

Avaliação metrológica do desempenho de óleos lubrificantes das categorias API CK-4 e API CJ-4

Metrological evaluation of the performance of lubricant oils API CK-4 and API CJ-4 categories

Cintia de Holleben¹

¹Programa de Pós-graduação em Metrologia, Qualidade, Inovação e Sustentabilidade. PUC-Rio

E-mail: cintia_holleben@hotmail.com

Resumo: Este trabalho compara o desempenho, em relação à estabilidade oxidativa, entre dois óleos lubrificantes de motor ciclo diesel das categorias API CK-4 e API CJ-4. Os resultados experimentais de cada óleo foram obtidos utilizando a ASTM D6186:08. O teste não-paramétrico aplicado (Mann Whitney) verificou que a estatística $Z_{cal} = 2,61$ é maior do que o $Z_{crit} = 1,65$ para um nível de confiança de 95,0%. Concluiu-se que a estabilidade oxidativa dos óleos lubrificantes da nova categoria API para óleo de motor Ciclo Diesel, API CK-4, é estatisticamente maior que a estabilidade oxidativa dos óleos lubrificantes da antiga categoria API CJ-4.

Palavras-chave: Metrologia química; estabilidade oxidativa; óleos lubrificantes; categorias API.

Abstract: This work compares the performance, regarding to oxidative stability, between two diesel engine lubricating oils of the CK-4 and CJ-4 API categories. The experimental results of each oil were obtained using ASTM D6186:08. The non-parametric test applied (Mann Whitney) found that the result of statistics $Z_{cal} = 2.61$ is greater than the $Z_{crit} = 1.65$ with a confidence level of 95.0%. It was concluded that the oxidative stability of the lubricating oils of the new API category for Diesel Engine Oil, CK-4, is statistically higher than the oxidative stability of lubricants of the previous API category CJ-4.

Keywords: Chemical metrology; oxidative stability; lubricant oils, API categories.

1. INTRODUÇÃO

Desde 1940 a API (American Petroleum Institute) divulga as categorias de serviço para óleos lubrificantes utilizados em motores de combustão interna (Ciclo Diesel/Ciclo Otto) 4T/2T [1],

baseadas no nível de desempenho do óleo. Recentemente, a API lançou duas novas categorias de serviço para óleo de motor pesado, a API CK-4 e API FA-4 [1-3]. Sempre que uma nova categoria é lançada, também surge a pergunta: quais foram as mudanças?

Os principais drivers dessas atualizações de especificação são sempre: novas legislações ambientais, menor consumo de combustível, novos projetos de motores e mudanças na qualidade do combustível.

A API identifica suas categorias de óleos de motor por um conjunto de 2 letras, as quais são sempre apresentadas no rótulo do produto. A primeira letra sempre será S para lubrificantes de motores leves (gasolina, álcool e GNV) e, C para lubrificantes de motores a diesel. A segunda letra sempre se refere a severidade do lubrificante. Quanto maior a letra (segundo a sequência do alfabeto), mais robusto é o lubrificante.

Assim, a categoria API CK-4 excede os critérios de desempenho das categorias API CJ-4, CI-4 Plus, CI-4, e assim consecutivamente. Já, a categoria API FA-4 é totalmente nova e especial, pois ela foi criada para motores diesel novos, que começaram a rodar nas estradas no final de 2016 e início de 2017 [1-3].

De acordo com a API [1-3], os óleos da categoria CK-4 foram projetados para fornecer proteção aprimorada contra à oxidação do óleo, conforme apresentado no gráfico aranha (figura 1), comumente utilizado para comparar desempenho de categorias de óleos lubrificantes.

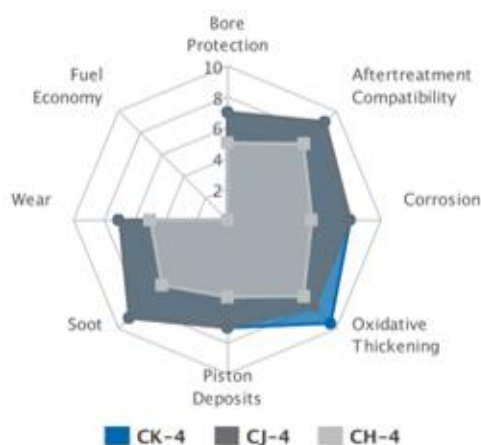


Figura 1. Gráfico aranha das categorias API
Fonte: [4]

Neste contexto, o objetivo principal do trabalho é avaliar metrologicamente a estabilidade oxidativa de dois óleos das categorias API CK-4 e API CJ-4, utilizando: (i) a metodologia ASTM D6186:2008 para obter os resultados experimentais e (ii) o teste não-paramétrico de Mann Whitney, para confirmar estatisticamente a maior estabilidade oxidativa da categoria API CK-4 em relação à categoria API CJ-4, dentro de um nível de confiança de 95,0%.

