Empresa de Manutenção de Equipamento Ferroviário, S.A.

OE - SEMINÁRIO LUBRIFICAÇÃO

Implementação de um Programa de Análises de Óleos Lubrificantes na EMEF

2015 / 03 / 25

Ordem do Engenheiros - Colégio de Mecânica - SEMINARIO SOBRE LUBRIFICAÇAO

Francisco Carvalho – Responsável Laboratório de Óleos da EMEF - Engenheiro Químico, IST

Empresa de Manutenção de Equipamento Ferroviário, S.A.

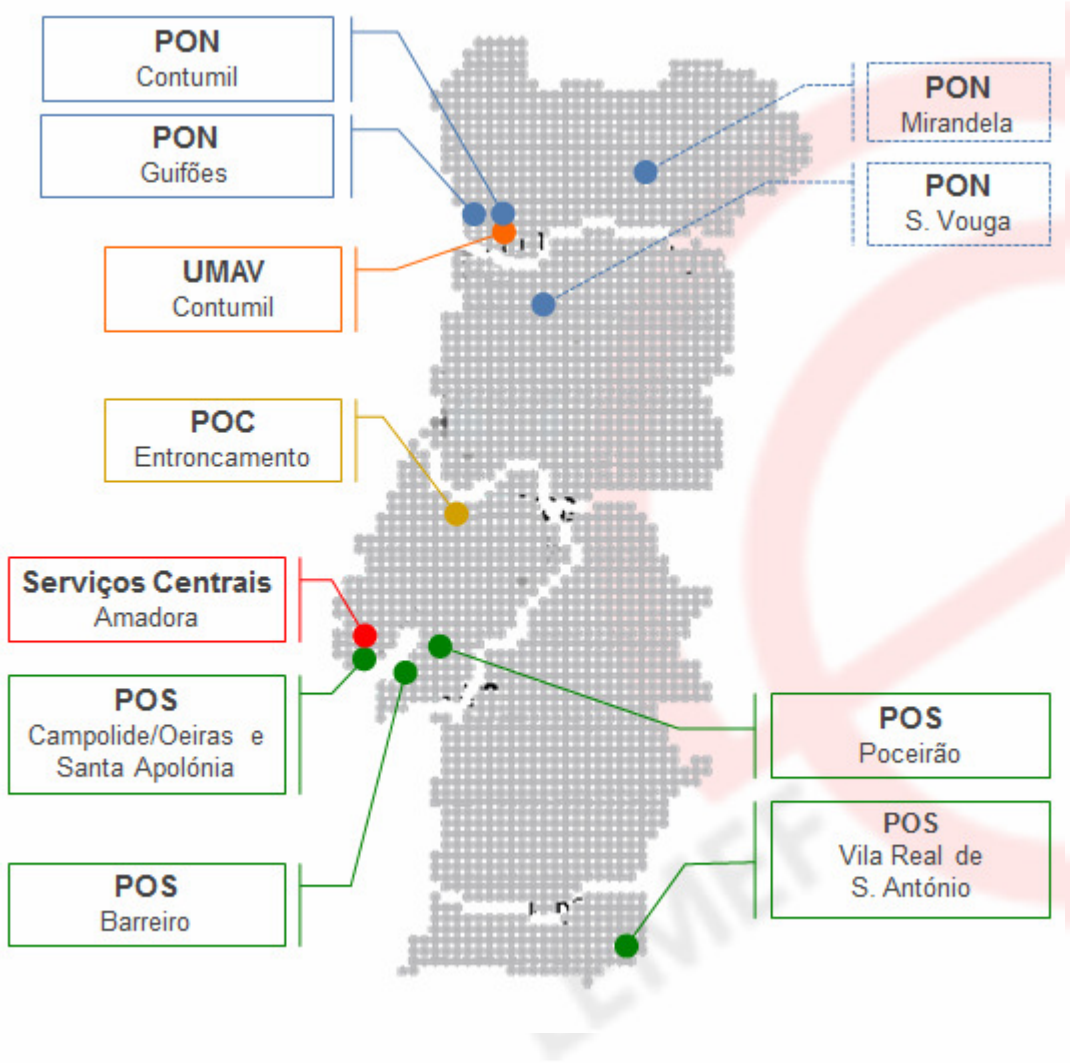
A EMEF, SA desenvolve a sua atividade na área da metalomecânica ferroviária e encontra-se vocacionada para:

•Reparação profunda, modernização, reabilitação de Material Circulante Ferroviário e reacondicionamento dos respetivos componentes e equipamentos;

•Manutenção preventiva sistemática e condicionada e manutenção corretiva de Material Circulante Ferroviário;

•Conceção e desenvolvimento de projetos no âmbito da tecnologia ferroviária.

