Ciência & Tecnologia
Fatec-JB

ISSN: 2178-9436

MANUTENÇÃO PREDITIVA EM COLHEDORAS DE CANA: extensão do período de troca de óleo com base em análise laboratorial

SUGAR CANE HARVESTER PREDICTIVE MAINTENANCE: a raising in the period of oil exchange based on laboratory analysis

Paulo Henrique Brandão dos Santos[I]
Luis Henrique dos Santos Fernandes[II]
João Paulo Sachetto[III]

Área: Engenharia, Tecnologia e Gestão

RESUMO

A mecanização da colheita de cana-de-açúcar é um processo que vem sendo adotado em grande escala na indústria sucroalcooleira, visando aumentar a eficiência da produção. Para garantir a eficiência e durabilidade dos equipamentos envolvidos é fundamental que a manutenção seja realizada de forma estratégica. Esse artigo apresenta os resultados de um estudo de caso sobre a proposta de aumentar o tempo de trocas de óleo de motor de colhedoras de cana em uma usina do setor sucroenergética localizada no interior do estado de São Paulo, que tem como objetivo a redução do custo de manutenção e falhas, mantendo a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos. A principal estratégia de manutenção adotada para o projeto consiste em observar as condições do lubrificante do equipamento. Através dos dados obtidos mediante análises laboratoriais de amostras do lubrificante foi possível tomar a decisão de estender o período de uso do material, de forma que essa decisão não prejudique o uso do equipamento. Sendo assim, os benefícios com a adoção desse método trouxeram uma economia de mais de 20 % em relação a metodologia anterior.

Palavras-chave: Manutenção Preditiva. Colhedora de cana. Análise de lubrificante.

ABSTRACT

The mechanization of the sugarcane harvesting is a process that has been adopted on a large scale in the sugar and ethanol industry, aiming to increase efficiency in the production. To ensure the efficiency and durability of the equipment involved, it is essential that maintenance is carried out strategically. This article presents the results of a case study about the proposition of raising the time between oil exchange in the engine on sugar cane harvesters at a power plant from the sugar and ethanol sector located in the interior of São Paulo state, whose objectives are lowering the costs of maintenance and failures, keeping the availability and reliability of the equipment. The main strategy for maintenance adopted for the project is to observe the condition of the lubricant in the equipment. Through the collected data on

[I] Graduando em Tecnologia em Manutenção Industrial – Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Sertãozinho) – São Paulo – Brasil. E-mail: paulo.santos251@fatec.sp.gov.br
[II] Graduando em Tecnologia em Manutenção Industrial – Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Sertãozinho) – São Paulo – Brasil. E-mail: luis.fernandes19@fatec.sp.gov.br
[III] Professor Me. da Faculdade de Tecnologia - Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Sertãozinho) – São Paulo – Brasil. E-mail: joao.sachetto@fatec.sp.gov.br

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

laboratorial analysis of lubricant samples, it was possible to extend the usage of the material, in a way that this decision does not harm the use of the equipment. Thus, the benefits of this method brought over 20% economy on the comparison with the previous methodology.

Keywords: Predictive Maintenance. Sugarcane harvester. Lubricant analysis.

Data de submissão do artigo: 20/04/2023.
Data de aprovação do artigo: 26/05/2023.
DOI: 10.52138/citec.v15i1.278

1 INTRODUÇÃO

Os investimentos em colhedoras de cana de açúcar estão crescendo muito nos últimos anos, por conta da eficiência desses equipamentos pois, apesar de seu custo de aquisição e de manutenção ser alto, seu potencial de produção no campo é extremamente eficaz. Com a utilização de colhedoras de cana de açúcar, a produção diária no campo aumentou significativamente, podendo assim transportar mais matéria prima para a indústria. Associada a alta produtividade desempenhada por estes ativos, está a importância da execução de manutenções assertivas, dentre as quais se destacam; lubrificações adequadas e acompanhamento de desgastes por meio de técnicas preditivas através dos fluídos lubrificantes. A lubrificação correta assume um papel importante para a conservação dos elementos mecânicos (VIANA, 2013)

O setor sucroenergético, é um seguimento da agroindústria dedicado a produção de açúcar, etanol, energia elétrica e derivados da cana de açúcar. Segundo a União da Industria de Cana de Açucar (UNICA, 2023), na safra de 2022 foram processadas 548,28 milhões de toneladas de cana.

