

Engenharia Mecânica

ANÁLISE DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES EM EQUIPAMENTOS MÓVEIS DE GRANDE PORTE NA MINERAÇÃO

LUBRICANT OIL ANALYSIS IN LARGE MOBILE EQUIPMENT IN MINING

Como citar esse artigo:

ARAÚJO, Gustavo Santos Rodrigues; OLIVEIRA, Lucas Batista; JÚNIOR, Valter Angeb 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; 1154-1167

Gustavo Santos Rodrigues de Araújo¹, Lucas Batista de Oliveira¹, Valter Ângelo da Fonseca Júnior¹, Jefferson Machado²

¹ Acadêmicos do Curso de Engenharia Mecânica

² Professor Orientador do Curso de Engenharia Mecânica

Resumo

É possível acompanhar e monitorar a saúde de suas máquinas e equipamento por meio da análise de óleo. Esse método permite identificar falhas precoces e identificar se o óleo lubrificante está em condição de aplicação, diminuindo custos e elevando a constância de seus equipamentos. A análise de óleo é um procedimento de manutenção preditiva de diagnóstico para acompanhar e examinar as condições dos fluidos e equipamentos. Ele permite que você potencialize a performance e fiabilidade de ativos por meio do reconhecimento de problemas antes que se tornem falhas. Essa ferramenta gera objetividade e garantia na tomada de decisões dos gestores, poupando tempo e economizando custos com manutenção. Na mineração os equipamentos móveis trabalham em condições que não são favoráveis, por causa do ambiente de trabalho ser crítico. Um dos principais contaminantes dos óleos lubrificantes na mineração está na presença de poeira, que reduz muito a vida útil do óleo lubrificante que está sendo usado no equipamento, porém existem muitos outros fatores que afetam o funcionamento do óleo, exatamente por esse motivo a análise do óleo entra em ação.

Palavras-Chave: análise; óleo lubrificante; manutenção; manutenção preditiva.

Abstract

You can track and monitor the health of your machines and equipment through oil analysis. This method allows you to identify early failures and identify if the lubricating oil is in application condition, reducing costs and increasing the consistency of your equipment. Oil analysis is a predictive diagnostic maintenance procedure to track and examine fluid and equipment conditions. It allows you to leverage asset performance and reliability by recognizing problems before they become failures. This tool creates objectivity and assurance in managers' decision making, saving time and saving maintenance costs. In mining, mobile equipment works in unfavorable conditions because the work environment is critical. One of the major contaminants of mining lubricating oils is the presence of dust, which greatly reduces the life of the lubricating oil being used in the equipment, but there are many other factors that affect the operation of the oil, oil kicks in.

Keywords: analyze; lubricant; maintenance; predictive maintenance.

Contato: gustavoaraujo_ptu@hotmail.com; lucasunai50@gmail.com; anfavz@terra.com.br;

Introdução

A análise de óleo lubrificante vem sendo muito usada em grandes empresas que mexem com equipamentos móveis de grande porte na mineração. Por que usar essa análise de óleo lubrificante em equipamentos na mineração? Pode existir risco de componentes (Ex: motores, transmissões, comandos finais e cubos) dos equipamentos móveis se danificarem por causa do óleo lubrificante? Teria como descobrir pela a análise

do óleo quais peças estão contaminando o óleo lubrificante?

Se a análise do óleo lubrificante mostrar as possíveis contaminações será possível tomar ação no equipamento, antes que ele venha a falhar.

Com a análise é possível mostrar evidências de desgastes de peças do motor, evitando que as mesmas terminem de quebrar causando transtornos maiores. Através da análise do óleo lubrificante consegue-se manter um controle referente à troca de óleo do motor, evitando o desgaste prematuro e mantendo manutenções em dia.

É possível acompanhar e monitorar a saúde de suas máquinas e equipamento por meio da análise de óleo. Esse método permite identificar falhas precoces e identificar se o óleo lubrificante está em condição de aplicação, diminuindo custos e elevando a constância de seus equipamentos.

