

ANÁLISE DE ÓLEO LUBRIFICANTE POR ESPECTROS DE RAIOS-X

Victor Alves dos Santos¹
Ronaldo Lourenço Ferreira²

RESUMO

A análise de óleo lubrificante é uma ótima ferramenta para se detectar possíveis falhas em uma máquina. Neste trabalho, foi feita a adulteração do combustível de um motor estacionário que, no caso, é movido somente à gasolina para que se pudesse, por meio de amostras do óleo lubrificante, dizer que a contaminação deste combustível interfere de forma direta no funcionamento geral do óleo lubrificante, fazendo com que perca propriedades importantes da sua composição. O tipo de análise de óleo utilizado foi a espectrometria por emissão de raios-x. Este teste consiste em analisar de maneira quantitativa elementos presentes nas amostras recolhidas, transformando-os em dados e dispostos em gráficos e tabelas. Ao analisar os resultados obtidos, é possível notar que a contaminação do combustível ideal do motor, influencia de maneira negativa na preservação dos componentes do óleo, fazendo com que cause danos no motor.

Palavras-chave: Óleo lubrificante. Contaminação. Raios -X.

¹Graduando em Engenharia Mecânica pela Universidade de Rio Verde, UNIRV GO

²Orientador Engenheiro Mecânico Especialista em Segurança no trabalho

1 INTRODUÇÃO

Os motores de combustão interna são usados na maioria dos automóveis. Seu funcionamento ocorre por via dos movimentos perfeitos dos pistões, os quais estão dispostos em quatro ou dois tempos, dependendo do tipo de ciclo de alimentação. É preciso saber que onde ocorre a entrada, compressão, queima e saída de combustível é sempre necessário o uso de um bom óleo lubrificante para que não danifique os componentes ali presentes, além de refrigerar e ser muito importante no funcionamento geral. De forma geral os motores foram projetados para funcionar com determinados combustíveis, como a gasolina, álcool, diesel, entre outros. O uso ilegal de solventes pelos postos de combustíveis, como maneira desonesta de aumentar lucro, pode causar sérios danos ao motor, e um estudo feito sobre quais as consequências que este uso indevido pode causar, seria de bom auxílio para se poder solucionar rapidamente um possível problema. O estudo foi, feito pois para averiguar se contaminantes adicionados à gasolina afetam no funcionamento do motor e se o óleo lubrificante é capaz de se manter com suas características originais. Espera-se, obter como resultados, mediante análises, o quanto o óleo foi alterado do seu estado inicial.

1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1.1 Motor

Os motores são máquinas térmicas que transformam calor em trabalho. Este calor pode ser obtido por meio da queima de um combustível, energia elétrica, energia atômica (BRUNETTI, 2012).

Os motores de combustão classificam-se em: Motor de combustão externa (MCE), cuja queima do combustível ocorre na parte externa do motor e Motor de combustão interna (MCI), cujo combustível está ligado diretamente à combustão dentro do motor (BRUNETTI, 2012). No trabalho, será utilizado um MCI, o mesmo é classificado como motor alternativo que obtém trabalho por meio do movimento dos pistões, deslocando de uma extremidade à outra dentro dos cilindros do motor, numa rotação gerada por um sistema biela-manivela (MARTINS, 2006).

1.1.2 Combustível

1.1.2.1 Gasolina

Por meio da destilação do petróleo bruto, de forma fracionada, obtém-se a gasolina, composta de inúmeros hidrocarbonetos que variam entre 25°C e 250°C de temperatura de ebulição. Para motores de ignição comandada, uma característica importante é o índice de octanagem (MARTINS, 2006).

Em cada motor existe um momento certo para o surgimento da centelha da vela de ignição, e logo após esse processo surge a chama. Essa queima do combustível dentro da câmara, aumenta a temperatura e a pressão. Neste caso a gasolina deve absorver, sem entrar em autoignição, a pressão e a temperatura geradas, caso isso não aconteça, pode ocasionar graves danos no motor. O que define se o combustível atende as exigências do motor é o índice de octanagem, que por esse motivo, é importante uma avaliação consistente sobre esse índice. Existem dois processos que medem a octanagem da gasolina: o motor octane number (MON) e o research octane number (RON) e no Brasil o índice antidetonante (IAD) que é uma média dos métodos MON e RON (LOBO, 2002).