Nos últimos anos, empresas desse segmento adotaram a mecanização do plantio, que até então era feita de forma manual. Em contrapartida, foi necessário também adquirir colhedoras de cana de açúcar e investir na capacitação dos colaboradores para a operação e manutenção desses equipamentos a fim de atingir as metas de disponibilidade desses equipamentos. A gestão da manutenção tem a responsabilidade de garantir com que as metas de disponibilidade e confiabilidade sejam alcançadas dentro do cronograma e orçamento estipulado. Uma gestão de manutenção quando é conduzida de forma correta, transforma a manutenção em um setor que aumenta a lucratividade da empresa. “A manutenção evolui a cada dia, e consequentemente a gestão da manutenção também segue essa evolução” (ROMÃO, 2021).

A principal estratégia de manutenção adotada para o projeto consiste em observar as condições do lubrificante do equipamento de forma preditiva. Segundo Teles (2017) manutenção sob condição também conhecida como manutenção com base no estado do equipamento, ou manutenção preditiva, busca prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas através do acompanhamento de parâmetros diversos permitindo a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível. Este artigo tem como problema de pesquisa investigar: “quais são os impactos do aumento do período de troca de óleo nos motores a diesel de colhedoras de cana, passando de quatrocentas para quinhentas horas, com o objetivo de reduzir custos através de manutenções preditivas?”

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

2 MANUTENÇÃO

Segundo Kardec e Nascif (1998) a função da manutenção é manter o funcionamento, disponibilidade e a confiabilidade do equipamento, não deixando de lado valores como a segurança e o meio ambiente.

A norma ABNT NBR 5462 (1994) menciona que é "a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual ele possa desempenhar uma função requerida" (ABNT, 1994).

2.1 Manutenção Preditiva

Preditiva é a manutenção que também é conhecida como manutenção baseada na condição, cujo objetivo é medir as condições de um componente para que ele seja utilizado além do recomendado pelo fabricante. Sua grande vantagem é que não há interferência na parada total do equipamento para realização (KARDEC; NASCIF, 1998). Um dos tipos de preditivas mais utilizadas é a ferrografia, que é uma técnica de análise de metais utilizada para detectar e avaliar a presença de partículas estranhas, desgaste ou falhas nas superfícies dos equipamentos. Essa técnica é realizada por meio da coleta de amostras de óleo, líquido refrigerante ou graxa, que são examinadas em microscópios para identificar as anomalias. A ferrografia pode ser usada para monitorar o desgaste e a integridade de máquinas e equipamentos industriais, como motores, engrenagens, rolamentos, dentre outros. Segundo Pereira (2011) "o processo de implantação da preditiva segue o mesmo raciocínio e sistemática da manutenção preventiva. Também se torna viável implantar em ativos críticos sendo a meta de um alto índice de disponibilidade".

2.1.1 Lubrificação

Os lubrificantes são materiais utilizados para promover a lubrificação adequada e eliminar o desgaste por atrito em engrenagens, reduções e outros componentes. Podendo ser na forma de óleo ou graxa. Segundo Pereira (2011) "A principal função de um lubrificante é formar uma película que impedirá o contato direto entre duas superfícies que estão em contato e movendo-se entre si. Com isso reduz-se o atrito a níveis mínimos, exigindo um menor esforço e, consequentemente, evitando o desgaste prematuro". Os lubrificantes podem ser divididos em: óleos minerais, óleos graxos, óleos compostos e óleos sintéticos.

