

Artigo

Manutenção preditiva por análise de óleo: um estudo de caso em frota de equipamentos pesados.

Luiz Claudio Paulino Cavalcante Júnior^[1], Daut de Jesus Nogueira Peixoto Couras^[2]

^[1] Universidade Federal Rural do Semiárido, Engenharia Mecânica; aluno; jr-claudio@hotmail.com

^[2] Universidade Federal Rural do Semiárido, Engenharia Mecânica; orientador; dautcouras@ufersa.edu.br

Data da defesa: 18/04/2024;

Resumo: A necessidade de garantir maior confiabilidade nos equipamentos de uma linha de produção atrelado à redução de custos e maior disponibilidade para os processos produtivos fez com que as grandes empresas buscassem estratégias de manutenção que otimizassem esses fatores. Com a evolução da manutenção e a possibilidade de prever falhas, as técnicas preditivas se tornam umas das melhores alternativas, pois são capazes de analisar parâmetros e fornecerem à equipe de mantenedores reais condições operacionais dos equipamentos. Este trabalho analisa um estudo de caso da implantação da manutenção preditiva através da análise de óleo em uma frota de veículos pesados e tem como resultado a visão inicial de como estão os níveis de desgaste dos ativos monitorados, chegando à conclusão de que em conjunto com um bom plano de ação, a manutenção preditiva é viável para a gestão de manutenção da empresa trazendo redução de custos com corretivas, evitando paradas não programadas e horas ociosas dos ativos.

Palavras-chave: Manutenção; confiabilidade; análise; preditiva.

1. INTRODUÇÃO

A indústria está buscando, cada vez mais, maneiras de otimizar a gestão dos seus ativos e sua linha de produção, visando a redução de custos operacionais e aumento da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos que a compõem. A manutenção preditiva surge como uma alternativa a ser adotada, pois, tem como objetivo a apresentação das reais condições de trabalho dos equipamentos, podendo identificar falhas potenciais antes que se tornem falhas operacionais.

Atualmente existem várias técnicas preditivas no mercado, muitas delas em constante desenvolvimento e cada vez mais tecnológicas, buscando trazer maior efetividade, automatização e assertividade no diagnóstico de falhas. Com o propósito de reduzir e até mesmo eliminar falhas, as empresas adotam criações de planos de manutenção, a fim de colocar na rotina técnicas como análise de vibração, ultrassom, termografia, inspeções sensitivas, lubrificação e coletas para análise de óleo [1] (p. 1).

Entre as diversas técnicas empregadas como manutenção preditiva, a análise de óleo se destaca para equipamentos que possuem partes móveis, como caixas de engrenagens de transmissão de força e redutores, levando em consideração que a lubrificação é responsável por controlar temperatura, atrito, dentre outros fatores que podem levar à quebra dessas peças [2].

Com isso é importante que a lubrificação dos equipamentos seja realizada da maneira correta, utilizando o lubrificante adequado para cada aplicação. Através da análise de óleo é possível ter o acompanhamento das condições do lubrificante

que está no equipamento, tornando evidente quando ele estiver contaminado ou já não possua mais as características necessárias para desempenhar sua função [1] (p. 2).

Admitindo que a manutenção seja uma ação que visa assegurar a boa condição de funcionamento de uma linha de produção, de modo a garantir disponibilidade e qualidade no processo produtivo, bem como prevenir possíveis falhas, este trabalho busca evidenciar a importância do uso de novas técnicas e de novas tecnologias em um estudo de caso de exemplos concretos de utilização da manutenção preditiva mediante a análise de óleo em uma frota de veículos pesados, destacando suas estratégias de uso e benefícios para a empresa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO

O conceito de manutenção surge como a resolução de uma falha com a corretiva, evolui para prevenção da falha com a preventiva e, hoje, as técnicas são capazes de prever a falha a partir da manutenção preditiva atrelada à indústria 4.0.