No Brasil são comercializados quatro tipos de gasolina automotiva: Gasolina Comum: sem nenhum tipo de corante ou aditivo, composto por 27% de álcool anidro determinado por lei federal, com uma octanagem mínima de 87 unidades, de cor amarelada e considerada a mais simples; Gasolina Aditivada: com as características semelhantes à gasolina comum exceto por conter mais aditivos que têm o objetivo de limpar o sistema que alimenta o motor e têm a cor esverdeada; Gasolina Premium: com características semelhantes à gasolina aditivada e com índice de octanagem de 91 unidades; Gasolina Podium: com características semelhantes às da gasolina Premium exceto por conter como índice de octanagem 95 unidades, o maior índice de octanagem da gasolina no mundo, está isenta de benzeno e menos enxofre na composição, o que reduz a emissão de poluentes e é de cor alaranjada (PETROBRAS, 2016).

1.1.2.2 Etanol

O etanol é obtido por via da cana-de-açúcar. É um combustível, ecologicamente, correto por não atingir a camada de ozônio. Além disso, é uma fonte de energia renovável.

Sua matéria-prima ajuda a diminuir quantidades de gás-carbônico na atmosfera, devido a fotossíntese produzida pelos canaviais. Pode ser adicionada à gasolina ou diesel, seguindo recomendações específicas e, também, ser usada sem aditivos para não comprometer o motor. O etanol anidro que é o combustível misturado à gasolina recebe um corante de cor alaranjada, enquanto o etanol hidratado (combustível) tem a característica incolor (PETROBRAS, 2016).

1.1.2.3 Óleo Diesel

Derivado do petróleo, o óleo diesel é constituído por hidrocarbonetos e tem na sua composição átomos de carbono, hidrogênio e baixos agrupamentos de oxigênio, enxofre e nitrogênio. Emprega-se como combustível em motores de ignição por compressão (Ciclo Diesel) e em motores de combustão interna. É muito útil na alimentação de diversos veículos (PETROBRAS, 2016).

Os tipos de diesel no comércio: Diesel S-10, é aquele que tem um teor máximo de enxofre de 10 ppm (partes por milhão), oferece uma maior conservação do motor, reduz gastos com manutenção, além de reduzir a emissão de materiais em 80% e até 98% de óxidos de nitrogênio; Diesel S-500, assim chamado por conter um teor máximo de enxofre de 500 ppm. Conhecido nos postos como diesel comum; Diesel Petrobras Grid, composto por aditivos detergentes, anticorrosivos, antiespumantes, desemulsificante, têm como característica a coloração de incolor, a amarelada se S-10, e avermelhada se S-500; Diesel Podium, composto por aditivos que mantém limpo o aparelho de injeção, além de reduzir a formação de espuma, garante um melhor desempenho e reduz o tempo de retomada de velocidade e é o único a conter um sistema duplo de filtragem que remove água e partículas sólidas. Apresenta um teor máximo de enxofre de 10 ppm (PETROBRAS, 2016).

1.1.3 Contaminantes

Os solventes assim como a gasolina são derivados do petróleo, formados por hidrocarbonetos. A gasolina contaminada com estes solventes sofre uma alteração no seu índice de octanagem, ocasionando danos ao motor dos automóveis, podendo atingir elementos do sistema de injeção/carburção (DAGOSTIN, 2003). Possíveis contaminantes para o combustível: Etanol, Querosene, Thinner.