A análise de óleo é um procedimento de manutenção preditiva de diagnóstico para acompanhar e examinar as condições dos fluidos e equipamentos. Ele permite que você potencialize a performance e fiabilidade de ativos por meio do reconhecimento de problemas antes que se tornem falhas. Essa ferramenta gera objetividade e garantia na tomada de decisões dos gestores, poupando tempo e economizando custos com manutenção.

Na mineração os equipamentos móveis trabalham em condições que não são favoráveis, por causa do ambiente de trabalho ser crítico. Um dos principais contaminantes dos óleos lubrificantes na mineração está na presença de poeira, que reduz muito a vida útil do óleo lubrificante que está sendo usado no equipamento, porém existem muitos outros fatores que afetam o funcionamento do óleo, exatamente por esse motivo a análise do óleo entra em ação.

Materiais e Métodos

Este projeto tem como área de estudo aplicação da análise em equipamentos móveis de grande porte na mineração. Aplicando esse processo de análise em todos equipamentos móveis de grande porte, tem a possibilidade de diminuir consideravelmente perdas e prejuízos nos equipamentos. Evitando que o óleo contaminado prejudique peças e componentes nesses equipamentos. Neste trabalho de conclusão de curso, uma pesquisa bibliográfica, qualitativa, exploratória e quantitativa.

Ao ponto de vista de (AMARAL, 2007), a pesquisa bibliográfica serve como embasamento teórico, a mesma é fundamental para todo o trabalho. Baseia-se na listagem, seleção, arquivamento das informações pertinentes e fichamento.

Para (ARAUJO, 2018), o princípio para desenvolver o escopo e programar o desenrolar do projeto tem como necessário a pesquisa bibliográfica, onde é definido como elaborar o projeto, como realizar a coleta de dados e lapidar em informações, além de, demonstrar todos os tipos de pesquisas e suas necessidades.

Segundo (GERHARDT e SILVEIRA, 2009), a pesquisa qualitativa é quando o estudo tem base na compreensão e avaliação de um grupo social em organização. E não se preocupa com resultados numéricos.

Conforme diz (GIL, 2010), a pesquisa exploratória busca a melhor compreensão e assertividade no tema que é estudado, através desse método é possível encontrar a confirmação ou a não da literatura estudada e projeto desejado.

De acordo com (FONSECA, 2002), pesquisa quantitativa é objetiva, e podem ter seus resultados quantificados como representação, e compreende que através de dados brutos pode chegar a uma análise próxima ou idêntica a real.

As grandes mineradoras sempre estão procurando maneiras para manter seus equipamentos trabalhando, de forma com que não falhem para não gerar prejuízo. Para manter a eficiência da operação, são feitos diversos tipos de manutenção nos equipamentos, a fim de se assegurar que os mesmos não venham a falhar de forma que atrapalhe ou pare a produção.

Devido às inovações tecnológicas, existem hoje, diversos tipos de ferramentas de suporte que garantem a confiabilidade dos equipamentos. Uma delas é a análise de óleo lubrificante, que vai ajudar a descobrir se determinado equipamento contém alguma falha prematura nas peças ou se as condições do óleo estão favoráveis para utilização, evitando gastos excessivos com manutenção corretiva e deixando o equipamento com disponibilidade para o uso.

A engenharia mecânica está ligada diretamente no setor de manutenções, principalmente em equipamentos de grande porte na mineração, onde juntamente com a engenharia de confiabilidade proporciona um melhor desempenho de suas máquinas, e garante a eficiência de todo sistema.

Identificar pela análise de óleo lubrificante a situação do fluido nos equipamentos móveis na mineração, para ajudar na manutenção e na disponibilidade dos equipamentos, visando reduzir custos com manutenção, economizar tempo e garantir confiabilidade na tomada de decisões.