- **Manutenção Corretiva:** foi o primeiro momento das práticas de manutenção, que surgiu em meados dos anos 1930 em plantas militares e tinha como objetivo manter as unidades de combate em bons níveis de funcionamento e conservação apenas com a reparação ou substituição de peças danificadas. Essa prática interventiva, por ser realizada após a ocorrência, aumenta os custos de manutenção e demanda um maior intervalo de tempo até que o ativo esteja operacional novamente [3].
- **Manutenção Preventiva:** a partir dos anos 1950, com o surgimento das linhas de produção, as empresas começaram a reconhecer a importância da manutenção quando sentiram os impactos financeiros das paradas não programadas. Então, foram desenvolvidos os métodos preventivos, que tinham como objetivo evitar a falha. A frequência a ser realizado esse tipo de manutenção está ligada ao período de funcionamento do equipamento e tem como desvantagem a possível desconsideração de peças que ainda estavam em boas condições de uso [3].
 - **Manutenção Preditiva:** “Manutenção preditiva é aquela em que se indicam os estados reais de funcionamento do equipamento com base em dados gerados que informam o seu desgaste ou processo de degradação” [4] (p. 23). Esse tipo de manutenção tem como objetivo principal evitar a falha de equipamentos através do acompanhamento de parâmetros de funcionamento sem intervenções. A análise dessas informações vai prever o quanto esse equipamento pode funcionar antes que seja necessária uma parada, que ocorrerá quando o grau de desgaste ou degradação de um ou mais componentes de um equipamento atingir um limite estabelecido anteriormente. Apesar da redução de custos, evitando a substituição desnecessária de peças e programando paradas para intervenção, a manutenção preditiva precisa de aprimoramento em técnicas que sejam eficazes de acordo com a operação do dispositivo, além de uma equipe qualificada para realizar a manutenção e programar os planos de ação, o que vai demandar um custo adicional à empresa.
- **Indústria 4.0:** A Quarta Revolução Industrial, conhecida como Indústria 4.0, surgiu na década de 2010, a partir de um projeto na estratégia de alta tecnologia do governo alemão, que promove a informatização da fabricação e manufatura de produtos, criando o que foi chamado de “fábrica inteligente”. Dentro das fábricas inteligentes os sistemas ciber físicos monitoram processos físicos, criam uma “cópia virtual” do mundo físico e tomam decisões descentralizadas [5]. A utilização das inovações da indústria 4.0 em conjunto com a evolução da manutenção, permite que uma equipe de manutenção tenha parâmetros, análises e tratamento de dados em tempo real e em qualquer lugar, tornando a produtividade e confiabilidade de uma linha de produção cada vez maior.

A Figura 1 demonstra as principais características, possibilidades de dados que podem ser obtidos em cada uma delas e a comparação quanto a custo, disponibilidade e confiabilidade da linha de produção de cada etapa evolutiva da manutenção.