1.1.4 Óleo Lubrificante

Os óleos lubrificantes são compostos por uma mistura de óleos básicos obtidos por meio de processos de refinação. A mistura deve ser feita em proporções exatas, para se ter viscosidades determinadas e para atender todas as exigências a que são recomendados e que são completados com aditivos e/ou tratamentos. Considerada uma propriedade fundamental dos óleos, a viscosidade é quem define a facilidade que se pode dar a partida num motor ou a troca das marchas quando se está em tempo frio, visto influenciam nas condições de velocidade, pressão, temperatura, folga e acabamento do motor. Outras características importantes dos óleos lubrificantes são. O Ponto de fulgor; Ponto de combustão; Ponto de fluidez; Densidade; Cor; Resíduo de carbono (COMPANHIA BRASILEIRA DE PETRÓLEO IPIRANGA, 2014).

1.1.5 Aditivos

Os aditivos são usados para melhorar o desempenho e a vida útil de lubrificantes. São substâncias que, quando adicionadas ao óleo, melhoram ou acrescentam características desejáveis ao óleo lubrificante. Na formulação de lubrificantes modernos, os principais aditivos utilizados são: os abaixadores do ponto de mínima fluidez, detergentes/dispersantes, antioxidantes, anticorrosivos, melhorador do índice de viscosidade, antiespuma, agente de oleosidade, antidesgaste, aditivo extrema pressão e agente de adesividade (ALMAQ SANT'ANNA).

1.1.6 Análises de Óleo

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 (SUPREME LUBRIFICANTES, 2016).

1.1.6.1 Análise de Contaminação

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

1.1.6.2 Análise Físico-Químico

Tem como objetivo identificar as condições do óleo lubrificante e pode ser feita de forma pontual em medidas isoladas ou ao longo do tempo. As principais análises: Viscosidade Cinemática; Ponto de Inflamação e Ponto de Fulgor; TAN e TBN; Corrosão em Lamina de Cobre (SUPREME LUBRIFICANTES, 2016).

1.1.6.3 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 (PINA, 2013).

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 (SCHIO, 2011).

1.1.6.4 Espectrometria

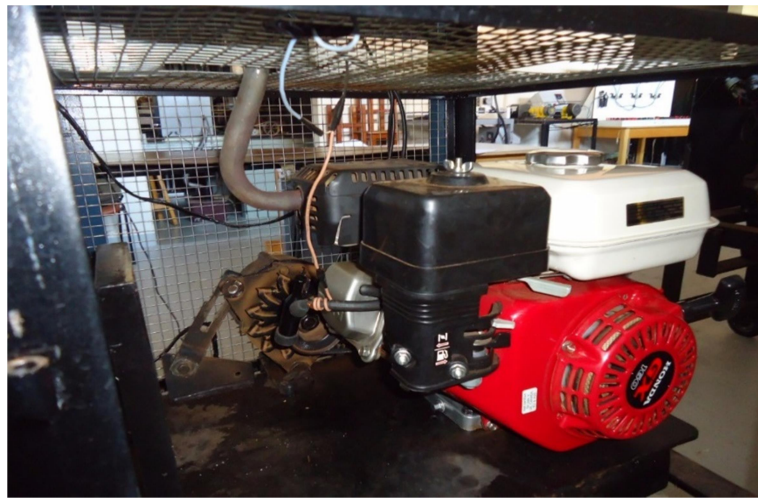
Pode ser realizada por meio do método de emissão ótica ou de absorção atômica. De forma geral, este procedimento de análise reconhece todos os elementos contidos na amostra do óleo lubrificante. Além de detectar substâncias como o cobre, ferro, níquel, cromo, chumbo, alumínio pode, também, avaliar os aditivos contidos no óleo (SUPREME LUBRIFICANTES, 2016).

2 MATERIAIS E MÉTODO

2.1 BANCADA

Para o estudo/pesquisa, foi utilizado um motor estacionário Honda GX 160 quatro tempos. Potência máxima de 5,5 CV/3.600 rpm e potência líquida de 4,8 CV/3.600 rpm. A capacidade de 0,6 litros de lubrificante no cárter e 3,1 litros de combustível (gasolina). A rotação em marcha lenta é de $1.400 \pm_{150}^{200}$ rpm. Para esse motor foi utilizado o lubrificante genuíno Honda SAE 10W-30 SJ JASO MA (HONDA, [201-]). A Figura 1 mostra o motor utilizado.

