz menos prejuízos.

Os pulverizadores agrícolas no Brasil surgiram na década de 1950, com a popularização da agricultura mecanizada no país. Inicialmente, eram pulverizadores manuais simples, mas com o passar dos anos foram se tornando cada vez mais sofisticados, incluindo avanços tecnológicos como, automação, sistemas de direção, localização e dosagem precisos. Isso foi graças ao acelerado processo de crescimento da agricultura brasileira que também necessitou da modernização, fato decorrente do gradativo potencial de crescimento e rápida substituição da mão-de-obra braçal do campo pela mão-de-obra mecanizada (MADEIRA, 2011).

Atualmente, os pulverizadores são amplamente utilizados em todo o país, por contribuir no aumento da produção agrícola e na qualidade dos cultivos. O incremento das áreas, número de cultivos dentro do ano agrícola faz se tornar cada vez maior o tempo de operações agrícolas no campo, isso exige das máquinas maior eficiência e uso. Porém traz maior desgaste e quebra da máquina, que necessita ser corrigido principalmente com manutenção preventiva, para prever o quanto antes as paradas, afim de minimizar os prejuízos e perda de tempo.

Com isso, o objetivo principal desse trabalho é comparar análises de óleos lubrificantes de dois pulverizadores autopropelidos JOHN DEERE 4730 e dois pulverizadores autopropelidos M4040. Com base nos dados coletados e nas condições de trabalho, o objetivo é antecipar, prolongar e planejar possíveis manutenções preventivas nos elementos das máquinas em serviço, a fim de minimizar paradas inesperadas devido a danos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Pulverizadores

O uso de máquinas agrícolas tem aumentado ao longo do tempo com o desenvolvimento da mecanização na agricultura. Esse progresso tem sido necessário para produzir em larga escala e garantir a alimentação da população (EMBRAPA, 2021). Entre as diversas máquinas e implementos agrícolas disponíveis, os pulverizadores agrícolas são especialmente importantes, já que o controle de pragas e doenças é fundamental para a obtenção de uma colheita saudável e de qualidade.

Estes são máquinas ou equipamentos utilizados na distribuição de substâncias líquidas agroquímicas, nutrientes e fertilizantes em lavouras, por meio de gotículas que facilitam a absorção destas pelas plantas, além de propiciar uma cobertura mais uniforme e eficiente na cultura. Na agricultura existem diversos tipos de pulverizadores, sendo utilizados de acordo com a necessidade e disponibilidade de recursos financeiros do agricultor (NEUFEL, 2021).

Alguns autores destacam que os principais tipos de pulverizadores são costais, motorizados, tratorizados, autopropelidos e aéreos (BALASTRAIRE, 2004; ARAÚJO, 2016; PINTO, 2021). O pulverizador costal e o motorizado são equipamentos mais compactos e que necessitam de operador para o deslocamento, sendo que o primeiro pode ser manual, elétrico ou a combustível, e o segundo, caracterizado por um motor de combustão interna, para acionamento da bomba que fornece pressão para aplicação de produto (BALASTRAIRE, 2004; PINTO, 2021). Os tratorizados são sustentados e acionados pela potência fornecida por um trator, e os aéreos são basicamente pulverizadores acoplados em aviões. Já os autopropelidos, são máquinas com capacidade de deslocamento sem necessidade de forças externas, podendo ser projetados de diferentes formas, para atender as necessidades de aplicação de acordo com a cultura (ARAÚJO, 2016).

A pulverização é uma das operações agrícolas mais importantes para o sucesso da produção, por isso é importante ressaltar a importância da manutenção adequada dos equipamentos, para garantir eficiência na aplicação e reduzir a possibilidade de paradas inesperadas por danos mecânicos ou falhas de operação. O uso inadequado de defensivos agrícolas, devido à falha de manutenção ou calibração dos pulverizadores pode causar danos à saúde humana, ao meio ambiente e à cultura implantada. Por isso, é importante garantir que os pulverizadores estejam sempre em boas condições de funcionamento e sejam devidamente calibrados (MARTINI, 2017).

## **2.2 Manutenção em sistemas mecanizados**

De acordo com a ABNT NBR 5462/1994 a manutenção é toda intervenção técnica e administrativa, destinada a manter ou recolocar um item em seu estado de operação requerido.

A manutenção é fundamental para garantir o funcionamento adequado dos mecanismos, pois sem ela, a máquina pode parar, interrompendo os ciclos de produção e reduzindo a produtividade, o que pode gerar prejuízos (MARTINI et al., 2017). Existem diferentes tipos de manutenção, incluindo a corretiva, preventiva e preditiva, cada uma com suas particularidades e benefícios para melhorar a vida útil e programar paradas para ajustes ou trocas (GIMENEZ; MILAN; ROMANELLI, 2016).

## **2.3 Manutenção corretiva**

Manutenção corretiva é uma atividade que busca corrigir um problema já existente na máquina ou equipamento, sendo realizada quando uma falha ou quebra inesperada ocorre. Essa modalidade de manutenção costuma ser dispendiosa, por exigir que sejam tomadas medidas imediatas para reparar o equipamento e colocá-lo de volta em operação. (NETO, 2014).

Geralmente, a manutenção corretiva é realizada em equipamentos que apresentam desgaste natural de seus componentes, o que pode ser agravado por fatores como o uso inadequado, falta de manutenção preventiva ou mesmo o tempo de uso. Esses problemas podem levar a um mal funcionamento ou parada total do equipamento (GALÉ, 2019).

Existem duas modalidades de manutenção corretiva planejada e a não planejada. A não planejada é aquela que ocorre de forma emergencial, ou seja, quando um equipamento apresenta uma falha inesperada e não pode mais operar. Já a manutenção corretiva planejada é realizada quando se tem conhecimento antecipado de que um determinado componente irá falhar ou que uma intervenção corretiva será necessária (XENOS, 2004).

Apesar de a manutenção corretiva ser vista como uma solução imediata para problemas, ela pode gerar alguns impactos negativos, como a perda de tempo de produção e a necessidade de reparos mais complexos e onerosos. Por isso, é importante que as empresas busquem realizar manutenções preventivas e preditivas, a fim de evitar que os equipamentos cheguem a um ponto de falha total e tenham que passar por manutenções corretivas (LAFRAIA, 2014).

## **2.4 Preventiva**

Ao contrário da manutenção corretiva, a preventiva fará de tudo para prevenir a

ocorrência de falhas dos equipamentos e máquinas. Sua origem surgiu por volta dos anos 30, para manter a competitividade e disponibilidade de produção com o aumento da demanda, os equipamentos e máquinas necessitou de uma maior estabilidade de funcionamento e confiabilidade (PEREIRA, 2011).

A prevenção pode ser realizada antes que uma falha ocorra, com o objetivo de evitar paradas inesperadas e prejuízos decorrentes de uma possível quebra do equipamento. Essa manutenção envolve ações programadas, como inspeções periódicas, troca de peças desgastadas e ajustes necessários para manter a operação da máquina dentro dos parâmetros adequados (LAFRAIA, 2014). Pode ser realizada de forma sistemática ou baseada em análises técnicas, como a análise de vibração, análise de óleos lubrificantes, termografia, entre outras. Com essa abordagem, é possível identificar sinais de desgaste ou falha antes que o problema se torne mais grave e afete a operação do equipamento.

A adesão da manutenção preventiva é uma maneira de reduzir os principais custos associados a falhas e tempo de inatividade de equipamentos, além de contribuir para o aumento a vida útil do equipamento, reduzindo ainda os custos de manutenção a longo prazo (PRASS, NUNES, 2019).

## **2.5 Preditiva**

A manutenção preditiva, também conhecida como manutenção baseada em condição, é um tipo de manutenção que busca antecipar possíveis falhas ou quebras de equipamentos a partir da análise de critérios pré-definidos, durante o funcionamento da máquina (LEÓN e LEITE, 2020).