•Operações de carrilamento, no âmbito de trabalhos de socorro a Material Circulante Ferroviário;



Empresa de Manutenção de Equipamento Ferroviário, S.A.

OBJETIVO NUCLEAR:

Assegurar os níveis de disponibilidade e fiabilidade contratados ao mais baixo custo

Minimizar as falhas e tempos de imobilização dos equipamentos

Conhecer em cada instante a condição dos equipamentos

Implementar um Programa de Análise dos Lubrificantes

PROGRAMA DE ANÁLISE DE ÓLEOS LUBRIFICANTES

PORQUÊ ANALISAR OS LUBRIFICANTES EM SERVIÇO ?

1.Para obter sinais de alerta acerca do estado mecânico e/ou das condições de operação dos equipamentos;

A obtenção atempada de alertas permite a resolução de falhas antes de ocorrerem danos mais extensos/profundos, com maior custo de reparação e indisponibilidade acrescida dos equipamentos

2.Para verificar se as caraterísticas lubrificantes adequadas para a manutenção em serviço continuam reunidas;

A verificação periódica de que o lubrificante reúne as caraterísticas adequadas permite otimizar (estender ou encurtar) os intervalos de substituição

PROGRAMA DE ANÁLISE DE ÓLEOS LUBRIFICANTES

PORQUÊ IMPLEMENTAR UM PROGRAMA DE ANÁLISES?

Um programa de análises consistente (em que as amostras são recolhidas numa base regular) é fundamental para:

•distinguir desgastes normais de desgastes inusuais;

•cada tipo de equipamento possui parâmetros de desgaste específicos;

•podem ser observadas diferenças entre equipamentos do mesmo tipo, designadamente quando operados em condições distintas;

PROGRAMA DE ANÁLISE DE ÓLEOS LUBRIFICANTES

TIPOS DE EQUIPAMENTOS, COM MANUTENÇÃO REALIZADA PELA EMEF, INSERIDOS NO PROGRAMA DE ANÁLISE DE ÓLEOS

•Motores Diesel de Locomotivas e de Automotoras

- *realizadas cerca de 700 análises em 2014 (correspondendo a recolha de uma amostra de óleo a cada 10.000 km / 300 H de funcionamento)*

•Caixas Redutoras de Locomotivas e de Automotoras

- *realizadas cerca de 750 análises em 2014 (correspondendo a recolha de uma amostra de óleo a cada mudança de óleo)*

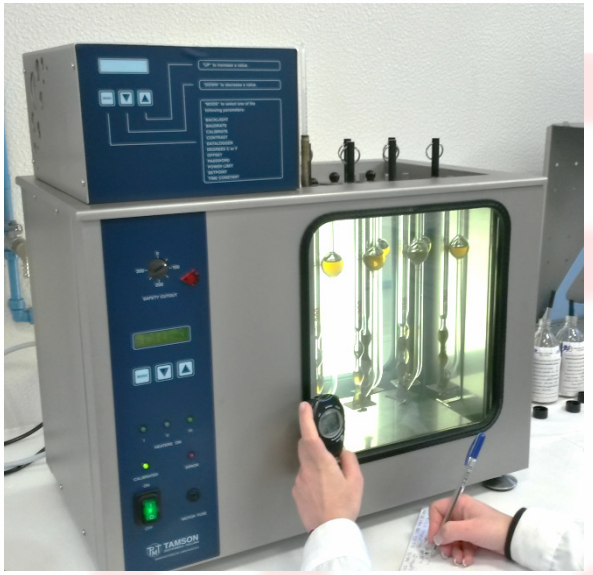
CARATERÍSTICAS DO ÓLEO AVALIADAS

VISCOSIDADE CINEMÁTICA a 40ºC

•A viscosidade cinemática corresponde à resistência de escoamento dum fluido, sob ação da gravidade, podendo ser obtida por medição do tempo de escoamento.

•É uma das mais importantes propriedades a considerar na seleção de um óleo lubrificante.

•Na análise de óleos usados, a viscosidade do óleo usado é comparada com a do óleo novo para determinar se existem alterações significativas no seu valor.