FIGURA 1 – Motor Honda GX 160



Fonte: SANTOS, Victor Alves dos (2016)

Foi colocado em uma bancada o motor utilizado para reproduzir uma carga de trabalho, vinculou-se o motor a um alternador por meio de uma transmissão por correia. A Figura 2 mostra a bancada com o motor montado.

FIGURA 2 – Bancada com motor instalado



Fonte: SANTOS, Victor Alves dos (2016)

Um relógio horímetro foi acrescentado à bancada para efetuar a contagem de horas que o motor trabalha. Esse quando desligado mostra as horas acumuladas até o momento e quando em funcionamento, junto ao motor, mostra as horas parciais trabalhadas. A Figura 3 mostra o relógio horímetro usado na bancada.

FIGURA 3 – Relógio horímetro instalado na bancada



Fonte: SANTOS, Victor Alves dos (2016)

2.2 FUNCIONAMENTO DO MOTOR E DURAÇÃO DE CICLO

Para o motor foi determinada uma rotação entre 2000 e 2400 rpm por meio do parafuso de regulagem da marcha lenta, para que se tenha um bom desempenho e um consumo moderado de combustível.

Foi definido que o espaço de tempo dos ciclos, foi delimitado a partir de uma velocidade regular em um município de porte mediano, que se encontra em média a 50 km/h. Utilizou-se um motor Honda parecido com o de uma motocicleta, com base em um desempenho normal, a troca de óleo ocorre sendo a cada 4.000 km, e com um maior uso de forma carregada, a troca ocorre a cada 2.000 km. Uma vez que o motor foi vinculado a um alternador, observou-se que o uso do motor foi intenso, ocorrendo a troca de óleo a cada 2.000 km. Com base nestes dados apresentados, foi feita uma conversão de quilômetros para horas, se estabelece então que a duração de cada ciclo foi de 40 horas.

2.3 ADULTERANDO O COMBÚSTIVEL

Iniciou-se os trabalhos abastecendo o motor com combustível (gasolina) e óleo lubrificante, após o abastecimento o motor foi posto em atividade, após as 40 horas do ciclo, foi retirada uma amostra do óleo lubrificante. Logo após o motor foi desmontado para que pudesse ser feita a limpeza, recolhendo todo o restante do óleo encontrado no cárter, impossibilitando qualquer tipo de contaminação na próxima amostra de óleo. Posteriormente, à limpeza o motor foi montado novamente, foi reabastecido com um novo óleo e combustível, e para cada ciclo futuro o combustível do motor recebeu uma dosagem de contaminante. Os contaminantes usados no trabalho foram o querosene, álcool e thinner.

Para cada ciclo foi adicionado ao combustível uma porcentagem de 5%, 10%, 15% e 20% de cada contaminante, ao se fazer a troca de contaminante por exemplo: 20% de querosene para 5% de álcool. Descartou-se o combustível antes usado, pois nele existia querosene e substituiu por um novo, da mesma maneira quando se fez a troca do álcool para o thinner.

2.4 AMOSTRAS

Cada amostra de óleo lubrificante retirada, uma para cada ciclo, foi devidamente etiquetada, com o respectivo contaminante, e porcentagem para evitar possíveis problemas de identificação.

2.5 PROCESSO DA ANÁLISE

Após o término de cada ciclo e a coleta de todas as amostras finalizadas, essas foram levadas ao laboratório de tribologia da Universidade Estadual Paulista - UNESP de Ilha Solteira - SP, onde foi feito todo o processo de análise. Para o trabalho, a análise do óleo lubrificante foi feita por meio da espectrometria por emissão de raios-x.

Para a coleta dos dados, as amostras foram colocadas em recipientes, próprios da máquina usada. A máquina usada para a obtenção de resultados, foi a Oxford X-Supreme. O processo de análise foi feito com cada amostra de óleo lubrificante recolhida, colocando o

recipiente em determinada posição na máquina, após fazer esse passo, foi adicionado ao computador qual amostra era aquela que estava naquela posição.