A ideia da manutenção preditiva é prever o momento em que um componente da máquina pode falhar, antes mesmo que ocorra uma parada inesperada, por meio de medições periódicas, análise de vibrações, temperatura, pressão, consumo de energia, entre outros parâmetros (VIANA, 2012). Devido a esses fatos, na questão produtiva essa manutenção entrega melhores resultados, sendo mais eficiente nesse quesito. Entretanto, a desvantagem é a necessidade de determinar a frequência ideal de manutenção das peças (PRASS e NUNES, 2019).

Com base nessas informações, é possível planejar intervenções programadas e corretivas no equipamento, evitando interrupções desnecessárias na produção e reduzindo o tempo de inatividade da máquina. Além disso, a manutenção preditiva também contribui para aumentar a vida útil dos equipamentos, reduzir os custos de manutenção e aumentar a segurança dos operadores.

Para implementar a manutenção preditiva, é necessário utilizar sensores e

instrumentos de medição para coletar dados durante o funcionamento do equipamento. Em seguida, os dados são analisados por meio de software de análise de dados, que identifica possíveis anomalias e padrões que possam indicar falhas iminentes. A partir daí, é possível planejar as intervenções necessárias para evitar que as falhas ocorram.

A análise de óleo pode ser utilizada para diversos fins, como a detecção de desgaste de componentes, a identificação de problemas de lubrificação, a prevenção de falhas de equipamentos, entre outros. No caso específico de equipamentos agrícolas, a análise de óleo pode ajudar a detectar problemas em motores, transmissões, caixas de câmbio, sistemas hidráulicos, entre outros (KIMURA, 2010).

## **2.6 Análise de Óleo como indicador temporal de manutenção**

No geral, todas as máquinas geram movimento ou então para o seu funcionamento, apresenta alguma forma de atrito e é necessário a utilização de um óleo lubrificante com intuito de amenizar o atrito entre as peças. Porém há demais funções especiais como e evitar o desgaste, proteção contra corrosão, amenizar a temperatura de operação dos equipamentos e troca de calor, limpeza de componentes entre outros (AZEVEDO, 2005).

Os óleos são classificados de acordo com sua viscosidade, composição, como outras características. Este tipo de lubrificante pode ser subdividido em: óleos minerais, óleos graxos, óleos compostos, óleos aditivados e óleos sintéticos (LAGO, DANIEL FABIANO, 2007). Assim são adicionados aditivos em várias proporções para adquirir melhores propriedades necessárias para cada tipo e necessidade específica (CERQUEIRA, 2004).

Em um estudo realizado por Silveira et al (2010) avaliou óleos lubrificantes usados em motores de ônibus de transporte público urbano, concluindo que o aumento dos teores de alguns metais mostra que há relação com a qualidade das peças e percursos por onde desloca.

De acordo com Ladeira et al. (2017) por meio da análise de óleos lubrificantes e líquidos de arrefecimento, pode-se presumir as condições protetoras do fluido e o nível de desgaste de componentes como transmissões, motores diesel e seus componentes e sistemas hidráulicos.

## **2.7 Desgaste mecânico de componentes e sistemas mecanizados**

O desgaste é ocorrido de acordo que ocorre o movimento na peça ou corpo, ocorrendo perda de matéria e causando irregularidades (MORAES, 1996). São características indesejáveis para as operações e máquinas agrícolas, pois ocorre a danos e

manutenções que atrasa no serviço. De forma científica, o que também acontece em uma superfície de material é uma modificação química de materiais bases ocorrendo corrosão e mudanças (STOETERAU & LEAL, 2004).

A definição do que define o tipo de desgaste é a superfície em que o material está e os tipos de desgastes são classificados por desgaste abrasivo, adesivo erosivo e corrosivo (BUCKEY, 1981; STOETEAL, 2004). Em máquinas agrícolas, desgaste abrasivos ocorrido por partículas é um problema industrial e é necessário um entendimento dos efeitos sistêmicos para entender as medidas necessárias em projetos agrícolas (STACHOWIAK, 2001).

Estudos sobre maquinários agrícolas mostram que maior parte de manutenções são devido a desgastes de peças, cerca de 90% dessas peças são substituídas devido ao excesso de desgaste e desses 80% é desgaste abrasivo (BROZEK, 2012).

## **2.8 Análise de óleo**

A análise de óleos hidráulicos é uma das técnicas utilizadas na manutenção preditiva. Ela consiste em analisar o óleo hidráulico utilizado em equipamentos e máquinas para identificar possíveis problemas e desgastes que possam ocorrer no futuro.

Essa técnica é baseada na análise química e física do óleo, e pode fornecer informações sobre o estado de componentes críticos da máquina, como rolamentos, engrenagens, bombas e válvulas. Além disso, a análise de óleos hidráulicos também pode detectar a presença de contaminações, como água, partículas metálicas e outros elementos que possam prejudicar o funcionamento do equipamento (CARRETEIRO, 2006)

A análise de óleos hidráulicos é realizada por laboratórios especializados, que utilizam equipamentos específicos para identificar as condições do óleo. Os principais tipos de análises são a ferrografia, que analisa as partículas encontradas em suspensão nos lubrificantes, e assim identificar as condições de desgaste dos componentes de máquinas e equipamentos, a espectrometria, usada para detectar elementos químicos presentes no óleo, a análise de contaminações, identificando a presença de substâncias que podem contaminar o sistema, e por fim, análises físico-químicas, avaliando as condições do lubrificante pontualmente ou periodicamente, para o controle e gerenciamento da manutenção (PAGLIARINI, 2020).

Com base nos resultados das análises, é possível programar intervenções preditivas, como a troca de peças desgastadas ou a realização de manutenções preventivas antes que ocorram falhas críticas. Isso permite que as máquinas operem com maior confiabilidade e disponibilidade, reduzindo os custos de manutenção e aumentando a produtividade. (ARAÚJO, OLIVEIRA, JÚNIOR, MACHADO, 2019).

## **2.9 Plataformas digitais**

### **2.9.1 Solinftec**

A Solinftec, empresa brasileira que foi fundada em 2007 por engenheiros de automação cubanos, desenvolvida para atuação no agronegócio, atuando em mais de 09 milhões de hectares espalhados em 11 países pelo todo o mundo (SOLINFTEC, 2022).

A plataforma é usada principalmente no gerenciamento de lavouras, utilizando inteligência artificial, auxiliando nas tomadas de decisões, detecção de problemas, armazenamento de dados e avisos, entre outras atividades que visa sempre o melhor aproveitamento da máquina, conciliando o software, a conectividade da rede com sensores espalhado pela máquina e sua armazenagem (SOLINFTEC, 2022).

### **2.9.2 Operation Center (John Deere)**

John Deere Operations Center é um sistema de gerenciamento de fazenda online, que entrega informações na plataforma do software em tempo integral. A conectividade das máquinas hoje em dia garante uma maior eficiência de operação e rendimento aos produtores. O Operations entrega informações para analisar, editar mudanças na realização do trabalho, possibilitando tomadas de decisão. Dessa forma o sistema propicia a obtenção de maiores rendimentos, reduções nos custos de produção e antecipação das manutenções das máquinas, evitando assim paradas inesperadas das operações (DEERE, COMPANY, 2023).

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Localização e caracterização do local**

Schmidt Agrícola é um grupo localizado no Oeste Baiano, caracterizado pelo clima predominante Tropical Continental e relevo composto por duas unidades, a Depressão Sertaneja e o Chapadão Ocidental do São Francisco. Atualmente eles possuem em torno de 30 mil hectares destinados para grãos e fibras, divididos em seis fazendas na proximidade de Luís Eduardo Magalhães-Bahia.

Este estudo foi realizado na Fazenda Orquídea, delimitada pelas coordenadas 11°50'34"/46°14'39", com os pulverizadores modelo 4730, e na Fazenda Rio de Janeiro, localizada a 11°53'34"/46°1'2", com modelo M4040.