- Análise do óleo lubrificante para verificar as condições do mesmo;
- Indicar desgaste prematuro nas peças do motor;

- Proporcionar uma ação no equipamento antes de gerar falha ou quebra do mesmo;
- Identificar contaminações externas ou internas no fluido;

Lubrificação:

Segundo Possamai (2011) o lubrificante tem como função criar uma película de óleo entre as superfícies em movimento para evitar o desgaste e reduzir o atrito, não permite que entre as superfícies tenha a entrada de contaminantes e evita a corrosão, também diminui a temperatura dos objetos que se movem.

De acordo com Brunetti (2015, vol. 2) A quantidade adequada de lubrificante e de extrema importância para que o sistema de lubrificação funcione e obtenha melhor desempenho, características do mesmo apropriado, pressão específica, acabamento das superfícies específico, tipo de material adequado e a dureza da superfície.

Contaminante

O óleo lubrificante por si só é um contaminante depois de retirado de um motor ou máquina que o utilize, tanto Silveira (2006) como Caland (2006) afirma que contidos no óleo usado estão presentes produtos de degradação, aditivos que foram acrescentados no mesmo, metais de desgaste, água, poeira e outras mais impurezas.

A análise de óleo é utilizada principalmente para identificar as condições do mesmo, e possíveis falhas do equipamento. O lubrificante tem dois tipos básicos de falhas, sendo a contaminação por desgaste do equipamento ou por agentes externos, um muito comum é a água, também pela perda de suas propriedades, com o tempo o mesmo perde propriedades e deixa de desempenhar sua função com destreza.

Contaminantes na maioria das hipóteses irão penetrar em compartimentos, por melhor que seja o envasamento do lubrificante, as vedações que estão atuando e o processo de manutenção e operação dos equipamentos. Esses contaminantes podem ser classificados como níveis aceitáveis ou não aceitáveis. O que determina esses níveis e das possíveis causas dessa contaminação é muito importante para evitar que não ocorra grandes falhas. Os principais elementos contaminantes são: Sódio, Potássio e Silício. Como elemento secundário, teremos o Alumínio, que são encontrados em alguns solos (CARVALHO, 2015).

Elementos de desgaste

Durante o processo de operação das máquinas as partículas que se soltam das peças permanecem grande maioria em suspensão no lubrificante. Segundo Carvalho

(2015) Esta análise identifica a quantidade e quais elementos estão presente no óleo lubrificante. A quantidade de elementos identificados e que vai determinar se tem algo anormal com o óleo lubrificante.

Os elementos de desgaste são: Cobre Ferro, Molibdênio, Prata, Níquel, Estanho, Chumbo, Alumínio e Cromo.

Análise do óleo

Todos lubrificantes têm como principal função reduzir o atrito e desgaste de elementos de equipamentos. Quase todos os sistemas mecânicos acontecem um desgaste antes que o equipamento venha a parar por falha, com a coleta e depois a análise das partículas de contaminação do lubrificante evita que seja desmontado qualquer equipamento, sem a necessidade de averiguar as superfícies que vão se desgastar.

Os dois principais objetivos da análise de óleo lubrificante são de detectar as condições em que se encontra o óleo e prováveis falhas no equipamento. As análises dos óleos lubrificantes são realizadas por amostras retiradas do equipamento e são divididas em grupos tais como, Análise de contaminações; Análise físico-química; Ferrografia e Espectrometria.

Análise de contaminações

A contaminação do óleo lubrificante pode acontecer por um desgaste do equipamento, pela infiltração de substâncias externas ou por reações do próprio óleo lubrificante. Para este tipo de análise, os principais ensaios são os Insolúveis em pentano; Karl Fischer e Destilação. (OIL CHECK, 2016)

Análise Físico-Químico

Os óleos lubrificantes se degradam devido ao contato com o calor, oxigênio e contaminantes em geral. Segundo Carvalho (2015) Os óleos de motores são ainda mais sujeitos à degradação quando entram em contato com enxofre, subprodutos da combustão, altas temperaturas e água produzida quando ocorre o processo de queima do combustível ou condensação.