Posteriormente, ligou-se a máquina, e esta mediante emissões de raios-x, identificou-se os elementos contidos na amostra, transformando-os em dados que foram enviados ao computador.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado obteve-se as seguintes tabelas e gráficos.

TABELA 1 – Tabela de elementos encontrados por amostra

Elementos	C0	Q5	Q10	Q15	Q20	E5	E10	E15	E20	T5	T10	T15	T20	ON	[unidade]
Mg	361,8	417,3	356,3	337,5	284,2	333	355	372,1	283,4	295,9	283,2	185,9	151,1	469,1	[mg/kg]
Al	368,7	468,1	408,3	456,4	253,1	431,6	406,2	477,2	346,6	411,8	377,3	329,1	136,6	455,7	[mg/kg]
Cl	117,3	174,4	152,4	130,9	138,4	123,4	158,8	126,4	139	113,7	125,2	117,3	126,4	343,6	[mg/kg]
Ti	60,7	53,0	58,1	57,7	61,1	59,4	61,6	59,2	60,5	60,6	59,4	59,8	61,3	56,6	[mg/kg]
V	0,7	0,2	0	1	1,5	1,1	1,3	1,3	1,7	0,9	1,3	1,4	1,2	0,3	[mg/kg]
Cr	2,1	3,0	2,3	1,8	2,1	2,3	2,9	2	3	2,7	1,9	2,6	2,3	0,8	[mg/kg]
Mn	0,3	0,8	0,4	0	0,3	0,1	0,3	0	0,2	0	0	0,2	0,1	0,0	[mg/kg]
Fe	18	33,3	23,6	6,7	14,3	8,7	27,4	16,8	14,5	9,8	18,7	17,9	19,8	2,3	[mg/kg]
Co	1	1,2	1,6	0,9	1,7	0,9	1,2	0,9	0,9	0,9	0,8	1	1,1	1,0	[mg/kg]
Ni	2,8	3,2	3,1	2,4	3,5	2,5	2,7	2,6	2,6	2,6	2,7	3,2	3,3	2,4	[mg/kg]
Cu	4,8	8,7	4,4	5,4	3,5	4,4	4,3	3,7	3,7	3,8	3,9	3,8	3,1	6,2	[mg/kg]
Mo	0	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	[mg/kg]
Sn	151,3	160,1	143,6	152	157,4	149,9	157	134,7	152,8	143	146,9	140,6	142,9	138,2	[mg/kg]
Pb	0,4	0,1	0,6	0,6	0,5	0,1	0,9	0	0,4	0,2	0,7	0,1	0,4	0,5	[mg/kg]
Zn	0,1188	0,0892	0,1126	0,1143	0,1182	0,1155	0,1195	0,1099	0,1221	0,1137	0,1123	0,11	0,1096	0,0930	wt%
Ca	0,4428	0,204	0,4351	0,4415	0,4343	0,4448	0,4434	0,4273	0,452	0,4377	0,4363	0,4362	0,4303	0,1976	wt%
P	0,1987	0,1161	0,19	0,1955	0,1969	0,1985	0,2014	0,1986	0,203	0,198	0,1991	0,1988	0,1983	0,1344	wt%
S	0,0917	0,4288	0,0928	0,0911	0,0901	0,0925	0,0936	0,0938	0,0953	0,0933	0,0941	0,094	0,0941	0,5244	wt%