2. O MÉTODO ESTATÍSTICO

O teste de hipótese Mann Whitney [5], também chamado de teste U, é um teste não-paramétrico amplamente usado como alternativa ao teste *t-student* (teste paramétrico), pois não condiciona que as populações tenham a mesma variância e distribuições normais. O teste é utilizado para comprovar se duas amostras independentes foram extraídas de uma população com a mesma média.

O método consiste em avaliar uma hipótese nula (H_0) contra uma alternativa (H_1). Para este caso as hipóteses são: H_0 : não há diferença entre a estabilidade oxidativa dos óleos das categorias API CK-4 e API CJ-4; H_1 : Os óleos da categoria API CK-4 possuem estabilidade oxidativa estatisticamente maior que os óleos da categoria API CJ-4.

A estatística do teste é calculada pela equação (1) e comparada com o valor tabelado da distribuição normal para o nível de confiança ($1-\alpha$) de 95,0%.

$$Z_{\text{cal}} = \frac{\mu - \mu(u)}{\sigma(u)} \quad (1)$$

Nessa equação, $\mu(u)$: denota a média combinada (2); $\sigma(u)$: denota o desvio padrão combinado (3) e μ : denota a média estimada a partir dos dados experimentais (4).

$$\mu(u) = \frac{n_1 \cdot n_2}{2} \quad (2)$$

$$\sigma(u) = \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2 + (n_1 + n_2 + 1)}{12}} \quad (3)$$

$$\mu = n_1 \cdot n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R \quad (4)$$

Em relação às equações (2), (3) e (4):

n_1 : denota o tamanho da amostra da categoria API CK-4; n_2 : denota o tamanho da amostra da categoria API CJ-4 e R = soma dos postos da amostra n_1 .

A regra de decisão do teste é comparar o Z_{cal} contra o Z_{crit} para $\alpha = 5\%$. Caso $Z_{cal} \leq Z_{crit}$, aceita-se H_0 . Caso contrário H_0 é rejeitada.

3. MÉTODO EXPERIMENTAL

O método ASTM D6186:08–*Standard Test Method for Oxidation Induction Time of Lubricating Oils by Pressure Differential Scanning Calorimetry (PDSC)* [6] foi utilizado para medir a estabilidade oxidativa das amostras de óleos. Neste método, a estabilidade oxidativa é determinada pelo tempo de indução oxidativa (OIT), o qual é definido como o tempo, em minutos, para o início da oxidação de uma amostra exposta a um gás oxidante a uma temperatura elevada [6-8].

Foram utilizadas duas amostras de óleos lubrificantes comerciais, com o mesmo grau de viscosidade, 15W40, uma amostra referente à categoria API CK-4, e a outra à categoria API CJ-4. Cada amostra foi analisada cinco vezes a 100 PSI de pressão em um Calorímetro de varredura de pressão diferencial (PDSC).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 são apresentados os resultados experimentais das amostras de óleos analisadas pela metodologia ASTM D6186:08:

Tabela 1. Resultados do tempo de indução oxidativa, em minutos, das amostras de óleos das categorias API CK-4 e API CJ-4

Óleo 15W40 API CK-4	Óleo 15W40 API CJ-4
43,35	33,56
44,98	33,64
44,51	33,87
44,49	33,61
44,14	33,03

Inicialmente, aplicando o teste estatístico de Mann Whitney aos resultados experimentais obtidos, foi possível estabelecer um ranking, *i.e.*: ordenar de forma crescente os dados da tabela 1 e, em seguida, definir um posto para cada valor conforme especificado em [5].

Tabela 2. Especificação do Ranking (postos)

Óleo 15W40 API CK-4	Óleo 15W40 API CJ-4
1º	2º
5º	4º
4º	5º
3º	3º
2º	1º
Soma Total = 15	Soma Total = 15

A soma dos postos (R) é igual a 15, conforme evidenciado na tabela 2.