2.2.2 Viscosidade

Viscosidade é uma propriedade dos líquidos que está relacionada com a sua habilidade de fluir. De acordo com Pereira (2011) "a viscosidade é a propriedade mais importante dos óleos lubrificantes, sendo definida como a resistência ao escoamento que os fluidos apresentam. Estes valores são medidos em laboratórios especiais utilizando equipamentos denominados viscosímetros". Quanto maior a viscosidade de um líquido (ou de uma solução) mais difícil o líquido flui e diz ser ele "viscoso". Além da viscosidade, outras propriedades físico-químicas são associadas aos lubrificantes. A tabela 1 contém algumas dessas propriedades:

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Tabela 1 - Propriedades dos lubrificantes

Grau SAE	Método ASTM	15W-40
Código do Produto	-	314194
Código da FISPQ	-	47380
Densidade a 15ºC	-	0,877
Viscosidade Cinemática cSt a 40ºC	D445	112
Viscosidade Cinemática cSt a 100ºC	D445	14,7
Viscosidade a baixa temperatura (CCS), -25ºC, cP	D5293	5800
Índice de Viscosidade	D2270	135
Ponto de Fluidez, ºC	D97	-46
Ponto de Fulgor, ºC	D92	230
TBN, mgKOH/g	D2896	10
Cinza Sulfatada, peso %	-	1

Fonte: Chevron U.S.A. (2020, p. 03)

2.3 Óleo mineral 15W40

De acordo com Fonseca (2019), existem diversos tipos de lubrificantes para motores automotivos, podendo ser de composição mineral, sintética ou semissintética.

As nomenclaturas de óleos utilizados em motores de combustão, seguem um padrão para identificar o seu potencial de viscosidade. Por exemplo, o óleo lubrificante 15w40, a letra "W" quer dizer "winter", que significa inverno na língua inglesa, o "15" representa a sua viscosidade a frio e o "40" representa sua viscosidade a quente.

2.4 Colhedora de cana de açúcar

A colhedora de cana é o equipamento utilizado nas frentes de colheita responsável pela extração da matéria prima utilizada na indústria. De acordo com os dados de 2023 do setor de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM), uma colhedora de cana trabalha cerca de 2500 horas durante uma safra, divididas em três turnos de trabalho colhendo mais de 120.000 toneladas de cana de açúcar. A figura 1 mostra uma colhedora de cana modelo A8810 da fabricante Case IH.

Figura 1 - Colhedora de cana Case IH



Fonte: Empresa pesquisada (2023)

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Seguindo o manual fornecido pela empresa fabricante da colhedora, CNH Case IH A8810 (2018) a primeira troca de óleo do equipamento (motor e hidráulico) é realizada com 250 horas trabalhadas trocando também os filtros. Após a primeira intervenção a gestão da manutenção ajustou as trocas seguintes para 400 horas. O lubrificante utilizado no motor do equipamento é o óleo mineral 15W-40 usado para motores de combustão a diesel. A troca de lubrificante no equipamento é criticamente importante pois ela garante o bom funcionamento dos componentes internos do equipamento (CNH INDUSTRIAL LATIN AMERICA LTDA, 2018).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia adotada para a realização desse trabalho foi baseada em um estudo de caso, no qual a gestão da manutenção de uma usina sucroenergética realizou a coleta de amostras de óleo lubrificante para análise em laboratório para verificar a condição do material, sendo ponto chave para a tomada de decisão de prolongar o período de troca de óleo. O PCM é responsável pelo cadastro dos equipamentos no sistema, durante essa etapa é inserido no sistema os compartimentos, que são os reservatórios de lubrificantes da máquina, bem como, sua capacidade em litros, tipos de lubrificantes, filtros e o período de substituição recomendado pelo fabricante. O sistema é lincado com o ponto de abastecimento, permitindo o monitoramento dos horímetros, e a atualização deste a cada abastecimento, conforme mostra a figura 2 abaixo:

Figura 2 - Tela de cadastro de compartimentos de equipamentos



Fonte: Sistema de gestão de manutenção automotiva da empresa pesquisada (2023)