### **3.2 Caracterização dos pulverizadores autopropelidos**

Para este trabalho foram utilizados dois pulverizadores do modelo John Deere 4730

Motor	John Deere, diesel em linha, 4válvulas
Taxa de compressão	17:1
Potência a 2200 rpm	205KW (275hp)
Velocidade em marcha lenta	900 rpm
Marcha lenta Alta (sem carga)	2400 rpm
Reduções Tipo (cubos)	Mecanismo planetário, banhado a óleo
Relação de marcha (CubosDianteiros)	23,5:1
Relação de marcha (CubosTraseiros)	30,3:1
1ª Faixa de Velocidade	20,5 Km/h 5,56 m/s
2ª Faixa de Velocidade	26 Km/h 7,22 m/s
3ª Faixa de Velocidade	32 Km/h 8,89 m/s
4ª Faixa de Velocidade	47 Km/h 13,05 m/s
Bomba hidráulica	Pistão Axial
Pressão de Trabalho Máxima	20700 kPa (207 bar) (3002 psi)
Capacidade de calda no tanque	4000 l
Largura da barra	30,0 m

e dois pulverizadores autopropelidos do modelo John Deere M4040.

Figura 2 – Foto pulverizadores M4040.



Fonte: Do Autor (2023).

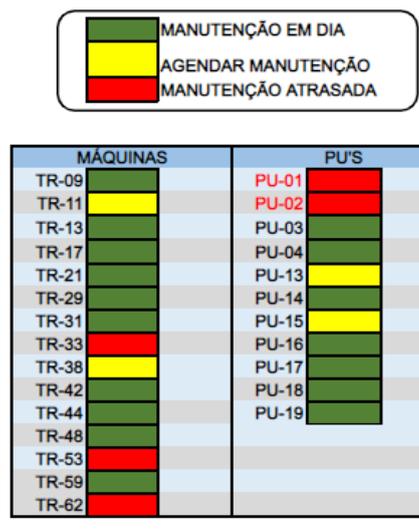
Tabela 2 – Especificações das reduções finais pulverizador 4730

### 3.3 Planos de Manutenção

No grupo Schmidt Agrícola, as manutenções eram definidas a partir dos manuais das máquinas e realizadas internamente quando estas saiam do período de garantia. Uma planilha virtual, vinculada com o programa do Operations Center e Solinftec, adquiria os dados dos horímetros das máquinas diariamente, mudando de cor caso estivesse chegando ou passando da hora da revisão, e quando o equipamento não apresenta tecnologia embarcada, os dados eram inseridos manualmente.

Figura 3 – Planilha de revisões preventivas.

Motor	John Deere, diesel em linha, 4válvulas
Taxa de compressão	17:1
Potência a 2200 rpm	182 kW (244hp)
Velocidade em marcha lenta	900 rpm
Marcha lenta Alta (sem carga)	2400 rpm
Reduções Tipo (cubos)	Mecanismo planetário, banhado a óleo
Relação de marcha (CubosDianteiros)	23,5:1
Relação de marcha (CubosTraseiros)	30,3:1
1ª Faixa de Velocidade	20,0 Km/h 5,55 m/s
2ª Faixa de Velocidade	25,4 Km/h 7,05 m/s
3ª Faixa de Velocidade	32,2 Km/h 8,94 m/s
4ª Faixa de Velocidade	47,1 Km/h 13,08 m/s
Bomba hidráulica	Pistão Axial
Pressão de Trabalho Máxima	20684 kPa (206,8 bar) (3000 psi)
Capacidade de calda no tanque	3000 l
Largura da barra	30 m



Fonte: Do autor (2023).

Em concordância com o manual de ambos pulverizadores, as manutenções eram feitas de acordo com a horas de funcionamento do motor destes, respeitando os intervalos de acordo com o seu tipo.

Figura 4 – Serviços e Intervalos (modelo 4730)

MANUTENÇÃO	INTERVALO							
	500 Horas	1 ano	750 Horas	1500 Horas	2000 Horas	5000 Horas	6 anos	6000 Horas
• Intervalo de manutenção necessário								
Trocar filtros hidrostático e hidráulico	*							
Trocar óleo hidráulico	*							
Trocar óleo do cubo planetário	*							
Trocar filtros de combustível	*							
Substituir filtros de ar da cabine	*	*						
Trocar cartucho do secador de ar do compressor de ar		*						
Inspecionar os cintos de segurança		*						
Limpe o tubo de ventilação do motor		*						
Inspecionar os isoladores hidro		*						
Remover e inspecionar componentes do freio		*						
Verifique a convergência da extremidade dianteira		*						

Fonte: Manual do Operador Pulverizador 4730.

Figura 5 – Serviços e Intervalos (modelo M4040).

Serviço	Primeiro		A cada						
	50 h	100 h	Diariamen- te ou 10 h	Ano	50 h	100 h	250 h	375 h	500 h
Lubrificar as juntas esféricas do cilindro de direção e os braços giratórios de direção						X			
Verificar e lubrificar as tesouras de suspensão						X			
Apertar as porcas de roda						X			
Trocar o óleo da redução final							X <sup>a</sup>		X <sup>b</sup>
Trocar o óleo do motor							X <sup>c</sup>	X <sup>de</sup>	X <sup>df</sup>
Substituir o filtro de óleo do motor							X <sup>c</sup>	X <sup>de</sup>	X <sup>df</sup>
Verificar a folga do espaçador no ajuste da bitola do eixo							X		
Verificação da folga lateral no ajuste de bitola do eixo							X		
Substituir o filtro de ar fresco									X
Substituir o filtro de recirculação de ar da cabine									X
Substitua o pré-filtro de combustível (se equipado)							X <sup>g</sup>		
Verifique as cintas do tanque de solução							X		

Fonte: Manual do Operador Pulverizador M 4040.

Figura 6 – Serviços e Intervalos (modelo M4040)

Serviço	A cada					
	750 h	1000 h	2 ano ou 1500 h	2 anos ou 2000 h	5 anos ou 4500 h	6 anos ou 6000 horas
Testar o líquido de arrefecimento	X					
Verificar o sistema de admissão de ar	X					
Limpar o filtro de ventilação do tanque de combustível	X					
Verificar as rotações do motor	X					
Substitua os conjuntos de cartuchos localizados para os solenoides indicados (se equipado com ExactApply™.)	X					
Verificação de buchas secas		X				
Substituir os filtros de óleo hidráulico e hidrostático		X				
Trocar o óleo do sistema hidrostático/hidráulico		X				
Testar os bicos injetores			X			
Verificar o tensionador automático de correia do ventilador do motor			X			
Testar os bicos injetores				X		
Verificar o tensionador automático de correia do ventilador do motor				X		
Verificar o amortecedor de torção do motor				X		
Trocar o líquido de arrefecimento do motor				X <sup>a</sup>		X <sup>b</sup>

Fonte: Manual do Operador Pulverizador M4040.

De acordo com o manual, portanto, as trocas são programadas seguindo a sua recomendação, porém, sempre podendo haver um adiantamento ou atraso na realização devido as condições reais de campo, que possa interferir no mesmo.

### 3.4 Aquisição e análise dos dados

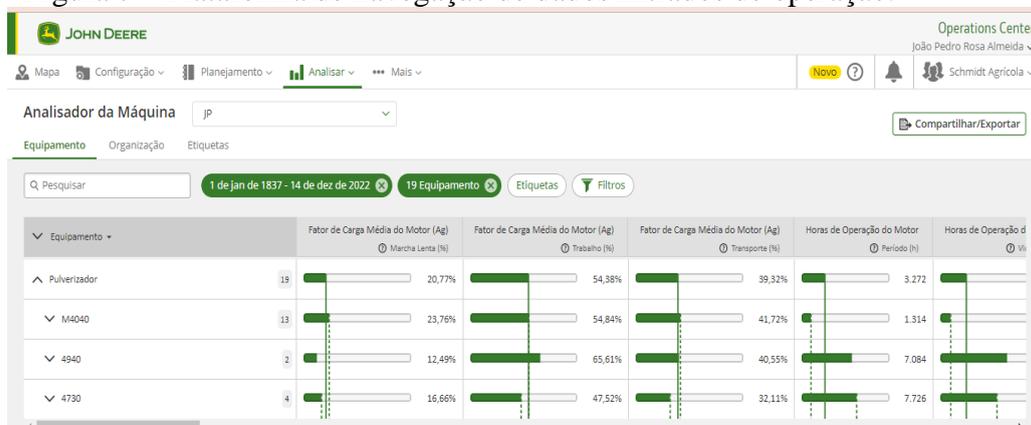
As amostras de óleos das máquinas eram retiradas pela própria Agrosul (concessionária John Deere), sendo duas de cada pulverizador, em que a segunda coletada

após 125h. Posteriormente, estas eram levadas para o laboratório parceiro, para realização das análises e elaboração de relatório com a identificação do óleo, máquina, frota e contaminação.