SINAL DE ALERTA	CAUSAS POSSÍVEIS	CONSEQUÊNCIA
Aumento da viscosidade	Resíduos carbonosos (MD); Emulsão com água; Operação a altas temperaturas; Atestos com óleo inadequado;	Aumento da taxa de desgaste
Diminuição da viscosidade	Diluição com combustível (MD); Operação a rotações elevadas, Atestos com óleo inadequado	Aumento da taxa de desgaste

CARATERÍSTICAS DO ÓLEO AVALIADAS

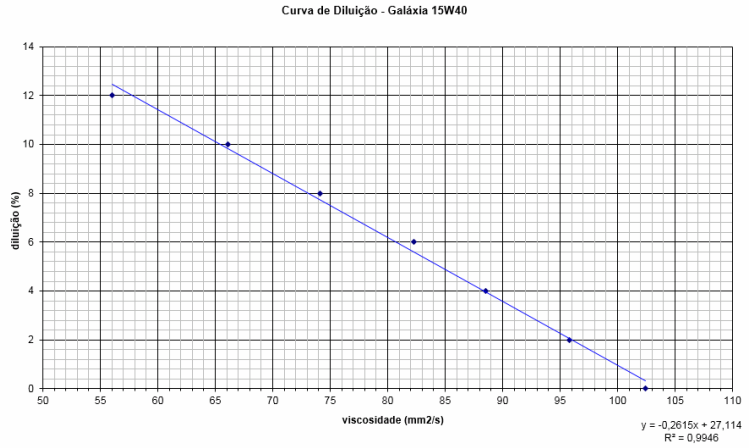
DILUIÇÃO PELO COMBUSTÍVEL (motores Diesel)

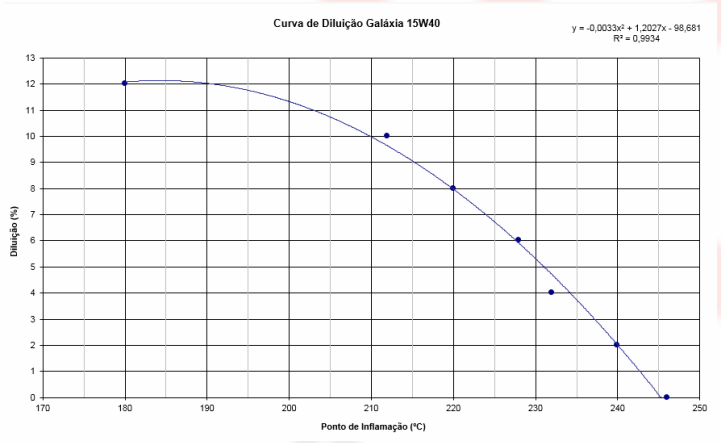
•Estimada a partir do valor da viscosidade cinemática, por interpolação na curva da correlação Viscosidade vs Diluição realizada para cada uma das referências de óleo.

•Quando necessário, a existência de diluição é confirmada/infirmada por determinação do ponto de inflamação do óleo usado e comparação com o do mesmo óleo novo.

•A diminuição da viscosidade decorrente desta contaminação pode levar a uma diminuição da resistência da película lubrificante aumentando o risco de desgaste anormal.

•Valores de diluição por combustível superiores a 6% desencadeiam alertas e conduzem a ações corretivas.





CARATERÍSTICAS DO ÓLEO AVALIADAS

RESERVA DE ALCALINIDADE (BN)

•Quantidade de aditivos alcalinos presentes num lubrificante. Estes aditivos têm como missão neutralizar os ácidos que se formam, nos motores, no processo de combustão.

•Determinado por titulação potenciométrica de acordo com a norma *ASTM D2896*

•A BN dos óleos usados é naturalmente inferior ao dos óleos novos, sendo que a partir de um determinado valor (normalmente abaixo de 3 mg KOH/g ou uma redução de mais de 50% do valor do óleo novo) a partir do qual a neutralização dos ácidos formados na combustão deixa de ser garantida e o óleo deve ser substituído

CARATERÍSTICAS DO ÓLEO AVALIADAS

ÍNDICE DE CONTAMINAÇÃO E PODER DISPERSIVO

•Avaliados por *Fotometria da Mancha de Óleo*

- Para realizar o teste, uma pequena quantidade óleo usado é aquecido a 240°C durante cinco minutos. Depois de arrefecer, cerca de 2 ml são depostos sobre o papel de cromatográfico, deixando-se alastrar a mancha durante 1 hora, em estufa a 80°C. A mancha resultante é, então, submetida a medição ótica da absorção da luz na zona central da mancha, para cálculo do índice de contaminação (IC), e da distribuição radial da absorção da luz, para cálculo do poder dispersante do óleo (MD).