Os dados do ponto de abastecimento são validados pelo PCM. A validação serve para olhar e identificar possíveis inconsistências digitadas no apontamento de abastecimento. Com esses dados os analistas geram as ordens de serviço para troca de óleo via sistema e a programação, que são encaminhadas para o setor de lubrificação juntamente com um frasco plástico, uma bomba de vácuo e uma mangueira para a coleta, conforme mostrado na figura 3. Quem executa a troca são os lubrificadores, que após a coleta, encaminham a amostra de volta ao PCM, que codifica o frasco e o envia para um laboratório externo para a realização da análise.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

A rotina de coleta de amostras é feita durante parada da máquina para troca de óleo pois é possível aproveitar o tempo de parada preventiva. O frasco e a mangueira são acoplados a bomba. Após isso a outra ponta da mangueira é inserida no cano de nível do óleo e assim utilizando a bomba o lubrificador consegue extrair a amostra, conforme mostrado na figura 4. Em seguida o restante do óleo é esgotado através do bujão do cárter, é feita a troca do filtro e então a reposição de lubrificante com óleo novo.

O procedimento utilizando mangueira e bomba deve ser feito para evitar que contaminantes externos como terra caiam dentro do frasco, garantindo a veracidade nos resultados da análise.

Figura 3 e 4 - Coleta de óleo de motor de colhedora utilizando bomba, pote e mangueira



Fonte: Gestão de manutenção automotiva da empresa pesquisada (2023)

O objetivo do teste é estender o uso o óleo lubrificante para 500 horas de uso, mediante resultados de análises de óleo garantindo a confiabilidade do equipamento, aumentando o desempenho do motor e diminuindo o número de trocas durante a safra. A figura 5 mostra um relatório das últimas intervenções de lubrificação realizadas na colhedora.

Figura 5 – Relatório das últimas trocas de óleo realizadas

Equipamento:	80118 401/1 - CASE A 8810 - COLHEDORA							
MOTOR								
Empr.	Doc.	Data	Comp.	Qtde	Uso (H)	Mat. Col.	Mat. Rec.	Capac.
1		01/06/2022 17:35	1	24,0	349,0	886524	886524	24,0
1	18194	04/07/2022 09:50	1	24,0	527,0	886524	886524	24,0

Fonte: Sistema de gestão de manutenção automotiva da empresa pesquisada (2023)