### 3.5 Dados operacionais

No operations center, as informações de cada máquina ficam armazenadas e com isso conseguimos realizar uma comparação entre elas, a fim de verificar o que pode ter causado a contaminação ou irregularidade da análise. Todos os dados são selecionados e filtrados pelo usuário da plataforma.

Figura 7 – Plataforma de navegação de dados filtrados de operação.



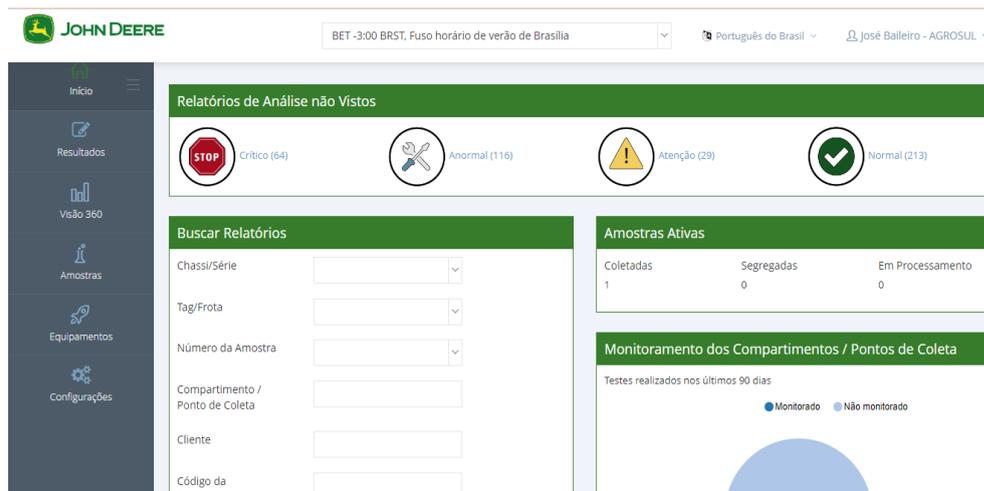
Fonte: Operations Center (2023).

### 3.6 Dados da análise de óleo

Foi utilizado os dados da análise de óleo realizado pela empresa Agrosul John Deere da Bahia. As coletas e análises de óleo das máquinas, eram realizadas por empresas terceirizadas, responsáveis pelas análises que consistiam em metais e outros componentes que representavam o desgaste (Fe, Cu, Cr, Pb, Sn, Ni, Mo, Ti, Mn, Ag), contaminação (Si, Al, Na, K e diesel), água, condições do fluido e carga aditiva.

Em seguida os resultados e relatórios eram colocados no site da empresa (Figura 8) que realizou as análises, no qual era necessário login de acesso, e assim, era possível verificar os resultados das máquinas agrícolas, de maneira individual, podendo ser filtrados por chassi, modelo, ponto de coleta, nível de contaminação, entre outros.

Figura 8 – Plataforma de navegação de dados filtrados das análises de óleo.



Fonte: S360WEB (2023).

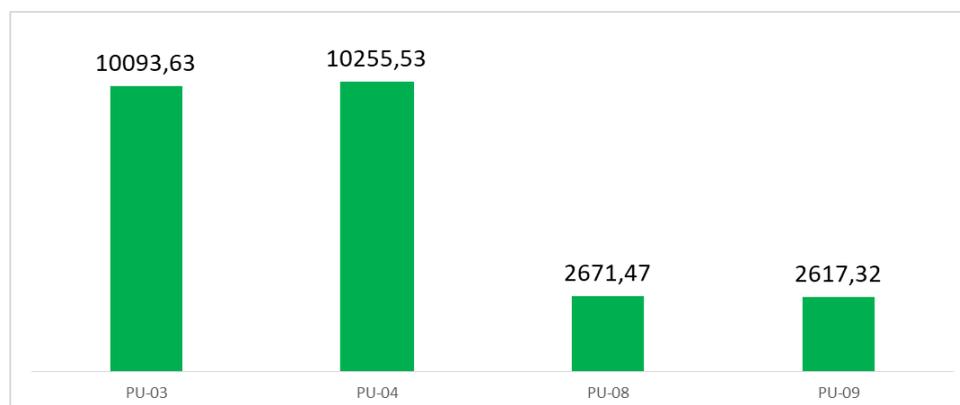
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a coleta e análise dos dados, foi analisado dois equipamentos de cada modelo, sendo pulverizadores 03 e 04 (PU-03/04) modelo 4730, e os pulverizadores 08 e 09 (PU-08/09) modelo M4040. Abaixo todos os gráficos representando os dados de operação das máquinas.

### 4.1 Parâmetros gerais da máquina em operação

No Gráfico 1 foi apresentado as horas de funcionamento dos motores analisados dos equipamentos Pu-03, Pu-04, Pu-08 e Pu09.

Gráfico 1 – Horas de funcionamento do motor

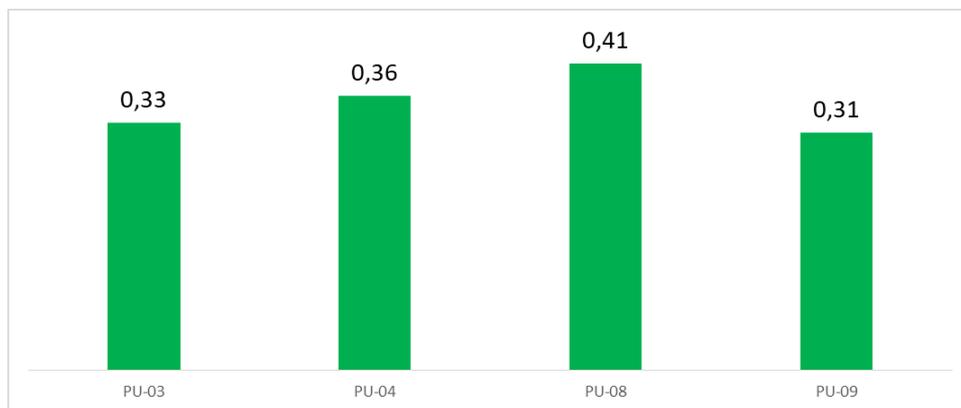


PU-03/04 = Modelo 4730  
PU-08/09 = Modelo M4040

As diferenças de horas trabalhadas dos motores estão bem próximas, para que assim fosse realizada uma comparação mais equivalente com relação a idade, modelo e utilização do equipamento.

No Gráfico 2, é representando o fator de carga no motor, que é o quanto do motor foi forçado durante a sua vida útil, ou seja, o quanto que na operação é utilizado do motor em relação ao máximo que ele consegue entregar de utilização.