•O *IC* representa a concentração de insolúveis presentes no óleo, sendo que valores elevados deste parâmetro correspondem a combustões ineficientes. O **MD** reflete a capacidade do óleo para distribuir de forma homogénea os insolúveis presentes, sendo influenciado pela presença de contaminantes como água, glicol ou combustível.

IC: 3.0 MD: 75

Teor elevado de resíduos carbonosos

IC: 0.5 MD: 28

Baixo poder dispersivo devido a fuga de líquido de refrigeração

IC: 0.8 MD: 95

Combustão adequada
Bom poder dispersivo

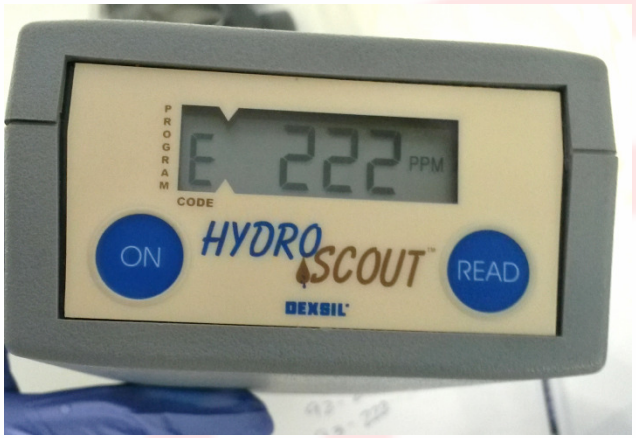
CARATERÍSTICAS DO ÓLEO AVALIADAS

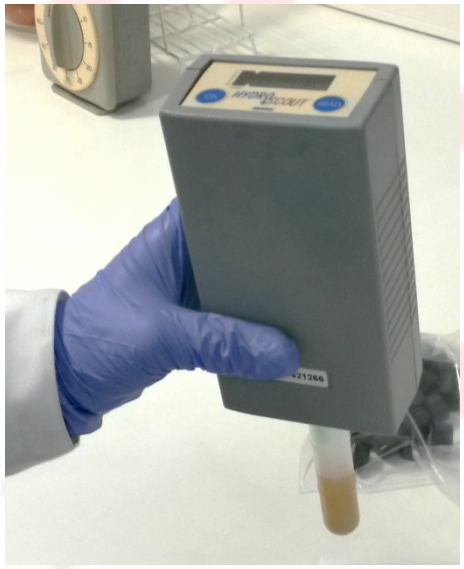
QUANTIFICAÇÃO DA ÁGUA PRESENTE NO ÓLEO

•Ensaio realizado quando o despiste de presença de água (*hot plate crackle test*) é positivo.

•A água afeta a viscosidade do óleo e pode formar emulsões, causando falhas de lubrificação e problemas de corrosão.

•Determinada pelo aumento de pressão originado pela libertação de hidrogénio resultante da sua reação com hidreto de cálcio.





CARATERÍSTICAS DO ÓLEO AVALIADAS

NÚMERO DE ACIDEZ (AN)

•Quantidade de ácidos, ou de derivados com caraterísticas ácidas, presentes no lubrificante

•É um indicador a considerar na decisão de manutenção ao serviço do lubrificante

•Determinado por titulação potenciométrica de acordo com a norma *ASTM D664*

•O AN de um óleo novo não é necessariamente nulo, pois os aditivos utilizados na sua formulação podem ser de natureza ácida.

•Os aumentos do AN, relativamente ao valor observado no lubrificante em novo, devem ser monitorados, por constituírem um sinal da oxidação do lubrificante ou da sua contaminação com um produto ácido

Tipo de Óleo	Valor de Alerta	Valor de Substituição
Base mineral	+ 2,5 mg KOH / g	+ 3,0 mg KOH / g
Base PAO	+ 1,4 mg KOH / g	+ 2,2 mg KOH / g