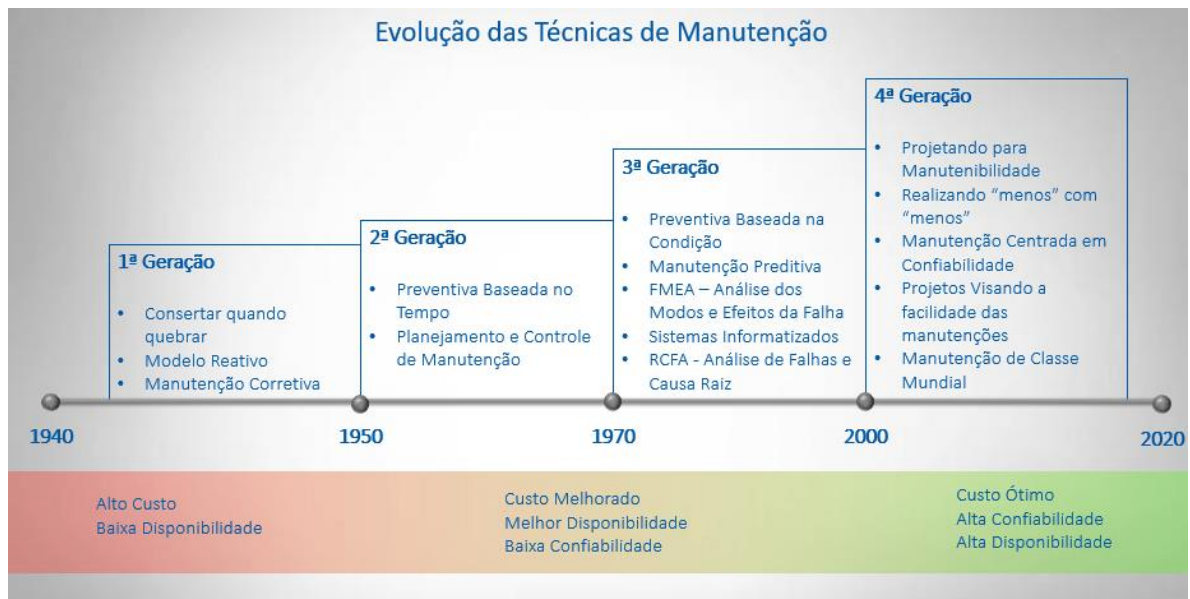


Figura 1: Evolução da manutenção [5].

2.2 TÉCNICAS PREDITIVAS

Existem diversas técnicas que são utilizadas na manutenção preditiva para que se tenha a informação das condições de funcionamento de um equipamento. Dentre essas tantas técnicas, destacam-se: análise vibratória, análise de óleo e termografia.

- **Análise vibratória:** “vibração é um movimento oscilatório de uma máquina, em resposta às forças dinâmicas que as excitam, em torno de uma posição de referência, induzindo desgastes e fadigas de seus componentes e resultando em quebras definitivas do equipamento” [2] (p. 638). A obtenção e tratamento desses dados vão diagnosticar as condições do equipamento, normalmente os pontos onde são realizadas análises vibratórias são em eixos rotativos onde ocorrem transmissão de força ou em bases de fixação da máquina. O resultado negativo desse teste geralmente se dá pelo desbalanceamento, desalinhamento ou desgaste de rolamentos e/ou mancais que estão acoplados aos eixos rotativos.
- **Análise de óleo:** a lubrificação de partes móveis está diretamente ligada à saúde do equipamento que elas fazem parte, sendo responsável pela redução de atrito, temperatura e desgaste dessas partes móveis. Assim, é realizada a coleta do óleo usado e analisada em laboratório para monitorar seus parâmetros e possíveis contaminantes. Se o resultado não apresentar anormalidades o fluido continua apto, porém, se apresentar alguma contaminação, seja por meios externos ou por desgaste das peças, deve haver intervenção para aumentar a vida útil desse equipamento.
- **Termografia:** Os equipamentos eletrônicos e mecânicos possuem a temperatura correta de operação, quando determinado componente ou equipamento encontra-se numa temperatura maior ou menor do que a especificada pelo fabricante, podem ocorrer comportamentos inapropriados ou paradas totais [2] (p. 640). Para realização dessa prática, é necessária uma câmera termográfica, que através de raios infravermelhos, cria um mapa de calor indicando a temperatura em cada local do sistema. Em equipamentos elétricos, os pontos de calor anormais podem indicar sobrecargas, conexões soltas, alta resistência elétrica, dentre outros exemplos que podem reduzir a vida útil do sistema. Já em componentes mecânicos pode indicar lubrificação inadequada, atrito elevado, desalinhamento de eixos e outras falhas mecânicas.

2.3 LUBRIFICAÇÃO

O processo de lubrificação é fundamental para garantir o funcionamento ideal e uma boa durabilidade de qualquer sistema que possua partes móveis. Os primeiros registros de utilização de lubrificação foram pelos egípcios que utilizaram gordura animal para facilitar o transporte de grandes blocos de concretos.

Foram encontrados no período de 200 a.C os primeiros indícios de lubrificação nas rodas do trenó que pertenceu ao rei do Egito Ra-Em-Ka. O material lubrificante encontrado era de origem animal (sebo de boi ou carneiro). Através dessa descoberta foi possível confirmar que os egípcios utilizavam esses sebos como forma de lubrificação em seus trenós o que facilitava o deslocamento dos trenós evitando assim atritos entre as partes móveis [6] (p. 13).

Após a descoberta dos materiais lubrificantes, os povos passaram a utilizá-los com mais frequência em tudo que havia necessidade, como portões, fechaduras, eixos de carruagens. Com o descobrimento de novos lubrificantes, a exemplo do petróleo, em conjunto com as revoluções industriais, em que as máquinas de manufatura precisavam serem lubrificadas para um bom funcionamento, a lubrificação começou a ser tratada como uma técnica de manutenção, de maneira preventiva [7].