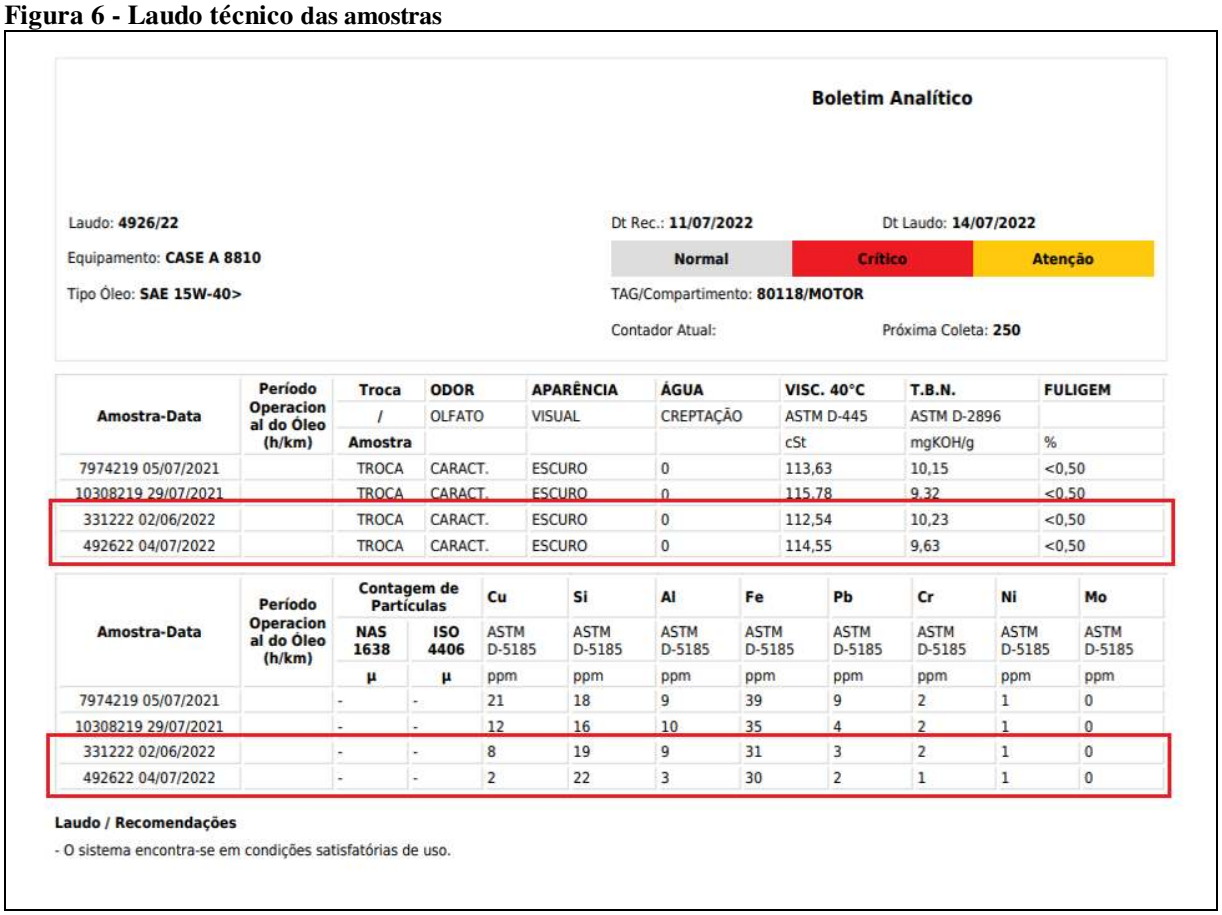
Na data do dia 01/06/2022 foi realizado uma troca de óleo dentro do prazo, com o período total de trabalho de 349 horas. A equipe da manutenção realizou a coleta da amostra, e após mais 579 horas de trabalho, no dia 04/07/2022 outra amostra foi recolhida e ambas foram enviadas para laboratório para serem analisadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No laboratório externo, ambas as amostras foram analisadas e o laudo foi encaminhado ao gestor de PCM via e-mail. A figura 6 mostra a comparação dos resultados.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Figura 6 - Laudo técnico das amostras



Boletim Analítico

Laudo: **4926/22**
Dt Rec.: **11/07/2022**
Dt Laudo: **14/07/2022**
Equipamento: **CASE A 8810**
Normal | **Crítico** | **Atenção**
Tipo Óleo: **SAE 15W-40>**
TAG/Compartimento: **80118/MOTOR**
Contador Atual:
Próxima Coleta: **250**

Amostra-Data	Período Operacional do Óleo (h/km)	Troca / Amostra	ODOR OLFATO	APARÊNCIA VISUAL	ÁGUA CREPTAÇÃO	VISC. 40°C ASTM D-445 cSt	T.B.N. ASTM D-2896 mgKOH/g	FULIGEM %
7974219 05/07/2021		TROCA	CARACT.	ESCURO	0	113,63	10,15	<0,50
10308219 29/07/2021		TROCA	CARACT.	ESCURO	0	115,78	9,32	<0,50
331222 02/06/2022		TROCA	CARACT.	ESCURO	0	112,54	10,23	<0,50
492622 04/07/2022		TROCA	CARACT.	ESCURO	0	114,55	9,63	<0,50

Amostra-Data	Período Operacional do Óleo (h/km)	Contagem de Partículas NAS 1638 µ	Contagem de Partículas ISO 4406 µ	Cu ASTM D-5185 ppm	Si ASTM D-5185 ppm	Al ASTM D-5185 ppm	Fe ASTM D-5185 ppm	Pb ASTM D-5185 ppm	Cr ASTM D-5185 ppm	Ni ASTM D-5185 ppm	Mo ASTM D-5185 ppm
7974219 05/07/2021		-	-	21	18	9	39	9	2	1	0
10308219 29/07/2021		-	-	12	16	10	35	4	2	1	0
331222 02/06/2022		-	-	8	19	9	31	3	2	1	0
492622 04/07/2022		-	-	2	22	3	30	2	1	1	0

Laudo / Recomendações
- O sistema encontra-se em condições satisfatórias de uso.