A análise físico-química é feita pelos testes de viscosidade, infravermelho e TBN & TAN.

Teste de infravermelho

O teste de infravermelho determina os percentuais de nitração, fuligem, oxidação, sulfatação, combustível, glicol e água, através da comparação das características do óleo novo com as do óleo usado (CARVALHO, 2015).

Fuligem

De acordo com Carvalho (2015) resíduo de insolúvel, carbono é obtido durante a queima do combustível. Todo motor gera fuligem por processo natural, porém, por ser muito abrasiva, o seu exagero acelera o desgaste e causa muitos danos às peças do motor. A “mistura rica” é a principal fonte geradora quando se tem o excesso de fuligem, que no caso seria muito combustível e pouco ar.

Oxidação

Oxidação é a reação química do lubrificante com o oxigênio do ar atmosférico. Esta reação é acelerada por contaminação por água, altas temperaturas e prolongamento de trocas sem prévio monitoramento (CARVALHO, 2015).

Nitratos

Segundo Carvalho (2015) a nitração é surgida quando ocorre mistura do Oxigênio do ar e do Nitrogênio com as elevadas temperaturas e pressões do motor. A incidência maior ocorre em motores alimentados a gás natural

Os compostos resultantes do processo de combustão elevam sua viscosidade, diminuem as propriedades de lubrificação do óleo, causam o entupimento dos filtros e a formação de depósitos (CARVALHO, 2015).

Sulfatação

O enxofre encontra-se no óleo diesel e afeta os motores. Durante a combustão, o enxofre contido no óleo diesel oxida-se e, logo depois, se junta com a água formando o ácido sulfúrico, corroendo peças por dentro do motor. Ao determinarmos a sulfatação, verifica-se o lubrificante para ver se está sendo capaz de neutralizar os ácidos gerados (CARVALHO, 2015).

Água

Ao entrar em contato com a água o lubrificante perde suas propriedades de lubrificação, causando a degradação do óleo que vai-se oxidar, fazendo assim que fique

com elevadas temperaturas (CARVALHO, 2015).

Glicol

Como disse Carvalho (2015) este teste, podemos saber se está ou não passando líquido arrefecedor para o sistema de lubrificação. A mistura de água mais o glicol nos permite verificar se a água é proveniente de contaminação externa ou Sistema de arrefecimento.

Combustível

Principal objetivo é verificar o percentual de combustível que está presente na amostra de óleo. Pois segundo Carvalho (2015) combustível é um dos contaminantes que mais prejudica ao lubrificante, pois causa a perda de sua viscosidade ao diminuir a espessura do filme lubrificante, deixando acontecer o contato metal com metal, e com isso trazendo sérios danos ao motor (S.O.S service, 2016).

TNB e TAN

O TBN é o teste que determina a reserva alcalina dos lubrificantes de motores. De acordo com Carvalho (2015) a alcalinidade do óleo é de extrema importância para a neutralizar os ácidos formados durante a combustão. Esta reserva se utiliza mais nos motores que queimam combustíveis com teor de enxofre mais alto.

O TAN é o teste que determina a existência de acidez do lubrificante. A formação de ácidos pode ser do resultado do processo de reação com os óxidos de nitrogênio, oxidação do óleo ou com o enxofre (CARVALHO, 2015).

A corrosão das peças internas dos componentes é resultado dos ácidos existentes nos lubrificantes.

Viscosidade

O teste de viscosidade é feito em um viscosímetro cinemático nas temperaturas a 40° C e 100° C. Uma das principais causas de perda da viscosidade estão relacionadas ao óleo de outro sistema ou a diluição por combustível. As principais fontes de aumento da viscosidade estão relacionadas com a temperatura do óleo e os aumentos da fuligem, que causam sua oxidação (CARVALHO, 2015).

Ferrografia

A ferrografia é utilizada para identificar microscopicamente partículas de desgaste presentes no óleo lubrificante e os resultados podem ser obtidos através dos exames

analíticos e quantitativos.