Atualmente, a lubrificação está presente em diversos setores da indústria e fora dela e, na medida em que acontecem os avanços tecnológicos nas linhas de produção, os materiais lubrificantes, com destaque para o óleo e a graxa, sofrem atualizações a fim de atenderem de maneira mais eficiente todos os sistemas onde são empregados, sempre visando redução de desgaste e longevidade das peças. Entretanto, é necessária a realização de um planejamento na sua utilização, seja em relação à periodicidade, qualidade e adequação do óleo ao equipamento e a operação que vai exercer [8].

Em motores e caixas de engrenagens são utilizados óleos lubrificantes, responsáveis pela redução de atrito, temperatura e desgaste das partes metálicas que estão em contato. Para que isso ocorra como desejado, é necessário utilizar o óleo cujas especificações atendam às normas recomendadas pelo fabricante. A utilização incorreta desse óleo pode acarretar efeitos contrários aos esperados, pois a composição química do produto não adequado pode causar reações com o material da peça, levando ao aumento da temperatura e do atrito e podendo causar corrosão ou oxidação do metal, tendo como consequência a redução da vida útil e a ineficiência do equipamento [6].

3 Desenvolvimento

3.1 METODOLOGIA

O estudo de caso foi realizado em uma empresa de grande porte que atua nos segmentos de mineração, construção e pavimentação, localizada no estado do Rio Grande do Norte que possui uma frota com mais de 250 ativos entre máquinas pesadas e caminhões. A implantação da manutenção preditiva através da técnica de análise de óleo visa reduzir o número de corretivas não programadas e, conseqüentemente, diminuir as despesas da empresa.

A análise de óleo pode ser feita pela própria empresa, desde que ela disponha dos equipamentos necessários, o que não é o caso e, por isso, é celebrado um contrato entre a empresa e um laboratório especializado nesse tipo de serviço. A construtora adquire a quantidade desejada de kits de amostragem como o apresentado na Figura 2, que custa R\$ 49,00 a unidade, compostos por recipiente para coleta e formulário para preenchimento das informações, como TAG, contador (quilometragem ou horas de trabalho), compartimento de onde foi feita a coleta, viscosidade e marca do óleo. Em posse dos kits, a empresa realiza a coleta das amostras, utilizando uma bomba de sucção e uma mangueira que permite captar o fluido diretamente do compartimento onde atua, com intuito de reduzir as chances de haver contaminantes externos (poeira, água) nas amostras.



Figura 2 Kit de amostragem para coleta de óleo para análise. Fonte: autoria própria

Esse procedimento ocorre durante a realização da manutenção preventiva, aproveitando o momento que o veículo não está em uso. As amostras coletadas são enviadas para o laboratório responsável pela análise da amostragem que emitirá os resultados com o status de cada uma, indicando a ação sugerida e a ação detalhada para cada amostra de acordo com os parâmetros obtidos.

Na empresa estudada, foi definido pela gerência que no primeiro momento a ideia seria abranger o maior número de ativos possível, ou seja, não seriam coletadas amostras de ativos repetidos, apenas daqueles que ainda não haviam entrado para análise, com o objetivo de se ter uma visão geral de como estava a saúde atual da frota e quais seriam as medidas tomadas de acordo com o resultado, como mostra no quadro da Figura 3.

STATUS	AÇÃO SUGERIDA
NORMAL	NENHUMA AÇÃO
ATENÇÃO	VERIFICAÇÃO NA PRÓXIMA PARADA
ANORMAL	INTERVENÇÃO NA PRÓXIMA PARADA
CRÍTICO	INTERVENÇÃO URGENTE

Figura 3 Resultado de amostragem e ação sugerida. Fonte: autoria própria

3.2 RESULTADOS

O período de acompanhamento das análises de óleo foi de julho a dezembro de 2023, resultando em um total de 110 amostras coletadas de diferentes compartimentos de um total de 33 ativos, correspondente ao monitoramento preditivo de aproximadamente 13% da frota total da empresa. O Gráfico 1 mostra o resultado:

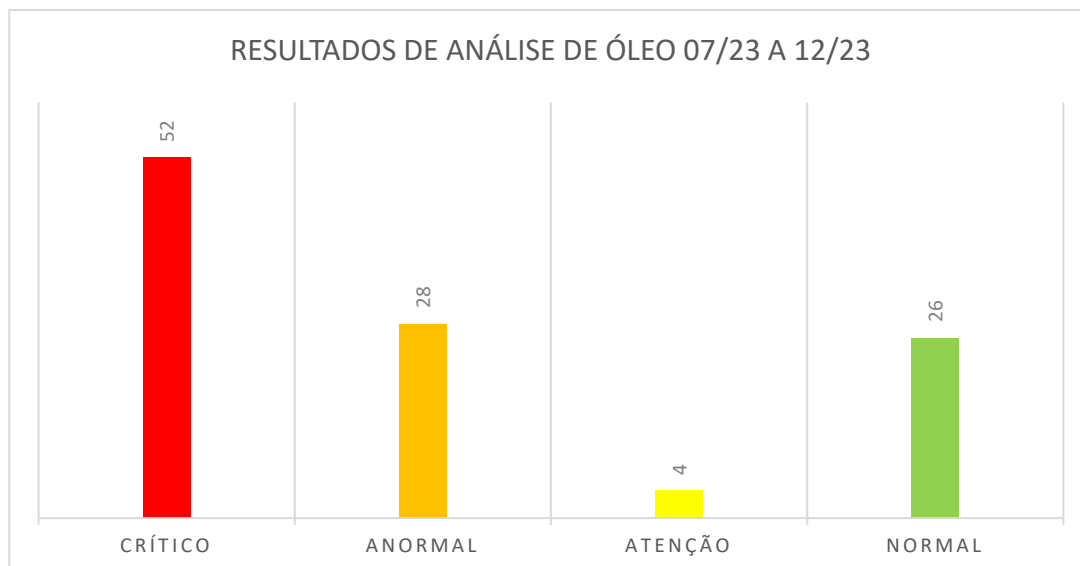


Gráfico 1: resultado de amostragem de análise de óleo. Fonte: autoria própria

O Gráfico 1 mostra o status das amostragens de acordo com os resultados do laboratório, a partir desses números serão definidas as ações a serem tomadas e a criticidade da intervenção. Das 110 amostras, 26 delas (23,65%) não necessitarão de nenhuma ação, pois, não foram encontradas anormalidades

O plano de ação adotado pela empresa foi adaptado do plano sugerido pelo laboratório mediante supervisor de manutenção e executado pelos mecânicos mantenedores. Das 84 amostras que tiveram resultado diferente de normal, apenas 4 se enquadram no plano de ação de verificação, que consiste em averiguar as vedações do compartimento, realizar uma análise visual do óleo e verificar o funcionamento do ativo. Não encontrando nenhuma anormalidade, o ativo segue liberado para operação. Entretanto, as demais seguem o plano de intervenção, consistente em:

- Anormal: verificar a presença de vazamentos, realizar a limpeza da parte externa do compartimento para que se possa identificar se houver vazamento futuro, fazer a inspeção visual do óleo e do compartimento, se existem fragmentos metálicos ou indícios de contaminação externa, avaliar o funcionamento do ativo e liberá-lo para operação.
- Crítico: fazer a drenagem completa do óleo em uso, abrir o compartimento, realizar a limpeza interna, substituir as vedações, avaliar se existem fragmentos e indícios de desgaste excessivo, colocar óleo novo de acordo com a norma e padrões do fabricante, realizar teste no ativo e liberá-lo para operação.

Independendo do tipo de ação realizada, se for detectada alguma anormalidade, como vedações avariadas, sinais de desgaste, contaminação externa, contaminação por materiais ou fragmentos metálicos, a ação deve ser de caráter corretiva, a fim de sanar a irregularidade ali observada.

Analisando os resultados, os compartimentos que tiveram os piores resultados fazem parte do sistema de transmissão (caixa de marcha e eixos), totalizando 37 (71%) resultados críticos, o que pode ser decorrente da falta de manutenção preventiva combinada com o esforço excessivo que a operação desses veículos exige, visto que sempre são submetidos a cargas muito elevadas. Assim, esse sistema se tornou o foco de intervenção da equipe de manutenção, com o intuito de observar cada caso e substituir o óleo de todos os compartimentos de transmissão com estado de saúde crítico.