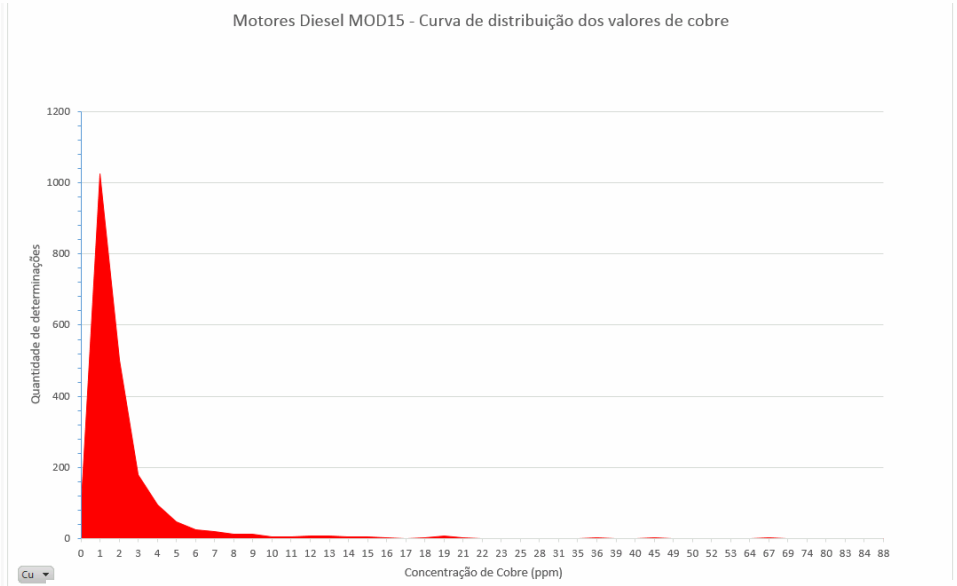
CARATERÍSTICAS DO ÓLEO AVALIADAS

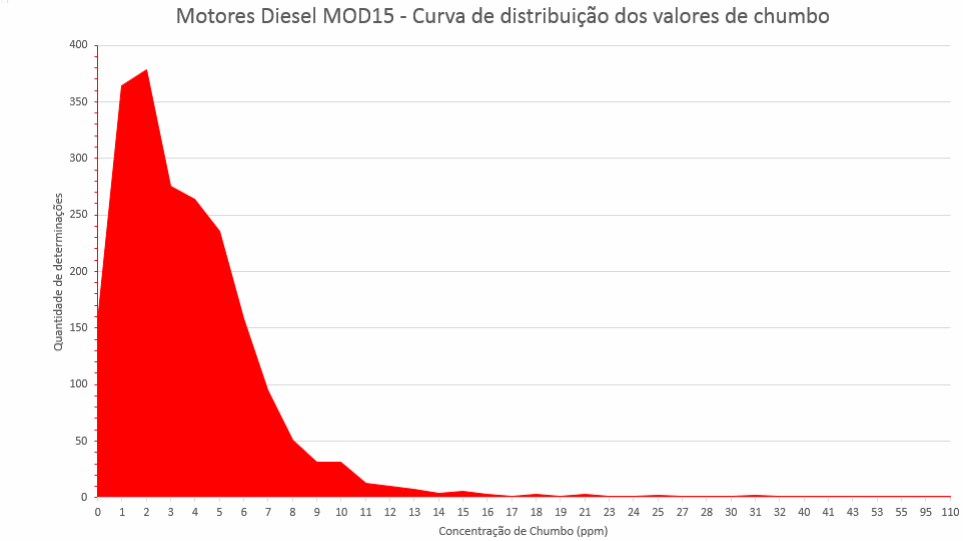
QUANTIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE METAIS (de desgaste e contaminantes)

No programa implementado são determinados regularmente por espectrometria de Absorção Atómica, em chama, os seguintes metais:

- **Al –** Alumínio
- **Cr -** Crómio
- **Cu -** Cobre
- **Fe -** Ferro
- **Pb -** Chumbo
- **Na -** Sódio

CARATERÍSTICAS DO ÓLEO AVALIADAS





VALORES DE ALERTA LIMITES

Quando não indicados pelo fabricante podem ser obtidos por tratamento estatístico dos dados

Exemplo MOD 15*

Metal	Concentração de Alerta	Concentração de Limite
Al - Alumínio	≥ 2 ppm	≥ 3 ppm
Pb - Chumbo	≥ 7 ppm	≥ 10 ppm
Cr - Crómio	≥ 2 ppm	≥ 3 ppm
Cu - Cobre	≥ 4 ppm	≥ 6 ppm
Fe - Ferro	≥ 23 ppm	≥ 30 ppm
Na - Sódio	≥ 4 ppm	≥ 6 ppm

CARATERÍSTICAS DO ÓLEO AVALIADAS

Empresa de Manutenção de Equipamento Ferroviário, S.A.