O exame analítico consiste na visualização das partículas para que sejam identificados os tipos de modificação presentes na amostra e o exame quantitativo demonstra a quantidade e tamanho das partículas de desgaste.

Espectrometria

Pode ser realizada por meio do método de emissão ótica ou de absorção atômica. De forma geral, este procedimento de análise reconhece todos os elementos contidos na amostra do óleo lubrificante. Além de detectar substâncias como o cobre, ferro, níquel, cromo, chumbo, alumínio pode, também, avaliar os aditivos contidos no óleo.

Aditivação dos óleos lubrificantes

Os lubrificantes são feitos a partir de um óleo-base mais aditivos. Cada aplicação precisa de uma quantidade e um tipo específico. De acordo com que o lubrificante faz o seu trabalho, o aditivo contido nele vai abaixando seus níveis, ficando sem proteção. Para saber se a peça ainda pode ser protegida pelo óleo lubrificante e feita a análise do mesmo para determinar a quantidade de carga aditiva contida no lubrificante. Pois assim se saberá quando realmente a troca for necessária. Normalmente os ativos que são adicionados nos lubrificantes, contém os elementos: Boro, Bário, Cálcio, Fósforo, Magnésio e Zinco (CARVALHO, 2015).

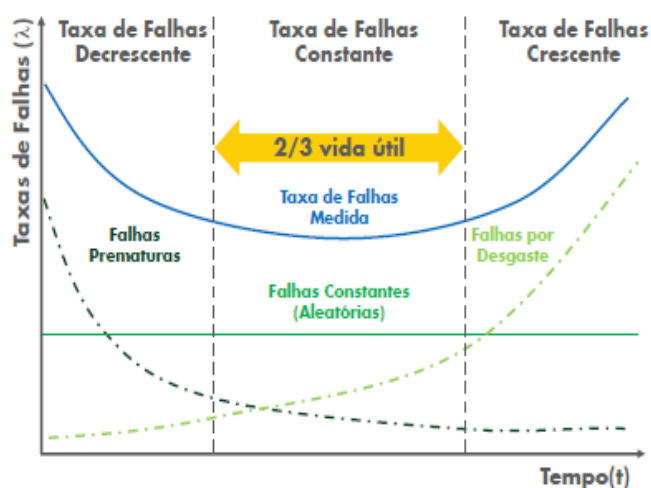
Resultados

Através da análise de óleo lubrificante em equipamentos móveis de grande porte na mineração esperam-se os seguintes resultados:

- Ter economia em peças e capital de giro, pois segundo Carvalho (2016) A falha imprevista pode ter o custo até 10 vezes mais cara que uma desmontagem que seja programada e reforma do conjunto antes da falha.
- Maior produtividade e confiabilidade dos equipamentos, pois segundo Carvalho (2016) Verificando se o líquido arrefecedor e os óleos lubrificantes estão fazendo o principal papel de proteger componente dos equipamentos, e se todo o desgaste da peça ocorre dentro da normalidade, é possível acabar com várias paralisações que não seja programadas e assim garantir um melhor desempenho operacional e mais confiável para a empresa, além de seus clientes internos e externos manter a satisfação elevada

- Maior vida útil dos óleos lubrificantes nos equipamentos, pois segundo Carvalho (2016) Existem parâmetros que a análise dos lubrificantes proporciona desempenho para cada tipo de ambiente, operação, veículo e equipamento, estabelecendo com segurança períodos de troca do lubrificante, para que as peças não sejam prejudicadas.

Figura 1 – Gráfico de taxa de falhas



Fonte: autor

Baseado através de uma pesquisa feita em uma empresa de mineração na cidade de Paracatu-MG conseguiu-se provar todas as afirmações dos resultados esperados acima, usamos como experimento equipamentos da empresa.

Nessa pesquisa todos os quatro equipamentos reduziram a quantidade de manutenção corretiva, fazendo assim com que os equipamentos tivessem maior tempo de horas trabalhadas, aumentando na produção e no lucro da empresa, e reduzindo custos em peças e acessórios.