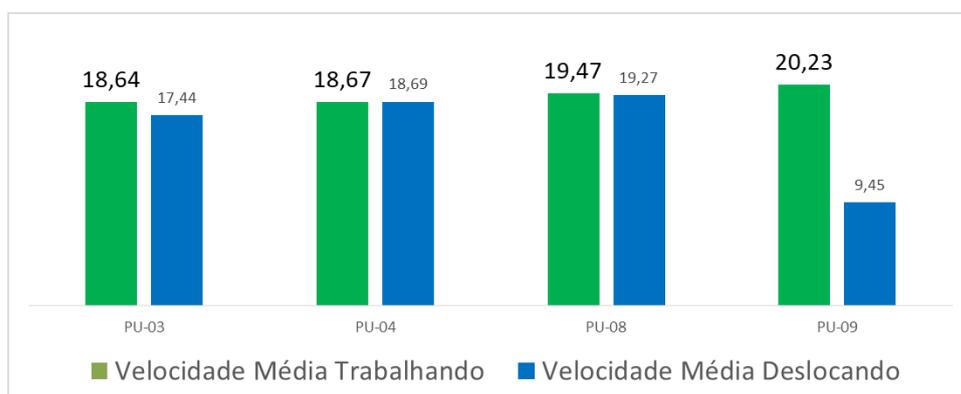
Gráfico 2 – Fator de Carga Médio do Motor (%)



No quesito de carga do motor, o gráfico 02 mostra a carga média do motor dos pulverizadores. Por ser uma atividade relativamente leve, devido principalmente às condições do terreno, planície em nível e aplicação não necessitar tanto esforço. Assim, o fator carga do motor não interfere nos estudos realizados. O Pu08, mesmo sendo uma máquina de modelo novo, com maior potência e reservatório maior que os Pu03 e Pu04, houve uma diferença de 10% na demanda de carga no motor. Tendo em vista o controle da manutenção, o fator carga é uma informação importante por ser um indicativo no desempenho do motor.

O Gráfico 3 está representado as velocidades médias das máquinas em trabalho e em deslocamento, dado importante para análises onde a velocidade de deslocamento e trabalho de máquinas agrícolas interferem diretamente em seu desgaste e danos a parte móveis e fixa.

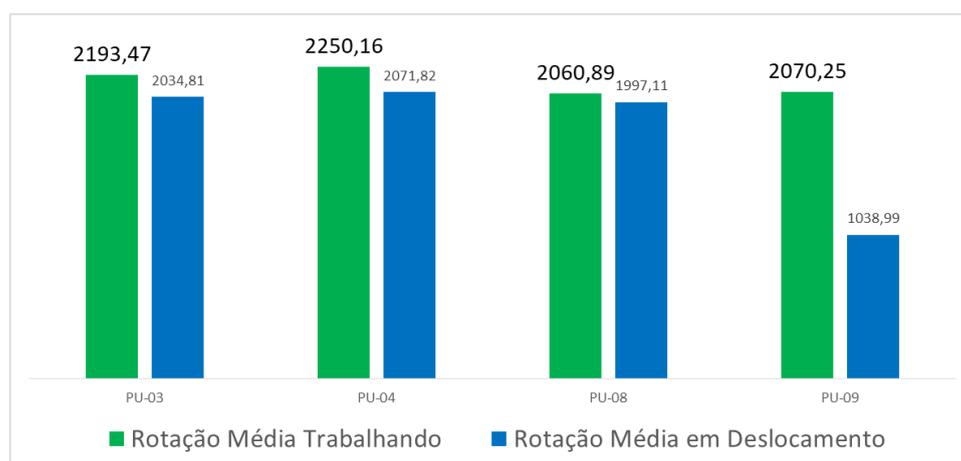
Gráfico 3 – Velocidade média das máquinas em trabalho e deslocamento (km.h<sup>-1</sup>)



Os dados entregues entre os equipamentos, se mantêm relativamente os mesmos, tendo uma pequena diferença entre os resultados entre os modelos 4730 e M4040. A superioridade quando a velocidade média em trabalho de Pu08 e Pu09, se dá pelo fato de uma maior potência entregue pelo motor, por ser um modelo maior. Na previsão da manutenção, a velocidade contribui na identificação do desgaste, fornecendo assim o indicativo para manutenção preventiva.

A rotação é um fator de grande importância a ser levado em consideração tendo em vista o desgaste prematuro do motor devido ao seu grande uso, e irá interferir na vida útil do motor, consumo de combustível e carretará em manutenções. No gráfico 4 mostra rotação média de trabalho e de deslocamento das máquinas Pu 03, Pu 04, Pu08 e Pu 09.

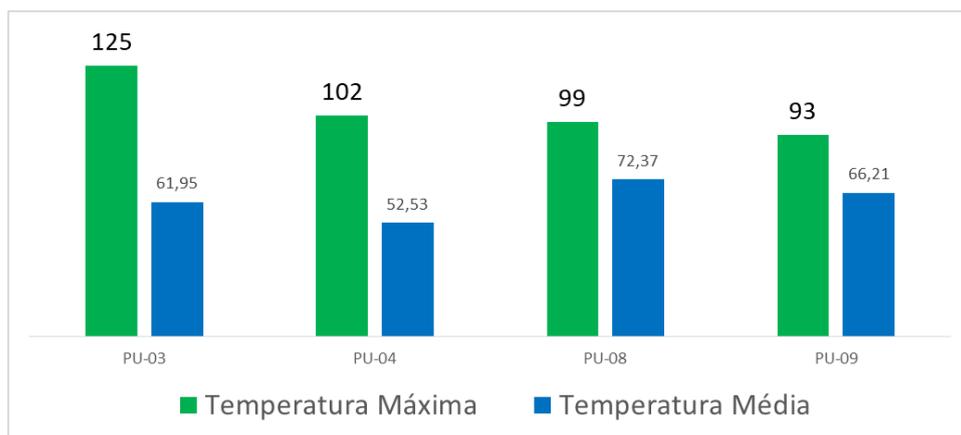
Gráfico 4 – Rotação Média (rpm)



No modelo 4730 houve uma pequena diferença de aproximadamente 60 rotações no deslocamento e trabalhando, podendo considerar essa diferença de rotação insignificante para o estudo do óleo a ser realizado. No modelo M4040, a rotação em trabalho foi considerada a mesma, a maior diferença foi considerada em deslocamento, de um pulverizador para o outro. Assim como a velocidade de deslocamento foi menor, a rotação também foi, indicando a interferência do modo de conduzir do operador.

No gráfico 5 é apresentado a temperatura do óleo Hidráulico de cada um dos pulverizadores estudados. A temperatura do óleo é um referencial de como ele está sendo utilizado, se está sendo sobrecarregado, garantir o desempenho e prolongar sua vida útil e poder indicar uma possível causa da desgastes e contaminação.

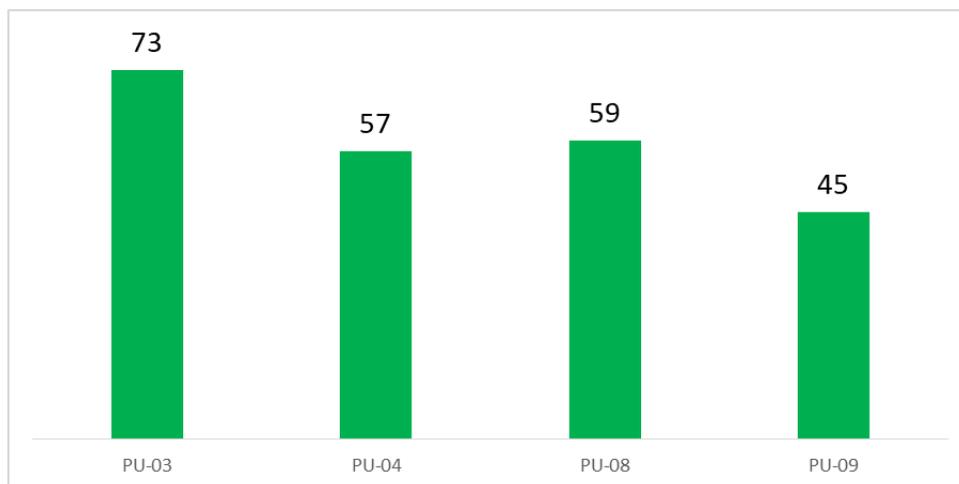
Gráfico 5 – Temperatura Óleo Hidráulico (°C)



É possível perceber que os Pu08 e Pu09 estão dentro de uma faixa mais ideal de trabalho de temperatura (até 100°C), como sugerem os fabricantes. Apesar de superior, as de Pu03 e Pu04 também se encontram dentro da faixa aceitável. Os modelos 4730 possuem temperaturas máximas maiores, por serem máquinas mais antigas, terem sido mais usadas, e conseqüentemente com os componentes mais desgastados, já que quando o trabalho exige esforço ocorre o incremento da temperatura. Os M4040 possuem uma variação menor entre a média e as máximas, isso por ter maior potência e serem equipamentos mais novos, como menor desgaste dos componentes que fazem a parte hidráulica.