O sistema da Figura 4 se trata da caixa de satélites com as engrenagens planetárias que compõem o eixo diferencial de um caminhão basculante. Esse tipo de ativo tem sua operação considerada como severa, chegando a transportar cargas de mais de 20 toneladas em terrenos fora de estrada e a foto evidencia o atrito anormal da arruela de encosto com a caixa externa, sinais de desgaste nos pontos de contato dos dentes das engrenagens e sinais de oxidação. Tais fatores podem ter sido ocasionados pela lubrificação não adequada do sistema, sendo utilização de óleo inadequado ou negligência da preventiva, não obedecendo ao período de troca estipulado pelo fabricante. A substituição de um conjunto de peças como esse pode ter um custo que ultrapassa os R\$ 10.000,00, além de que impossibilita a operação do ativo, deixando esse de produzir e gerar faturamento para a empresa.

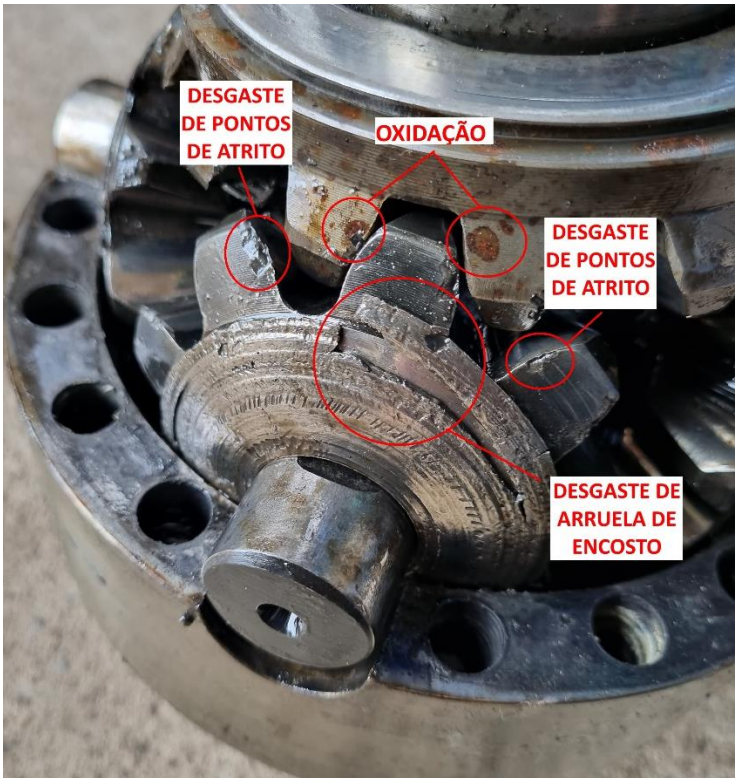


Figura 4 engrenagens planetárias danificadas. Fonte: autoria própria

Os resultados obtidos também foram importantes para mostrar que a operação de cada ativo pode influenciar no desgaste de peças por contaminação externa, como revela a avaliação da amostragem dos caminhões pipa (Quadro 1), em que as amostras dos compartimentos de transmissão demonstram alta contaminação externa devido à grande concentração de água detectada no óleo. Com isso, é importante que esse tipo de ativo tenha inspeções periódicas e manutenções preventivas com intervalos específicos, para que a contaminação não cause um desgaste excessivo e leve à parada do equipamento.

TAG	TIPO	Status do Laudo	Compartimento	Óleo	Avaliação
3114	CAMINHÃO PIPA	Crítico	CAIXA DE MARCHA	75W80	Encontrado concentração de Ferro e Contaminação por Água de 5471 ppm. O resultado indica contaminação externa e desgaste do compartimento. Devido as condições do óleo não foi possível realizar todos os ensaios previstos.
3504	CAMINHÃO PIPA	Crítico	EIXO DIANTEIRO	SAE 140	Encontrado leve índice de PQ e alta Contaminação por Água de 43924 ppm, causando turbidez da amostra e impossibilitando a realização dos demais ensaios do plano de análise. Os resultados indicam desgaste do compartimento e contaminação externa.
3504	CAMINHÃO PIPA	Crítico	EIXO TRASEIRO	SAE 140	Encontrado alta concentração de Ferro, Cobre, Silício, Alumínio, leve índice de PQ, partículas metálicas, alta contaminação por água de 9407 ppm e baixa viscosidade do óleo. Os resultados indicam contaminação externa, desgaste acentuado do compartimento e possível mistura de lubrificantes de diferentes especificações.