Laboratório de Análise de Óleos
Rua Particular à Travessa do Tarujo - 1070-273 LISBOA
Tel. +351 21 10 25 414

Análise Nº: 2014-MTD-10

Requisitada por:
EMEF - POS (Lisboa SA)

Identificação da Amostra

Veículo:	463-1	Km serviço óleo:	3.066
Motor:	MOD150036	Horas serviço óleo:	90,0
Óleo:	GALAXIA 15W40		

Colheita realizada em / por:
06/01/2014
EMEF - POS (Lisboa SA)
Recebida: 07/01/2014

Resultados	Colheitas:	06/01/2014	19/12/2013	22/11/2013	25/10/2013	Valor de Referência
	Método \ km óleo	3.066	10.156	9.782	8.375	
Viscosidade (mm2/s)	ASTM D445					
a 40ºC		33,4	92,2	94,2	93,0	82,5 a 130,0
a 100ºC						12,4 a 18,6
Diluição (% volúmica)	estimada	18,4	3,0	2,5	2,8	< 6,0
Água (% volúmica)	Hydroscout					< 0,2
Basicidade (mg KOH/g)	ASTM D2896 proc.B	4,7	7,2	7,1	7,3	> 5,0
Ponto de inflamação (ºC)	ASTM D92					> 200
Índice Contaminação	fotometria mancha óleo	1,1	1,3	1,3	0,8	< 1,5
Poder Dispersivo	fotometria mancha óleo	84	88	88	87	> 35
Demérito Ponderado	fotometria mancha óleo	17	15	15	10	< 55
Opacidade	fotometria mancha óleo	93	84	84	109	> 70
Insol. em pentano (% m/m)	ASTM D893					< 3,0

Metais de Desgaste	Colheitas:	06/01/2014	19/12/2013	22/11/2013	25/10/2013	
	Método \ km óleo	3.066	10.156	9.782	8.375	
Alumínio - Al (mg/kg óleo)	A.A.S.	12	1	0	1	não definido
Chumbo - Pb (mg/kg óleo)	A.A.S.	10	11	1	5	não definido
Crómio - Cr (mg/kg óleo)	A.A.S.	6	1	0	1	não definido
Cobre - Cu (mg/kg óleo)	A.A.S.	5	3	2	2	não definido
Ferro - Fe (mg/kg óleo)	A.A.S.	48	18	9	10	não definido
Sódio - Na (mg/kg óleo)	A.A.S.	2	1	0	0	não definido
Estanho - Sn (mg/kg óleo)	A.A.S.					não definido

Conclusões

Óleo Inaceitável - Excesso de Diluição pelo Combustível

Ação Recomendada

MUDAR O ÓLEO

Observações

Confirma-se o teor de diluição constante do nosso e-mail de 08-01-2014.
A amostra apresenta uma viscosidade significativamente inferior ao limite recomendado, provavelmente em reultado de contaminação com combustível, bem como uma reserva de alcalinidade insuficiente, pelo que se recomenda a substituição da carga de óleo, bem como a verificação do sistema de injeção. Constata-se ainda uma subida relevante nas concentrações de ALUMÍNIO, CRÓMIO, COBRE e FERRO. O teor de CHUMBO, se bem que estável, mantem-se acima dos valores habitualmente encontrados nestes motores.

Analista: Raquel Chameco **Responsável Técnico:** Engº Francisco Carvalho **Emitido em:** 08/01/2014 16:41:17

NOTA: Os resultados contidos neste relatório, referem-se apenas à amostra nele identificada, não sendo lícito atribuí-los a qualquer outra amostra, ainda que do mesmo produto e retirada do mesmo equipamento ou contentor.

Página 1 de 1

EXEMPLOS

MOD150036 – Amostra de 06/01/2014

Viscosidade a 40°C – 33,4 mm²/s

Diluição estimada – 18 %

Queda de BN - superior a 3 mg KOH/g

INTERVENÇÃO em 10/01/2014:

Substituídas: Válvula STC; Bomba de Injeção

CARATERÍSTICAS DO ÓLEO AVALIADAS

Empresa de Manutenção de Equipamento Ferroviário, S.A.