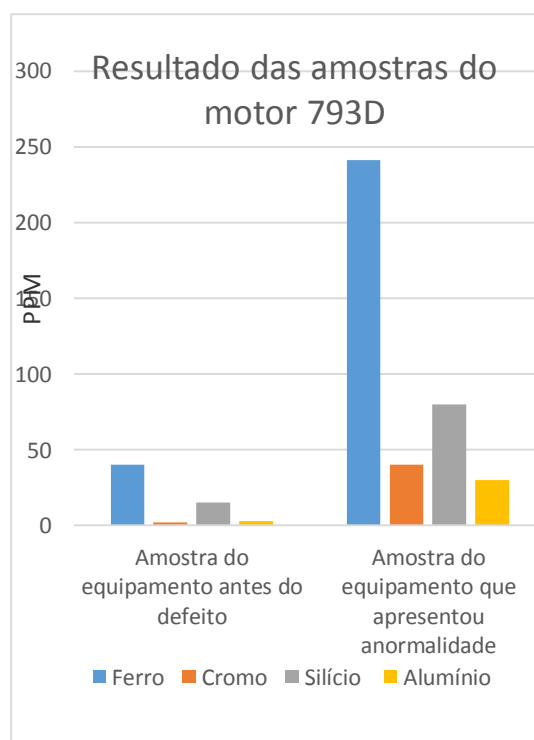
Todos equipamentos da empresa são medidos com horas trabalhadas e não por Quilômetros rodados. Os equipamentos param para a preventiva a cada 500 Horas que dá uma média de 1 vez no mês na empresa, em todas as preventivas são tiradas amostras de óleo para o laboratório de análise. São retiradas 10 amostras de óleo do caminhão, que são dos seguintes lugares: Motor, Transmissão, Direção, Hidráulico, Comandos Finais, Diferencial, Líquido Arrefecedor e Cubos.

No laboratório todas essas amostras foram processadas de diversas maneiras, tais como: Avaliação de desgaste de peças e acessórios, contaminação dos lubrificantes, Teste de infravermelho (Para determinar os percentuais de oxidação, sulfatação, nitração,

fuligem, água, glicol e combustível), Viscosidade.

Assim que todo o processo de análise é concluído, a empresa terceirizada responsável por analisar essas amostras, envia os resultados das máquinas para a mineradora. Pode-se ver no gráfico 1 abaixo que a amostra do motor de um dos caminhões 793D, apresentou criticidade na condição do óleo do motor, em comparação a uma amostra de óleo em condições de uso normal.

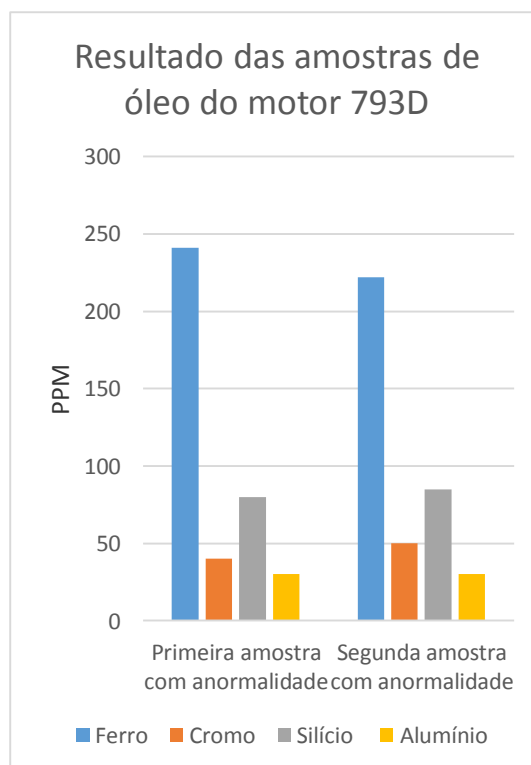
Gráfico 1 – Primeiro resultado da amostra com anormalidade.