Quadro 1 avaliação de amostragem de caminhões pipa. Fonte: autoria própria

Das 84 amostras que indicavam a necessidade de intervenção, 53 foram concluídas até o fim do acompanhamento em dezembro de 2023 (Gráfico 2). Assim, temos que 63% dos planos de ação foram executados e, de um total de 110 amostras coletadas, 79 delas estão em boas condições de operação em razão das iniciativas implementadas no programa de manutenção da frota por meio da técnica preditiva de análise de óleo.



Gráfico 2 resultado de planos de ação. Fonte: autoria própria

De todas as ações realizadas, em nenhuma delas, as engrenagens ou o motor estavam com desgaste demasiado, a ponto de ser necessária a substituição do conjunto, o que aumentaria muito o custo das ações. Nesse sentido, a grande maioria das intervenções foi concluída apenas com a troca do óleo e aplicação de óleo recomendado para o compartimento em questão – material esse que a empresa possui em estoque para realização das manutenções preventivas – porém, alguns ativos precisaram também de substituição de peças, como vedações e retentores que estavam sendo responsáveis pela contaminação externa do compartimento.

TAG	COMPARTIMENTO	DIAGNÓSTICO	AÇÃO CORRETIVA	CUSTO CORRETIVA	CUSTO APROXIMADO EM CASO DE FALHA	ECONOMIA
3036	EIXOS DIANTEIRO E TRASEIRO	Encontrado concentração de Ferro, Silício, Cobre, índice de PQI e Partículas Metálicas. Os resultados indicam contaminação externa e desgaste do compartimento.	SUBSTITUIÇÃO DOS RETENTORES DE RODA E SUBSTITUIÇÃO DO ÓLEO (SAE 140)	R\$ 1.350,00	R\$ 6.000,00	R\$ 4.650,00
3061	EIXO DIANTEIRO	Encontrado concentração de Ferro, Silício, Cobre, índice de PQI e Partículas Metálicas. Os resultados indicam contaminação externa e desgaste do compartimento.	SUBSTITUIÇÃO DO RESPIRO DO DIFERENCIAL; SUBSTITUIÇÃO DO ÓLEO (75W80) E FILTRO DO DIFERENCIAL	R\$ 570,00	R\$ 2.800,00	R\$ 2.230,00
3504	EIXOS DIANTEIRO E TRASEIRO	Encontrado alta concentração de Ferro, Cobre, Silício, Alumínio, leve índice de PQ, partículas metálicas, alta contaminação por água de 9407 ppm e baixa viscosidade do óleo. Os resultados indicam contaminação externa, desgaste acentuado do compartimento e possível mistura de lubrificantes de diferentes especificações.	SUBSTITUIÇÃO DA JUNTA DE VEDAÇÃO DO DIFERENCIAL; APLICAÇÃO DO ÓLEO RECOMENDADO PELA MONTADORA (SAE 140)	R\$ 1.180,00	R\$ 5.500,00	R\$ 4.320,00
3114	EIXOS DIANTEIRO E TRASEIRO	Encontrado concentração de Ferro e Contaminação por Água de 5471 ppm. O resultado indica contaminação externa e desgaste do compartimento. Devido as condições do óleo não foi possível realizar todos os ensaios previstos	SUBSTITUIÇÃO DA JUNTA DE VEDAÇÃO DO DIFERENCIAL; APLICAÇÃO DO ÓLEO RECOMENDADO PELA MONTADORA (75W80)	R\$ 950,00	R\$ 5.100,00	R\$ 4.150,00

Quadro 2 comparação de custo de ações e custo de corretiva por falha. Fonte: autoria própria

O Quadro 2 mostra que através da precisão da análise de óleo, é possível realizar as ações corretas, evitando a substituição não necessária de peças e atentando para itens como vedações e mangueiras de respiro que passam despercebidas no momento da manutenção preventiva, além de identificar a utilização de lubrificação incorreta. Tudo isso reflete no aumento da disponibilidade dos ativos, consequentemente, maior produtividade e qualidade na operação e principalmente a redução de custos. Como é apresentado no Quadro 2, há uma economia de aproximadamente 80% na relação do que foi gasto pelos resultados das amostragens e de uma possível corretiva não programada.