Fonte: Sistema de gestão de manutenção automotiva da empresa pesquisada (2023)

Após a interpretação do laudo foi constatado que as características sensitivas da segunda amostra (odor, aparência, água e fuligem) não apresentaram nenhuma irregularidade. Na contagem de partículas não houve aumento de ppm (partes por milhão) em nenhum dos compostos ferrosos em relação a análise anterior. Na contagem de partículas de silício (Si), que é responsável por determinar contaminação por sujeiras externas, foi encontrado um aumento na segunda amostra em comparação a primeira. A presença de silício no material em alguns casos pode indicar contaminação por sujeiras no momento da coleta, por isso é enfatizado a importância da utilização das ferramentas adequadas e o cuidado em seguir os procedimentos corretos é essencial para o resultado mais preciso. De forma geral, o laboratório determinou mediante estudo dos resultados que o sistema apresentava condições de uso satisfatórias, compreendendo que a extensão monitorada, não interferiu na qualidade do material nem no funcionamento do equipamento.

Os resultados obtidos através das análises foram importantes para auxiliar a gestão da manutenção na tomada de decisões de aumentar o tempo entre as trocas de 400 horas para 500 horas. Através desta manobra foi possível realizar alguns cálculos que influenciam diretamente no custo de manutenção da safra.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

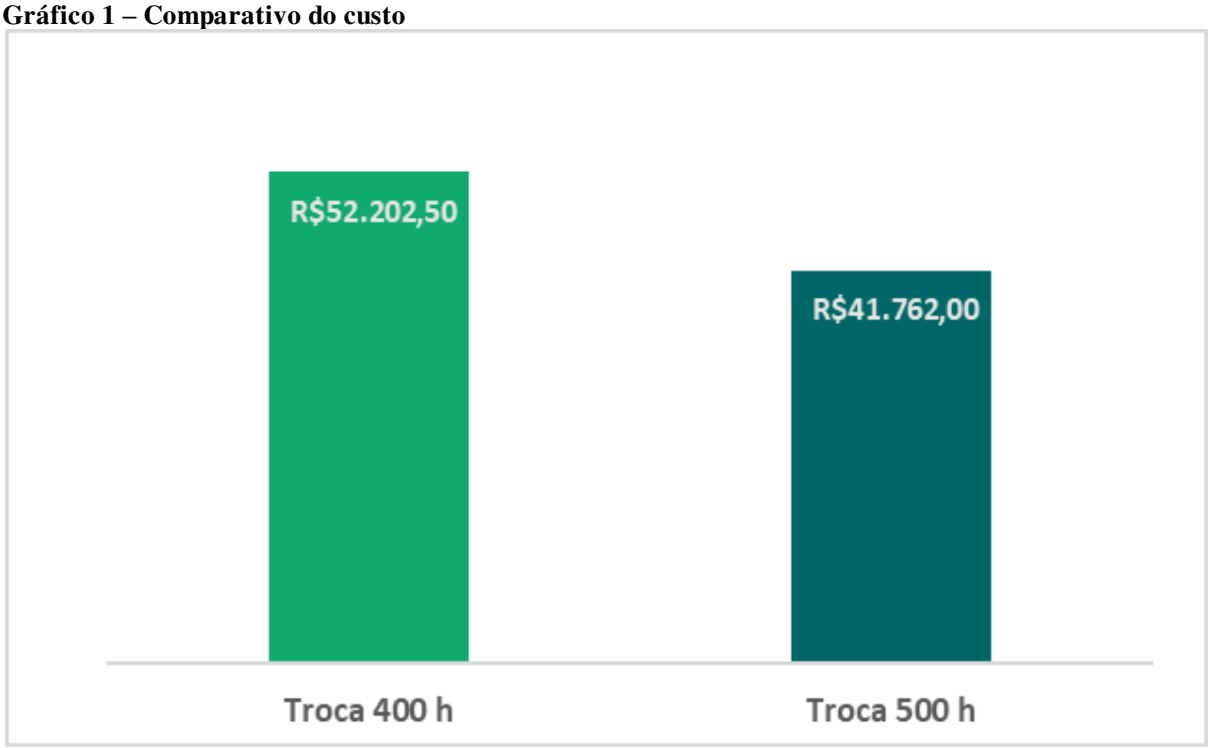
Tabela 2 – Representação do custo por troca de óleo