Fonte: Autor

Conforme o gráfico a cima o óleo apresentou uma quantidade de Ferro, Silício, Alumínio e Cromo (ppm) bem elevadas, podendo sinalizar entrada de poeira que resultaria em desgaste nas camisas, anéis de segmento e pistões. O resultado também falou para verificar imediatamente condições dos filtros de ar, sistema de admissão, limalhas no filtro de óleo e sopro no cárter, e logo depois dessas avaliações realizar a troca do óleo do motor.

Com o resultado conferido pelo analista de lubrificação, o Inspetor da máquina realizou as devidas verificações, fazendo mais uma coleta antes de trocar o óleo para ver se realmente coincidiria com o primeiro resultado. Podemos ver no gráfico 2 que o segundo resultado continuou da mesma forma do primeiro resultado obtido.

Gráfico 2 – Segunda amostra com anormalidade

Fonte: Autor

Assim que o segundo resultado chegou a máquina foi parada para uma avaliação mais criteriosa do motor. Foi descoberto que o motor estava muito desgastado (pistão, camisas e anéis de segmento), então o motor foi retirado para fazer uma reforma total dele.

Se não fosse a análise ter detectado elementos de desgaste no óleo, o motor com certeza teria fundido. Conforme podemos ver na imagem abaixo o prejuízo que a empresa deixou de levar com apenas a reforma foi de R\$4.290.270,00.

Assim que o motor foi reformado, ele foi instalado e coletado uma amostra de óleo do motor com uma semana de uso (média de 125 Horas) para ver se realmente o problema tinha sido resolvido.

Conforme o gráfico 3 mostra, realmente o problema foi resolvido, pois o resultado da terceira amostra resultou em condições normais de uso o óleo, com a taxa de ferro, silício, alumínio e cromo bem baixas.

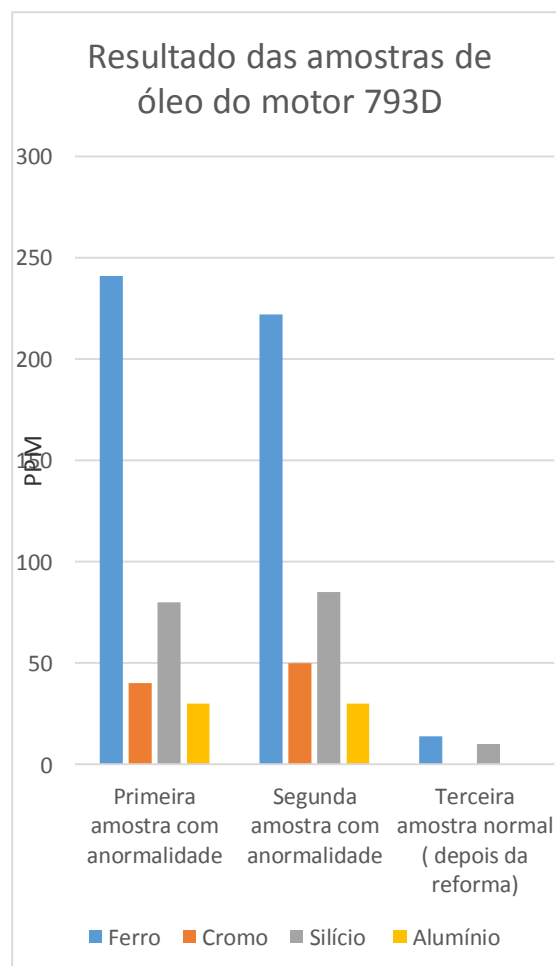
Tabela 1 – Tabela de economia estimada

Custo real da intervenção		Custo estimado após a falha
Óleo lubrificante	R\$8.730,00	Substituir Motor
Mão de obra	R\$1.000,00	
Reforma do motor	R\$1.400.000,00	
Total	R\$1.409.730,00	R\$5.700.000,00

Economia Estimada
R\$4.290.270,00

Fonte: Autor

Gráfico 3 – Terceira amostra sem anormalidade



Fonte:autor

Os resultados apresentados além de descobrir o problema que a máquina obtinha, deixou de levar prejuízo para a empresa, reduziu o tempo de máquina que iria ficar parada, e ainda evitou que esse problema afetasse mais algo no equipamento.