Laboratório de Análise de Óleos
Rua Particular à Travessa do Tarujo - 1070-273 LISBOA
Tel. +351 21 10 25 414

Análise Nº: 2014-MTD-52

Requisitada por:
EMEF - POS (VRSA)

Identificação da Amostra

Veículo: **462-2** — Km serviço óleo: **10.533**
Motor: **MOD150040** — Horas serviço óleo: **297,0**
Óleo: **GALAXIA 15W40**

Colheita realizada em / por:
24/01/2014
EMEF - POS (VRSA)
Recebida: **31/01/2014**

Resultados	Colheitas:	24/01/2014	07/11/2013	07/10/2013	14/09/2013	Valor de Referência
	Método \ km óleo	10.533	9.033	8.118	2.737	
Viscosidade (mm2/s)	*ASTM D445*					
a 40ºC		92,9	45,3	88,1	92,2	82,5 a 130,0
a 100ºC						12,4 a 18,6
Diluição (% volúmica)	*estimada*	2,8	15,3	4,1	3,0	< 6,0
Água (% volúmica)	*Hydroscout*					< 0,2
Basicidade (mg KOH/g)	*ASTM D2896 proc.B*	6,1	6,0	7,0	7,4	> 5,0
Ponto de inflamação (ºC)	*ASTM D92*					> 200
Índice Contaminação	*fotometria mancha óleo*	3,0	3,0	3,0	0,7	< 1,5
Poder Dispersivo	*fotometria mancha óleo*	83	83	83	76	> 35
Demérito Ponderado	*fotometria mancha óleo*	51	51	51	16	< 55
Opacidade	*fotometria mancha óleo*	41	41	41	129	> 70
Insol. em pentano (% m/m)	*ASTM D893*					< 3,0

Metais de Desgaste	Colheitas:	24/01/2014	07/11/2013	07/10/2013	14/09/2013	
	Método \ km óleo	10.533	9.033	8.118	2.737	
Alumínio - Al (mg/kg óleo)	*A.A.S.*	2	0	0	0	não definido
Chumbo - Pb (mg/kg óleo)	*A.A.S.*	6	3	2	1	não definido
Crómio - Cr (mg/kg óleo)	*A.A.S.*	2	1	1	0	não definido
Cobre - Cu (mg/kg óleo)	*A.A.S.*	31	2	2	1	não definido
Ferro - Fe (mg/kg óleo)	*A.A.S.*	44	40	36	4	não definido
Sódio - Na (mg/kg óleo)	*A.A.S.*	8	0	0	0	não definido
Estanho - Sn (mg/kg óleo)	*A.A.S.*					não definido

Conclusões

Óleo Inaceitável - Excesso de Sedimentos

Ação Recomendada

MUDAR O ÓLEO

Observações

A amostra, tal como as das duas colheitas anteriores (outubro e novembro de 2013) apresenta um teor de sedimentos muito acima do limite admissível, situação reveladora de problemas na queima do gasóleo.
A concentração de todos os metais de desgaste sofreu um agravamento relativamente à última amostra, com particular relevância no COBRE. O Ferro continua a apresentar valores acima dos usuais.

Analista: Raquel Chameco **Responsável Técnico:** Engº Francisco Carvalho **Emitido em:** 06/02/2014 17:22:44

NOTA: Os resultados contidos neste relatório, referem-se apenas à amostra nele identificada, não sendo lícito atribuí-los a qualquer outra amostra, ainda que do mesmo produto e retirada do mesmo equipamento ou contentor.

Página 1 de 1

EXEMPLOS

MOD150040 – Amostra de 24/01/2014

Índice de Contaminação – 3,0

Ferro – 44 ppm

Cobre – 31 ppm

Avarias detetadas:

Gripagem do rolete de injeção do cilindro n.º 5 e respetivo ressalto na arvore de cames;

CARATERÍSTICAS DO ÓLEO AVALIADAS

Empresa de Manutenção de Equipamento Ferroviário, S.A.