Material	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Óleo Motor	24,00	R$ 14,90	R$ 357,60
Filtro Óleo Motor	1,00	R$ 82,00	R$ 82,00
Custo Por Troca			R$ 439,60

Fonte: Elaborada pelos autores com fundamento nos dados obtidos pela empresa (2023)

A tabela 2 mostra que cada troca de óleo considerando apenas os valores de materiais, tem um custo de R$ 439,60. A empresa possui 19 colhedoras de cana que trabalham cerca de 2500 horas por safra. Multiplicando os valores, temos os seguintes resultados:

Gráfico 1 – Comparativo do custo



Fonte: Sistema de gestão de manutenção automotiva da empresa pesquisada (2023)

Com a implantação dessa nova metodologia, realizou-se o comparativo entre o plano anterior, e concluiu-se que houve uma redução total de R$ 10.440,50, representando uma economia de 20%, no custo com trocas de óleo de motor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o estudo dos resultados obtidos com a nova metodologia de acompanhamento de troca de óleo de motor, é valido afirmar que houve redução de custos para a empresa por meio da manutenção preditiva em colhedoras de cana de açúcar, tornando possível estender a vida útil do óleo lubrificante, sem diminuir a eficiência do equipamento, garantindo a disponibilidade e a confiabilidade das colhedoras durante a safra para o comprimento das metas de colheita estabelecidas pela empresa. A partir dos resultados obtidos é possível concluir também que mediante futuras análises de amostras de óleo é possível adotar a estratégia para outros tipos de compartimentos de outros tipos de máquinas agrícolas.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462:** confiabilidade e mantenabilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

CHEVRON U.S.A. **DELO® 400 SDE SAE 15W-40**. 2020. p. 3. Disponível em: https://www.texaco.com.br/wp-content/uploads/2017/09/Delo-400-SDE-SAE-15W-40-180820PTBR.pdf Acesso em: 05 abr. 2023.

CNH INDUSTRIAL LATIN AMERICA LTDA. **CASE IH Manual do Operador A8810**. Sorocaba: CNH CASE IH, 2018.

FONSECA, G. **Lubrificantes Automotivos: O Que Todo Motorista Deve Saber**. 2019. Disponível em: https://doutormultas.com.br/lubrificantes-automotivos/. Acesso em: 18 jan. 2023.

KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 1998.

PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de Manutenção:** teoria e prática. 2. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2011.

ROMÃO, D. **O que é Gestão da Manutenção? |** ENGETELES – Engenharia de Manutenção, 2021 Disponível em: https://engeteles.com.br/gestao-da-manutencao-2/. Acesso em: 18 jan. 2023.

TELES, J. **O que é Manutenção Preditiva? |** ENGETELES - Engenharia de Manutenção. 2017. Disponível em: https://engeteles.com.br/manutencao-preditiva/. Acesso em: 18 jan. 2023.

UNICA. **Safra no CS processa mais de 548 mi de toneladas de cana**. 2023. Disponível em: https://unica.com.br/noticias/safra-no-cs-processa-mais-de-548-mi-de-toneladas-de-cana/#:~:text=Nesse%20mesmo%20per%C3%ADodo%20no%20ano,avan%C3%A7o%20de%204%2C61%25. Acesso em: 17 mai. 2023.

VIANA, Herbert. **Planejamento e Controle da Manutenção**. 5. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2013.