Conclusão:

Através desse estudo, foi possível perceber a importância da análise de contaminação óleo no setor de mineração, onde por meio desse método é possível manter um controle de manutenção de forma que venha economizar tempo e custo, e mantém à disponibilidade dos equipamentos.

A análise de óleo é uma ferramenta que está diretamente ligada à manutenção preditiva, que por meio de diagnósticos de falha vem ajudando cada vez mais empresas de diferentes segmentos, fazendo com que as mesmas mantenham cada vez mais a confiabilidade, e com o esse auxílio tecnológico vêm ganhando credibilidade no mercado.

O resultado final além de obter o problema que o equipamento tinha, ajudou com outros fatores muito importante para a empresa, tais como o tempo que a máquina iria ficar parada esperando peça, caso venha a quebrar, reduziu custo para empresa, por que invés de comprar outro componente novo, apenas uma reforma foi necessária.

Agradecimentos:

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, durante todas nossas vidas e não somente nestes anos como universitário, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

A esta faculdade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a porta para o conhecimento.

Ao meu orientador, Professor Jefferson Machado, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente e fizeram parte da nossa formação e da elaboração deste projeto, muito obrigado.

Referências:

- AMARAL, J. J. F. COMO FAZER PESQUISA BIBLIOGRÁFICA. Fortaleza: [s.n.], 2007.
- ARAUJO, R. Sistema de economia do combustível. Paracatu: [s.n.], 2018.
- BRUNETTI, F. Motores de Combustão Interna. São Paulo: Blucher, v. 1, 2012.
- FONSECA, J. J. S. D. Metodologia da pesquisa científica. Ceará: Universidade Estadual do Ceará, 2002.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. Métodos de Pesquisa. 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.
- GIL, A. C. Como Elaborar Projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- OIL CHECK. Análise de óleo, 2016. Disponível em: <https://www.oilcheck.com.br/wpcontent/uploads/2016/09/analise-de-oleos.pdf>
- PINA, V. M. D. Caracterização de partículas de desgaste dos rolamentos por ferrografia e ferrometria. 2013. 141.
- POSSAMAI, Lisiane. Eficácia da Análise de Amostras de Óleo Lubrificante por Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado na Detecção de Desgaste em Motores Diesel após Amaciamento. Dissertação de Mestrado. Comissão de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas. Campinas - SP, 2011.
- SCHIO, L. J. Construção de um Ferrografo, Medianeira, 01 Dezembro 2011. 16SUPREME LUBRIFICANTES. Análise de Óleo, Blumenau, 2016. 9. Artigo técnico. Disponível para download em: http://www.supremelub.com.br/downloads/tecnicas/analise_de_oleo.pdf.
- SILVA, Mário Américo Borsanelli; GONÇALVES, Aparecido Carlos; SANTOS, Glauber Perussi dos. Técnica de Partículas de Desgaste no Óleo Lubrificante Aplicada à Análise de um Redutor de Velocidade. XIV Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia Mecânica/Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG, 2007.
- SILVEIRA, Eva Lúcia Cardoso; CALAND, Lília Basílio de; MOURA, Carla Verônica Rodarte de; MOURA, Edmilson Miranda. Determinação de Contaminantes em Óleos Lubrificantes Usados e em Esgotos Contaminados por esses Lubrificantes. Departamento de Química. Universidade Federal do Piauí. Teresina - PI, 2006.
- CARVALHO, Natanael. Benefícios da gestão de fluidos, 2015. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/natanaelcarvalho/beneficios-da-microfiltragem>