O Gráfico 6, apresenta dados da saúde das máquinas, que correspondem a uma análise preditiva, realizados e entregues pela empresa responsável (ALS OIL) pela análise de óleo

Gráfico 6 – Saúde da Máquina (%)



Esses valores para cada máquina mostram como estão suas condições mecânicas atualmente, para isso foi utilizado dados de todas análises de cada compartimento, suas condições e avaliações.

Destaca-se o pulverizador Pu-03, uma máquina mais velha entre os analisados, com uma alta hora de trabalho e mesmo assim com uma saúde encontrado pelas análises bem superior aos demais. Já o Pu 09, um pulverizador mais novo com menor hora, modelo mais novo do fabricante e com uma saúde bem abaixo das demais.

#### 4.2 Parâmetro da análise de óleo

Nas tabelas 10, 11, 12 e 13, são apresentados os resultados para as análises de óleos dos compartimentos, datas, status das amostras e avaliação realizada de cada um dos pulverizadores Pu03, Pu04, Pu08, Pu09 respectivamente. Foi utilizado duas análises de cada para melhor verificação e confirmação dos resultados, uma terceira análise seria mais interessante para análise, mas não foi possível devido no tempo estudado não houve outras realizações de análise.

Tabela 10 – Resultados das análises de óleo do Puerizador Pu03.

Análises realizadas	Status da amostra	Avaliação
<b>Hidráulico</b> 1ª Análise 03/05/22	Normal	Conforme análise realizada nesta amostra, os resultados se encontram normais e não requerem intervenção. Enviar nova amostra no intervalo recomendado. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
2ª Análise 05/08/22	Normal	Conforme análise de tendência realizada nesta amostra, os resultados se encontram normais e

		não requerem intervenção. Enviar nova amostra no intervalo recomendado. Ocorreu uma variação dos valores de aditivação do óleo.
<b>Motor</b> 1ª Análise 03/05/22	Normal	Conforme análise de tendência realizada nesta amostra, os resultados se encontram normais e não requerem intervenção. Enviar nova amostra no intervalo recomendado. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
2ª Análise 05/08/22	Normal	Conforme análise de tendência realizada nesta amostra, os resultados se encontram normais e não requerem intervenção. Enviar nova amostra no intervalo recomendado. Ocorreu uma variação dos valores de aditivação do óleo.
<b>Comando final dianteiro direito</b> 1ª Análise 03/05/22	Anormal	Encontrado moderada concentração de Ferro. O resultado indica desgaste anormal do compartimento. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
2ª Análise 05/08/22	Anormal	Encontrado moderada concentração de Ferro. O resultado indica desgaste do compartimento. Ocorreu uma variação dos valores de aditivação do óleo.
<b>Comando final dianteiro esquerdo</b> 1ª Análise 03/05/22	Normal	Conforme análise realizada nesta amostra, os resultados se encontram normais e não requerem intervenção. Enviar nova amostra no intervalo recomendado. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
2ª Análise 03/05/22	Normal	Conforme análise de tendência realizada nesta amostra, os resultados se encontram normais e não requerem intervenção. Enviar nova amostra no intervalo recomendado. Ocorreu uma variação dos valores de aditivação do óleo.
<b>Comando final traseiro direito</b> 1ª Análise 03/05/22	Anormal	Encontrado moderada concentração de Ferro, Cobre e partículas metálicas. O resultado indica desgaste anormal do compartimento. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
2ª Análise 05/08/22	Crítico	Encontrado concentração de Ferro, Cobre e Estanho. O resultado indica desgaste acentuado do compartimento. Ocorreu uma variação dos valores de aditivação do óleo.
<b>Comando final Traseiro esquerdo</b> 1ª Análise 03/05/22	Anormal	Encontrado moderada concentração de Ferro, Cobre e partículas metálicas. O resultado indica desgaste anormal do compartimento. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.

2ª Análise 05/08/22	Crítico	Encontrado alta concentração de Ferro, Cobre, Cromo, Silício, leve índice de PQI e presença de partículas metálicas. Os resultados indicam contaminação externa e desgaste acentuado do compartimento.
---------------------	---------	--

Tabela 11 – Resultados das análises de óleo do Pulverizador Pu04.

<b>Análises realizadas</b>	<b>Status da amostra</b>	<b>Avaliação</b>
<b>Hidráulico</b> 1ª Análise 01/04/2022	Normal	Conforme análise realizada nesta amostra, os resultados se encontram normais e não requerem intervenção. Enviar nova amostra no intervalo recomendado. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
2ª Análise 19/05/22	Anormal	Encontrado alta Contaminação por Partículas. Código ISO recomendado --/22/18. Os resultados indicam uma contaminação por partículas em todos os tamanhos, que podem estar passando pelo elemento filtrante convencional, justificando a micro filtragem. Ocorreu uma variação dos valores de aditivação do óleo.
<b>Motor</b> 1ª Análise 01/04/22	Normal	Conforme análise realizada nesta amostra, os resultados se encontram normais e não requerem intervenção. Enviar nova amostra no intervalo recomendado. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
2ª Análise 19/05/22	Normal	Conforme análise de tendência realizada nesta amostra, os resultados se encontram normais e não requerem intervenção. Enviar nova amostra no intervalo recomendado. Ocorreu uma variação dos valores de aditivação do óleo.
<b>Comando final dianteiro direito</b> 1ª Análise 01/04/22	Anormal	Encontrado partículas metálicas e impurezas em pequena quantidade. Os resultados indicam contaminação externa e desgaste anormal do compartimento. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
2ª Análise 19/05/22	Normal	Conforme análise de tendência realizada nesta amostra, os resultados se encontram normais e não requerem intervenção. Enviar nova amostra no intervalo recomendado. Ocorreu uma variação dos valores de aditivação do óleo.
<b>Comando final dianteiro esquerdo</b> 1ª Análise 01/04/22	Anormal	Encontrado impurezas visíveis a olho nu. O resultado indica contaminação externa e/ou coleta inadequada da amostra. A partir do envio da

		terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
2ª Análise 19/05/22	Normal	Conforme análise de tendência realizada nesta amostra, os resultados se encontram normais e não requerem intervenção. Enviar nova amostra no intervalo recomendado. Ocorreu uma variação dos valores de aditivação do óleo.
<b>Comando final traseiro direito</b> 1ª Análise 01/04/22	Crítico	Encontrado alta concentração de Ferro, Cobre e Silício. Os resultados indicam contaminação externa e desgaste acentuado do compartimento. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
2ª Análise 19/05/22	Crítico	Encontrado alta concentração de Ferro, Cobre e Silício. Os resultados indicam contaminação externa e desgaste acentuado do compartimento. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
<b>Comando final Traseiro esquerdo</b> 1ª Análise 01/04/22	Crítico	Encontrado alta concentração de Ferro, Cobre, Estanho, Alumínio e Silício. Os resultados indicam contaminação externa e desgaste acentuado do compartimento. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
2ª Análise 19/05/22	Crítico	Encontrado alta concentração de Ferro, Cobre, Estanho, Alumínio e Silício. Os resultados indicam contaminação externa e desgaste acentuado do compartimento. Ocorreu uma variação dos valores de aditivação do óleo.

Tabela 12 – Resultados das análises de óleo do Pulverizador Pu08.