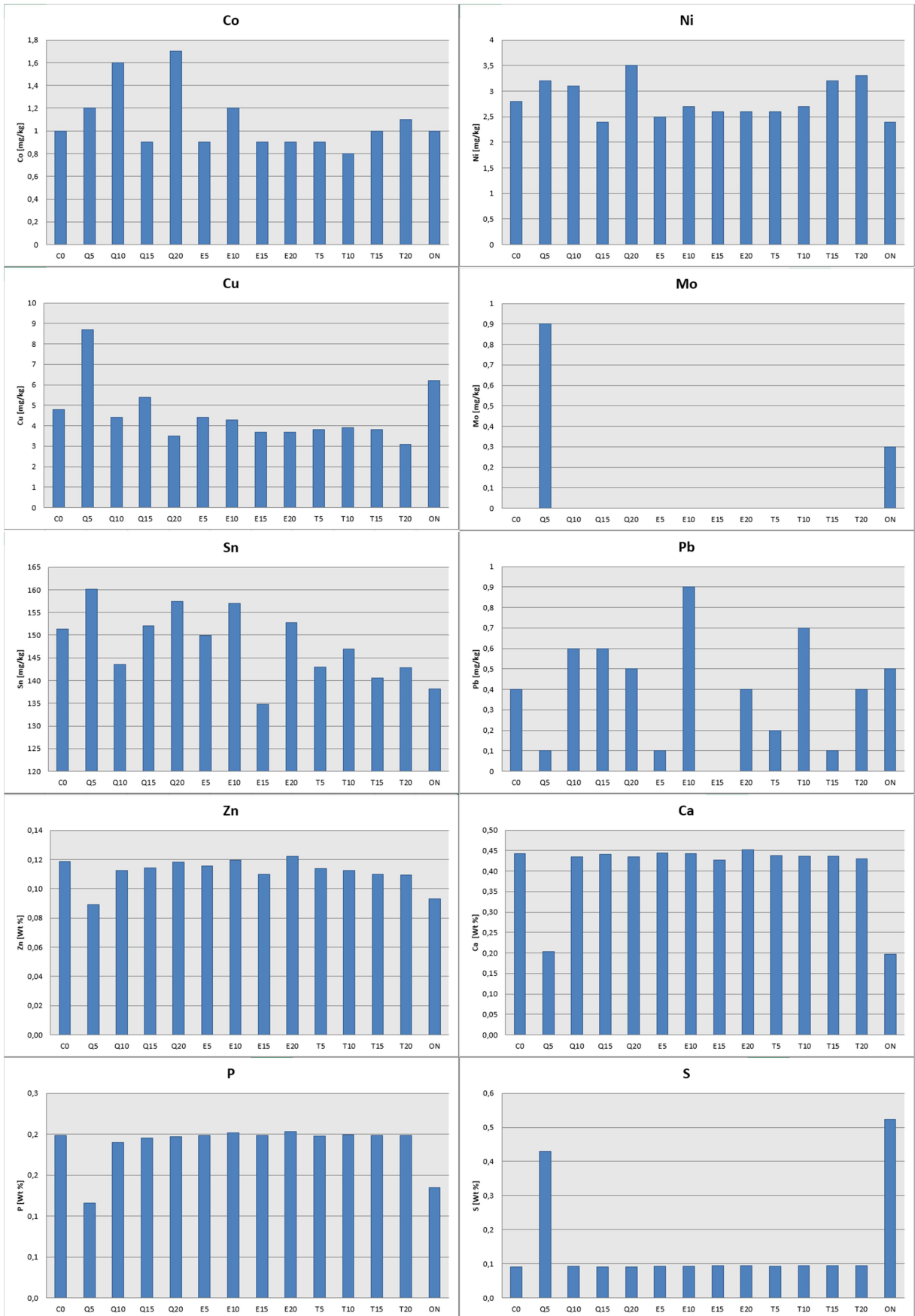
Fonte: SANTOS, Victor Alves dos (2016)

Os elementos encontrados: magnésio (Mg), alumínio (Al), cloro (Cl), titânio (Ti), vanádio (V), cromo (Cr), manganês (Mn), ferro (Fe), cobalto (Co), níquel (Ni), cobre (Cu), molibdênio (Mo), estanho (Sn), chumbo (Pb), zinco (Zn), cálcio (Ca), fósforo (P), enxofre (S). Em azul, a partir da segunda coluna, encontra-se as amostras respectivamente: combustível sem contaminação, combustível com 5% de querosene, combustível com 10% de querosene, combustível com 15% de querosene, combustível com 20% de querosene, combustível com 5% de etanol, combustível com 10% de etanol, combustível com 15% de etanol, combustível com 20% de etanol, combustível com 5% de thinner, combustível com

10% de thinner, combustível com 15% de thinner, combustível com 20% de thinner e óleo novo.

Em seguida encontram-se os gráficos gerados com base nos dados.