Visando calcular a estatística do teste, foi aplicada as equações (2), (3) e (4), com os seguintes resultados: $\mu(u) = 12,5$; $\sigma(u) = 4,7871$; $\mu = 25$. E, por fim, utilizando estes dados, foi calculado o Z_{cal} com valor igual a 2,61.

Utilizando uma distribuição gaussiana, foi possível especificar o valor crítico tabelado ($Z_{crit} = 1,65$) para um nível de confiança de 95,0%. Assim, a figura 2 ilustra a Área de Aceitação (AA) e Área de Rejeição (AR) da hipótese nula (H_0) para os parâmetros calculados:

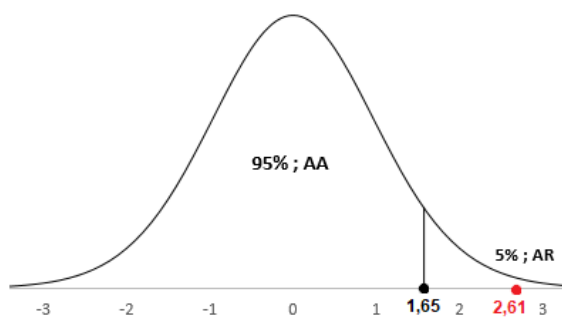


Figura 2. Área de aceitação e rejeição de H_0

Na figura acima, confirma-se que H_0 foi rejeitada, assim, os óleos da categoria API CK-4 possuem estabilidade oxidativa estatisticamente maior que os óleos da categoria API CJ-4, dentro de um nível confiabilidade de 95,0%.

5. CONCLUSÃO

Com a crescente evolução dos motores diesel pesados, a eficiência da combustão está melhorando, as tecnologias do turbo alimentador estão avançando e isto causa um aumento na oxidação do óleo lubrificante de serviço pesado, sem contar o aumento progressivo do teor de biodiesel no Diesel no Brasil, que agrava ainda mais a degradação do óleo. Diante desse cenário a API criou um novo padrão de desempenho, a API CK-4, o qual precisa ser mais resistente à oxidação que o padrão de desempenho anterior.

Em sintonia com o objetivo proposto e os resultados consolidados neste trabalho, a análise estatística não-paramétrica aplicada aos dados experimentais, confirmou (dentro de um nível de confiança de 95,0%) que a estabilidade oxidativa dos óleos lubrificantes da nova categoria API para óleo de motor Ciclo Diesel, API CK-4, é estatisticamente maior que a estabilidade oxidativa dos óleos lubrificantes da antiga categoria API CJ-4.

Nesse sentido, este trabalho contribuiu à metrologia química, confirmando que a API

desenvolveu a categoria para óleo de motor de serviço pesado API CK-4 com o desempenho esperado de estabilidade oxidativa para a sua aplicação.

6. REFERÊNCIAS

- [1] API. Latest Oil Categories. Disponível em: <http://www.api.org/products-and-services/engine-oil/eolcs-categories-and-documents/latest-oil-categories> Data de Acesso: 27/Julho/2017.
- [2] Humphrey, B. (2016). Oil change: New lube specs need fleet owners' attention. *Engineering and Mining Journal*, 217(11), 60.
- [3] McCarthy, Shawn A.C.L.S., O.M.A. (2014). The future of heavy-duty diesel engine oils. *Tribology & Lubrication Technology*, 70(10). p. 38-40; 42-44; 46-48;50.
- [4] Relative Performance Comparison for Heavy Duty Vehicle Specification. Disponível em: <https://commercial.lubrizoladditives360.com/resources/interactive-tools/relative-performance-tool/> Data de acesso: 20/Julho/2017.
- [5] Fonseca, J.S.; Martins, G.A. Curso de Estatística. 6a Edição. São Paulo. Editora Atlas S.A., 2012. p. 240-243.
- [6] ASTM D6186, "Standard Test Method for Oxidation Induction Time of Lubricating Oils by Pressure Differential Scanning Calorimetry (PDSC)", West Conshohocken, Pennsylvania, USA, 2008.
- [7] Jaroslav C; Miroslav Z. Oxidation Stability of lubricants measured by a PDSC Technique. *Petroleum & Coal* 46, 2004. p. 56- 62.
- [8] Adamczewska J. Oxidative Stability of lubricants by PDSC CEC L-85T-99 Test Procedure. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 80, 2005. p. 753-759.