3.3 CONCLUSÃO

Através do presente trabalho foi possível compreender como a evolução da manutenção foi importante para a indústria e para linhas de produção como um todo, com destaque para a manutenção preditiva e suas técnicas, sendo possível ter a informação real sobre as condições de trabalho dos equipamentos e seus subsistemas, além de uma personalização de planos de ação corretivos e preventivos de acordo com a operação desempenhada por cada ativo.

A análise de óleo é uma técnica preditiva que se mostrou indispensável no segmento do estudo de caso realizado, pois é capaz de apresentar a saúde do trem de força dos ativos de maneira que seja possível detectar tudo que está anormal e suas causas, bem como realizar as intervenções necessárias para evitar a não operação deles.

O trabalho se mostrou essencial para observação do que se pode extrair de informações com a aplicação dessa e de outras técnicas de manutenção preditiva e como isso pode impactar financeiramente para a empresa, seja na redução dos custos de manutenções corretivas não programadas, seja na hora improdutiva do ativo, além de que o investimento inicial é irrisório frente as despesas de uma possível manutenção corretiva por falha de qualquer sistema de trem de força de um ativo.

É possível concluir que a aplicação da manutenção preditiva através da análise de óleo em uma frota de veículos pesados é viável, desde que tenha um passo a passo a ser seguido e que sejam criados planos de ação eficientes para o enriquecimento ainda maior do conceito de manutenção preditiva, que é fornecer as reais informações das condições de operação de um equipamento e prever uma possível falha dele, visando sempre a maior eficiência e qualidade na operação.

4. REFERÊNCIAS

[1] CORREA, KETLIN. **Manutenção preditiva em equipamentos industriais por análise de óleo**

lubrificante. Ponta Grossa, 2022. Disponível em:

<https://repositorio.pgsscogna.com.br/handle/123456789/50765>. Acesso em: 27 mar. 2024.

[2] PIRES, C. A.; OKADA, R. H. MANUTENÇÃO PREDITIVA: estratégia de produção e redução de custos. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 635–647, 2020. DOI: 10.31510/inf.v17i1.781.

Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/781>. Acesso em: 27 mar. 2024.

[3] CARREIRA, F.; SILVA, L.; CANEIRA, T. **Manutenção – Evolução e sua Importância**. Lisboa, 2010.

Disponível em: <https://www.studocu.com/pt-br/document/universidade-federal-de-alagoas/manutencao-industrial/manutencao-evolucao-e-sua-importancia/69475422>. Acesso em: 27 mar. 2024.

[4] DE OLIVEIRA, ANA PAULA ARÁUJO. **A evolução da manutenção industrial**. São Luís, 2019.

Disponível em: <https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/25336/1/atividade%2Bfinal.pdf>. Acesso em 27 mar 2024.

[5] TELES, JHONATA. **Indústria 4.0 – Tudo o que você precisa saber sobre a Quarta Revolução**

Industrial. [S.l.], 2017. Disponível em: <https://engeteles.com.br/industria-4-0/>. Acesso em: 27 mar. 2024.

[6] REIS FILHO, D. **A importância da lubrificação nos processos de manutenção industrial**. São Luís, 2018. Disponível em:
https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/25265/1/DANIEL_FILHO_ATIVIDADE%20DEFESA.pdf. Acesso em: 27 mar. 2024.

[7] DOS SANTOS, DOUGLAS FERREIRA. **A importância da lubrificação nas indústrias**. Jacareí, 2019. Disponível em:
https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/27823/1/DOUGLAS_FERREIRA_DEFESA.pdf. Acesso em 27 mar. 2024.

[8] KARDEC, A; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2009.