Laboratório de Análise de Óleos
Rua Particular à Travessa do Tarujo - 1070-273 LISBOA
Tel. +351 21 10 25 414

Análise Nº: 2015-MTD-125

Requisitada por:
EMEF - POS (Lisboa SA)

Identificação da Amostra

Veículo:	469-1	Km serviço óleo:	5.859
Motor:	MOD150002	Horas serviço óleo:	155,0
Óleo:	GALAXIA SUPER 15W40		

Colheita realizada em / por:
25/02/2015
EMEF - POS (Lisboa SA)
Recebida: 27/02/2015

Resultados	Colheitas:	25/02/2015	07/02/2015	22/01/2015	17/12/2014	Valor de Referência
	Método \ km óleo	5.859	5.370	10.648	8.594	
Viscosidade (mm2/s)	ASTM D445					
a 40ºC		93,8	94,5	93,3	92,2	80,7 a 130,0
a 100ºC						12,4 a 18,6
Diluição (% volúmica)	estimada	2,6	2,4	2,7	3,0	< 6,0
Água (% volúmica)	Hydroscout					< 0,2
Basicidade (mg KOH/g)	ASTM D2896 proc.B	7,5	7,7	7,4	7,6	> 5,0
Ponto de inflamação (ºC)	ASTM D92					> 200
Índice Contaminação	fotometria mancha óleo	0,9	0,7	0,9	0,9	< 1,9
Poder Dispersivo	fotometria mancha óleo	84	86	86	84	> 35
Demérito Ponderado	fotometria mancha óleo	14	9	12	14	< 95
Opacidade	fotometria mancha óleo	105	132	105	105	> 60
Insol. em pentano (% m/m)	ASTM D893					< 3,0

Metais de Desgaste	Colheitas:	25/02/2015	07/02/2015	22/01/2015	17/12/2014	Valor Estatístico de Referência
	Método \ km óleo	5.859	5.370	10.648	8.594	
Alumínio - Al (mg/kg óleo)	A.A.S.	1	1	1	2	≤ 2 ppm
Chumbo - Pb (mg/kg óleo)	A.A.S.	5	3	3	8	≤ 7 ppm
Crómio - Cr (mg/kg óleo)	A.A.S.	1	0	1	1	≤ 2 ppm
Cobre - Cu (mg/kg óleo)	A.A.S.	5	3	3	7	≤ 4 ppm
Ferro - Fe (mg/kg óleo)	A.A.S.	14	7	12	18	≤ 23 ppm
Sódio - Na (mg/kg óleo)	A.A.S.	105	50	14	7	≤ 4 ppm
Estanho - Sn (mg/kg óleo)	A.A.S.					não definido

Conclusões
Óleo Aceitável

Ação Recomendada
MANTER O ÓLEO

Observações
Os parâmetros determinados não revelam alterações nas caraterísticas do óleo suscetíveis de pôr em causa a sua capacidade lubrificante.
Constata-se uma tendência para crescente no desgaste de Cobre, Chumbo e Ferro. Chama-se a atenção para o facto de apesar de os valores absolutos se encontrarem abaixo dos "limites de alerta", esta amostra, tal como anterior, ter aproximadamente metade da quilometragem habitual. Verifica-se também um aumento muito significativo do teor em Sódio, provavelmente devido a contaminação do óleo por fuga de água do sistema de refrigeração do motor Diesel.

Analista: Raquel Chameco **Responsável Técnico:** Engº Francisco Carvalho **Emitido em:** 04/03/2015 17:15:06

NOTA: Os resultados contidos neste relatório, referem-se apenas à amostra nele identificada, não sendo lícito atribuí-los a qualquer outra amostra, ainda que do mesmo produto e retirada do mesmo equipamento ou contentor.

Página 1 de 1

EXEMPLOS

MOD150002–Amostras de 22/01; 07/02; 25/02

Concentração de Sódio

22/02/2015 – 14 ppm

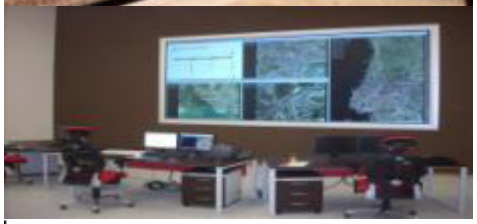
07/02/2015 – 50 ppm

25/02/2015 – 105 ppm

Avarias detetadas:

Fuga de água no arrefecedor de óleo – Substituído em 06/03/2015;

Empresa de Manutenção de Equipamento Ferroviário, S.A.



OE - SEMINÁRIO LUBRIFICAÇÃO

MUITO OBRIGADO

2015 / 03 / 25

Ordem do Engenheiros - Colégio de Mecânica - SEMINARIO SOBRE LUBRIFICAÇAO

Francisco Carvalho – Responsável Laboratório de Óleos da EMEF - Engenheiro Químico, IST