Fonte: SANTOS, Victor Alves dos (2016)

Com base nos gráficos e na tabela chegou-se aos seguintes resultados:

- a) Os números para enxofre são baixos comparados ao óleo novo e, esse índice pode ocasionar problemas de desgaste, já que o enxofre é a base de aditivos antidesgaste e aditivo de extrema pressão;
- b) Confirmando o item acima, os índices de ferro foram altos para todas as amostras, exceto o óleo novo, mostrando que ocorreu desgaste no motor, para qualquer índice de contaminante.

5 CONCLUSÃO

Após leituras informativas e observação estudo-objeto, é possível falar de uma adulteração de combustível que influencia diretamente no óleo lubrificante, fazendo com que ele perca propriedades importantes dos aditivos que compõem a sua base, atrapalhando seu funcionamento. Observa-se que os níveis de enxofre e ferro se diferenciam muito dos outros elementos, o que levou a detectar e um possível desgaste por meio da análise dos resultados. A análise por espectrometria por emissão de raios-x é uma ótima ferramenta para se chegar a resultados consistentes e de maneira rápida.

ANALYSIS OF LUBRICANT OIL FOR SPECTRA X-RAY

ABSTRACT

Oil analysis lube and a great tool to detect possible faults in a machine. in this work, it was made adulteration hum fuel what stationary engine, not if, and moved only gasoline what if you could, through lube oil samples, say what contamination this direct way to interfere fuel without general functioning do lubricating oil, making lose important properties your composition. The type of oil used spectrometry analysis was x-ray emission. This test consists of in analyze quantitative way elements gifts in collected samples, turning them into data and arranged in charts and tables. to the analyze results obtained, we can see that the contamination make ideal fuel to the engine, the influence of negative way the preservation of oil components, making with that causes damage to the engine.

Keywords: Oil lubricant. Contamination. X ray.

REFERÊNCIAS

ALMAQ SANT'ANNA. **Aditivos**. Edição Brasil.3.ed. Belo Horizonte.

BRUNETTI, F. **Motores de Combustão Interna**. São Paulo: Blucher, v. 1, 2012.

COMPANHIA BRASILEIRA DE PETRÓLEO IPIRANGA. **Ipiranga**, 2014. Disponível em: <www.ipiranga.com.br>. Acesso em: 09 junho 2016.

DAGOSTIN, A. P. D. **Estudo da contaminação da gasolina com solvente para borracha**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Florianópolis, p. 31. 2003.

HONDA, P.D.F. **Motores estacionários GX 120/160/200, Manual do proprietário**. São Paulo:[s.n.], [201-].

LOBO, M. T. G. Tudo sobre gasolina. **Cultivar**, Pelotas, Novembro/Dezembro 2002. Disponível em: <www.grupocultivar.com.br/artigos/tudo-sobre-gasolina>. Acesso em: 09 junho 2016.

MARTINS, J. **Motores de Combustão Interna**. Segunda. ed. Porto: Publindústria Edições Técnicas, 2006.

PETROBRAS. ETANOL. **PETROBRAS**, 2016. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/produtos-e-servicos/produtos/automotivos/etanol/>>. Acesso em: 29 Abril 2016.

PETROBRAS. GASOLINA. **PETROBRAS**, 2016. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/produtos-e-servicos/produtos/automotivos/gasolina/>>. Acesso em: 07 junho 2016.

PETROBRAS. OLEO DIESEL. **PETROBRAS**, 2016. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/produtos-e-servicos/produtos/automotivos/oleo-diesel/>>. Acesso em: 05 maio 2016.

PINA, V. M. D. **Caracterização de partículas de desgaste dos rolamentos por ferrografia e ferrometria**. 2013. 141.

SCHIO, L. J. **Construção de um Ferrografo**, Medianeira, 01 Dezembro 2011. 16.

SUPREME LUBRIFICANTES. **Análise de Óleo**, Blumenal, 2016. 9. Artigo tecnico disponível para download em: http://www.supremelub.com.br/downloads/tecnicas/analise_de_oleo.pdf.