<b>Análises realizadas</b>	<b>Status da amostra</b>	<b>Avaliação</b>
<b>Hidráulico</b> 1ª Análise 29/12/2021	Normal	Conforme análise realizada nesta amostra, os resultados se encontram normais e não requerem intervenção. Enviar nova amostra no intervalo recomendado. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
2ª Análise 12/05/22	Normal	Conforme análise realizada nesta amostra, os resultados se encontram normais e não requerem intervenção. Enviar nova amostra no intervalo recomendado. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
<b>Motor</b> 1ª Análise 29/12/21	Normal	Conforme análise realizada nesta amostra, os resultados se encontram normais e não requerem

		intervenção. Enviar nova amostra no intervalo recomendado. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
2ª Análise 12/05/22	Normal	Conforme análise de tendência realizada nesta amostra, os resultados se encontram normais e não requerem intervenção. Enviar nova amostra no intervalo recomendado. Ocorreu uma variação dos valores de aditivação do óleo.
<b>Comando final dianteiro direito</b> 1ª Análise 29/12/21	Crítico	Encontrado alta concentração de Ferro e Cobre. O resultado indica desgaste acentuado do compartimento. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
2ª Análise 12/05/22	Anormal	Encontrado moderada concentração de Ferro e Cobre. O resultado indica desgaste anormal do compartimento. Ocorreu uma variação dos valores de aditivação do óleo.
<b>Comando final dianteiro esquerdo</b> 1ª Análise 29/12/21	Crítico	Encontrado alta concentração de Ferro, Cobre e Cromo. O resultado indica desgaste acentuado do compartimento. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento. OBS: A elevada Oxidação é proveniente da base semissintética do óleo.
2ª Análise 12/05/22	Anormal	Encontrado moderada concentração de Ferro e Cobre. O resultado indica desgaste anormal do compartimento. Ocorreu uma variação dos valores de aditivação do óleo.
<b>Comando final traseiro direito</b> 1ª Análise 29/12/21	Crítico	Encontrado alta concentração de Ferro, Cobre, elevado índice de PQI e partículas metálicas visíveis a olho nu. Os resultados indicam desgaste acentuado do compartimento. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
2ª Análise 12/05/22	Crítico	Encontrado alta concentração de Ferro, Cobre, Cromo, alto índice de PQI e a presença de partículas metálicas. O resultado indica desgaste acentuado do compartimento. Ocorreu uma variação dos valores de aditivação do óleo.
<b>Comando final Traseiro esquerdo</b> 1ª Análise 29/12/21	Anormal	Encontrado partículas metálicas e leve índice de PQI. Os resultados indicam desgaste anormal do compartimento. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
2ª Análise 12/05/22	Anormal	Encontrado moderada concentração de Ferro e Cobre. O resultado indica desgaste anormal do compartimento. A partir do envio da terceira

		amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
--	--	---

Tabela 13 – Resultados das análises de óleo do Pulverizador Pu09.

<b>Análises realizadas</b>	<b>Status da amostra</b>	<b>Avaliação</b>
<b>Hidráulico</b> 1ª Análise 29/12/2021	Normal	Conforme análise realizada nesta amostra, os resultados se encontram normais e não requerem intervenção. Enviar nova amostra no intervalo recomendado. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
2ª Análise 12/05/22	Anormal	Encontrado pequena quantidade de Impurezas visíveis a olho nu, impossibilitando realizar o ensaio da contagem de partículas. O resultado indica contaminação externa ou coleta inadequada da amostra. Informar as horas do óleo trabalhadas e o grau de viscosidade do óleo utilizado. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
<b>Motor</b> 1ª Análise 29/12/21	Normal	Conforme análise realizada nesta amostra, os resultados se encontram normais e não requerem intervenção. Enviar nova amostra no intervalo recomendado. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
2ª Análise 12/05/22	Normal	Conforme análise de tendência realizada nesta amostra, os resultados se encontram normais e não requerem intervenção. Enviar nova amostra no intervalo recomendado.
<b>Comando final dianteiro direito</b> 1ª Análise 29/12/21	Anormal	Encontrado moderada concentração de Cobre e pequena quantidade de impurezas. Os resultados indicam contaminação externa e desgaste anormal do compartimento.
2ª Análise 12/05/22	Crítico	Encontrado alta concentração de Ferro, Cobre e Cromo. O resultado indica desgaste acentuado do compartimento. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
<b>Comando final dianteiro esquerdo</b> 1ª Análise 29/12/21	Crítico	Encontrado alta concentração de Cobre e baixa viscosidade. O resultado indica desgaste prematuro do compartimento e possível contaminação por outro tipo de óleo, erro de aplicação ou erro de identificação do lubrificante.

2ª Análise 12/05/22	Crítico	Encontrado alta concentração de Cobre, Contaminação por Água de 3217 ppm e baixa viscosidade do óleo. Os resultados indicam contaminação externa, desgaste acentuado do compartimento e possível mistura de lubrificantes de diferentes especificações. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
<b>Comando final traseiro direito</b> 1ª Análise 29/12/21	Anormal	Encontrado moderada concentração de Ferro e Cobre. O resultado indica desgaste anormal do compartimento. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
2ª Análise 12/05/22	Crítico	Encontrado alta concentração de Ferro, Cobre e Cromo. O resultado indica desgaste acentuado do compartimento. Ocorreu uma variação dos valores de aditivização do óleo.
<b>Comando final Traseiro esquerdo</b> 1ª Análise 29/12/21	Crítico	Encontrado alta concentração de Ferro, Cobre e Cromo. Os resultados indicam desgaste acentuado do compartimento. A partir do envio da terceira amostra criaremos uma linha de tendência de desgaste deste compartimento.
2ª Análise 12/05/22	Crítico	Encontrado alta concentração de Ferro, Cobre e Cromo. O resultado indica desgaste acentuado do compartimento. Ocorreu uma variação dos valores de aditivização do óleo.

Nos comparativos das análises de óleo das máquinas, todos equipamentos obtiveram resultados ruins no compartimento do cubo da roda principalmente do traseiro, levando a resultados críticos e mostrando ocorrência de grande desgastes e contaminação externa de partículas, água, concentração de metais e alteração nas propriedades dos óleos deste compartimento.

Com os Pu-s 03 e 04, a ocorrência de um maior desgaste é normal devido suas horas trabalhada. Já de Pu 08 e 09 não pode haver essa justificativa, pois seus horímetros são baixos e relativamente seus anos, uma possibilidade destas ocorrências de desgaste está ocorrendo é aumento da massa de líquido carregado em seu tanque de calda, um aumento de 33,3% e de suas velocidades, ocorrendo maior esforço e ocorrendo desgastes das partes móveis.

No compartimento do hidráulico, todas máquinas estão normais, apenas no Pu-04 houve uma maior quantidade de partículas que não foi retida pelo filtro da máquina. O dado das temperaturas deste óleo citado acima mostra que esta dentro das normalidades de acordo com o fabricante.

Já sobre o motor, todas máquinas analisadas esta dentro dos padrões e não houve contaminação e nem desgaste, isso pelo fato que todas trocas é realizada em dia, mas o que mais resulta é que todos pulverizadores tem um baixo fator de carga no motor, ou seja, motor trabalha mais leve, elevando sua vida útil. Como confirmação disso, é a comparação dos dois modelos estudados, mesmo com grande diferença nas horas de trabalho, o resultado nas análises dos motores são os mesmos.

### **4.3 Análise de Comparação**

#### **Pu3/ Pu04**

Com os dados apresentados das máquinas e comparando os dois pulverizadores em razão de modelos e anos iguais, para efeito comparativo tem suas horas de trabalho, carga no motor, velocidade de deslocamento, de serviço e rotação média com valores bem semelhante ao outro, no entanto os dados do Pu 04 superam Pu03. A saúde das máquinas se diferenciam muito, enquanto os dados operacionais são bem parecidos.

#### **Pu08/ Pu09**

Observando os dados das operações e as contaminações dos óleos, é possível identificar alguns parâmetros que poderão interferir na vida útil destes e sua pureza. As horas de ambas as máquinas estão bem próximas, e é descartada a possibilidade de um desgaste maior devido ao seu tempo de uso, porém alguns houveram divergências que pode ser justificada pela contaminação.

O Pu 08 teve problemas no comando final traseiro direito, como mostrado nas análises. Este quando observado nos parâmetros dos gráficos, observa algumas alterações, como o fator de carga, que apresentou elevada porcentagem na temperatura do óleo hidráulico quando comparado com o pulverizador 09.

## **5. CONCLUSÃO**

Conforme observado no trabalho, quando realizada as análises comparativa, é verificado muitas semelhanças nos dados das máquinas como velocidade de trabalho, fator de carga do motor, temperatura do óleo hidráulico e rotação média. De acordo com as análises de óleo o pulverizador Pu 09 está com um maior desgaste e conseqüentemente trabalha com uma velocidade de trabalho um pouco acima dos demais.

Pensando no ponto de vista de manutenção, é observado que em ambos pulverizadores e com uma variação relativamente considerável entre as condições de trabalho notasse que, em relação ao óleo do motor não apresentou avarias, podendo ser estudada a prorrogação no tempo de uso do mesmo.

Porém, o mesmo não ocorre quando analisado o óleo hidráulico e das reduções finais, onde em todos os modelos apresentaram avarias críticas causando danos e gerando uma manutenção corretiva, mesmo sendo realizadas as trocas necessárias e no tempo certo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, NBR. 5462. 1994. **Confiabilidade e Manutenibilidade.**

ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal. **Manual de tecnologia de aplicação** -- Campinas, São Paulo : Linea Creativa, 2004. Disponível em:< <http://www.andef.com.br/aplicacao>> Acesso em: 05 Ago. 2009, 18:00.

ARAÚJO, B. H. B. **Mecanização: operação de pulverizadores autopropelidos.**

ARAÚJO, Gustavo Santos Rodrigues; OLIVEIRA, Lucas Batista; JÚNIOR, Valter Angelo Fonseca; MACHADO, Jefferson: **ANÁLISE DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES EM EQUIPAMENTOS MÓVEIS DE GRANDE PORTE NA MINERAÇÃO.** Anais do 1º Simpósio de TCC, das faculdades FINOM e Tecsoma. 2019; 1154-116

AZEVEDO, J. B.; Carvalho, L. H.; Fonseca, V. M. Propriedades reológicas de óleos lubrificantes minerais e sintéticos com degradação em motor automotivo. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS**, 3., 2005, Salvador. Anais do Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás. Salvador. 2005. p. 1 - 5. Disponível em: . Acesso em: 18 maio 2019.

BALASTRAIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas.** São Paulo: Câmara Brasileira do Livro, 2004.

Brasília. 2016.

BROZEK, Milan et al. Wear resistance of multi-layer overlays. In: 11th International Scientific Conference: Engineering for rural development, Jelgava, Latvia, 24-25 May, 2012. Latvia University of Agriculture, 2012. p. 210-215

BUCKLEY, Donald H; Surface Effects in Adhesion, **Friction and Lubrification**. Elsevier: Amsterdam, 623 p., 1981.

CARRETEIRO, Ronald P; BELMIRO, Pedro Nelson A. **Lubrificantes e lubrificação industrial**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2006. 504 p.

CERQUEIRA, C. P. **Estudo Do Reaproveitamento Energético De Óleos Lubrificantes Usados**. Salvador - BA, Brasil: Universidade Salvador, 2004. Dissertação (mestrado), Mestrado em Regulação da Indústria de Energia, Universidade Salvador.

GALÉ, Mohammed Tizzo. Aplicabilidade de análise de fluidos como manutenção preditiva em maquinário agrícola com estudo de casos visando economia em manutenção corretiva. 2019. 27 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

GIMENEZ, L. M.; MILAN, M.; ROMANELLI, T. L. **Hora de cuidar**. Cultivar Máquinas, v. 14, n. 162, p. 16-19, 2016.

KIMURA, Rogério Katsuharu. **Uso da técnica de análise de óleo lubrificante em motores diesel estacionários, utilizando-se misturas de biodiesel e diferentes níveis de contaminação do lubrificante**. 2010. 128 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

LADEIRA, R. W. S., JÚNIOR, I. R. S., NETO, Á. C. L., MIRANDA, R. P., & TORRES, E. H. S. Automação de diagnóstico para manutenção preditiva baseada em análise de fluidos de equipamentos com machine learning. 21º Seminário de Automação e TI, parte integrante da ABM Week, realizada de 02 a 06 de outubro de 2017, São Paulo, SP, Brasil.

LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora: Petrobrás, 2014.

LAGO, Daniel Fabiano. **Manutenção de redutores de velocidade pela integração das técnicas preditivas de análise de vibrações e análise de óleo lubrificante**. 2007. 179 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2007.

LEÓN, Brian Daniel Jaramillo; LEITE, Jônatas Boás. Otimização multiobjetivo para planejamento da manutenção preventiva em redes de distribuição considerando índices de confiabilidade e crescimento da vegetação. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2020.

MADEIRA, N. G. M. Segurança do trabalho nas operações com tratores agrícolas em regiões de Minas Gerais. Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa, 2011.

MARTINI, A. T. **Inspeção técnica de pulverizadores agrícolas conforme a norma ISO 16122**. 2017. 190 p. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2017. Disponível em: . Acesso em 28 ago. 2018.

Martini, A. T., Schlosser, J. F., Barbieri, J. P., Bertollo, G. M., Negri, G. M., & Bertinatto, R. Aspectos relevantes da inspeção de pulverizadores agrícolas: Impactos na precisão das pulverizações de agrotóxicos. *Acta Iguazu*, v. 6, n. 4, p. 72-82, 2017.

MORAES, Luiz Brenner et al. Ed única. Editora universitária UFPEL, p.33, 1996.

NETO, U. A. da S. **A qualidade da manutenção**: estudo de caso em tratores Jhon Deere. 2014. 37 f. Monografia (Bacharel Engenheiro Mecânico) - Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2014.

PAGLIARINI, Lucas Modena. Monitoramento e avaliação da condição do sistema hidráulico de escavadeiras através da análise de óleo. 59f. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Mecânica. Centro Universitário do Sul de Minas, 2020.

PEREIRA, J.M. **Engenharia de manutenção: teoria e prática**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Ciência Moderna, 2011.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio Nassif. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

PINTO, Lucas Martins. Projeto de um componente articulador para o sistema de barras de um pulverizador autopropelido. 2021. 43 f. Trabalho Final de Graduação (Engenheiro Mecânico). Curso de Engenharia Mecânica. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2021.

PRASS, Leandro C.; NUNES, Fabiano Lima. Implantação da manutenção preventiva em um centro de usinagem cnc de uma indústria moveleira. *Produção em Foco*, v. 9, n. 2, p. 43-73, 2019.

SILVEIRA, E. L. C. et al. **Determinação de metais em óleos lubrificantes, provenientes de motores de ônibus urbano**, utilizando a faas. *Quimica Nova*, 2010. v. 33, n. 9, p. 1863–1867.

SOLINFTEC - Automação Industrial. **Introdução aos processos da Usina E Monitoramento veicular**. Araçatuba SP. 2022.

STACHOWIAK G.B.; Stachowiak G.W. **The Effects of Particle Characteristics on Three-body Abrasive Wear**. Elsevier Science B.V. v.249, p. 201-207, 2001.

STOETERAU. R. L. **Tribologia** – EMC 5315 – Universidade Federal De Santa Catarina, 2004.

THEISS, Roger. **Protótipo de um sistema de manutenção preventiva**. Orientador: Fábio Alexandrini. 2004. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Sistemas de Informação) - Universidade para o desenvolvimento do Vale do Alto Vale do Itajaí, Curso de Sistemas de Informação, Santa Catarina, 2004..

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. PCM: **Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2012.

WYREBSK, J. **Manutenção Produtiva Total. Um Modelo Adaptado**. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997. Disponível em: . Acesso em: 20 set. 2017.

XENOS, Harilaus Georgius d'Philippus. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**: O caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Nova Lima: Editora Falconi, 2004.

