

Guia para as melhores práticas de manutenção de trilhos: Desenvolvimento da Gestão de Atrito na Estrada de Ferro Vitória Minas

Eng. Fernando Sgavioli Ribeiro

Prof. Dra. Liedi Bernucci

Prof. Dra. Rosângela Motta

21ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

AEAMESP



TRABALHO FINALISTA



ESTE TRABALHO FOI SELECIONADO COMO FINALISTA NA EDIÇÃO DE 2015



Fernando Sgavioli Ribeiro



VALE S.A. - PROJETO AMPLIAÇÃO TIPLAM

Formação:

DOCTORANDO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES, USP

MESTRADO EM ENGENHARIA GEOTÉCNICA, UFOP

ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO DE PROJETOS, FGV

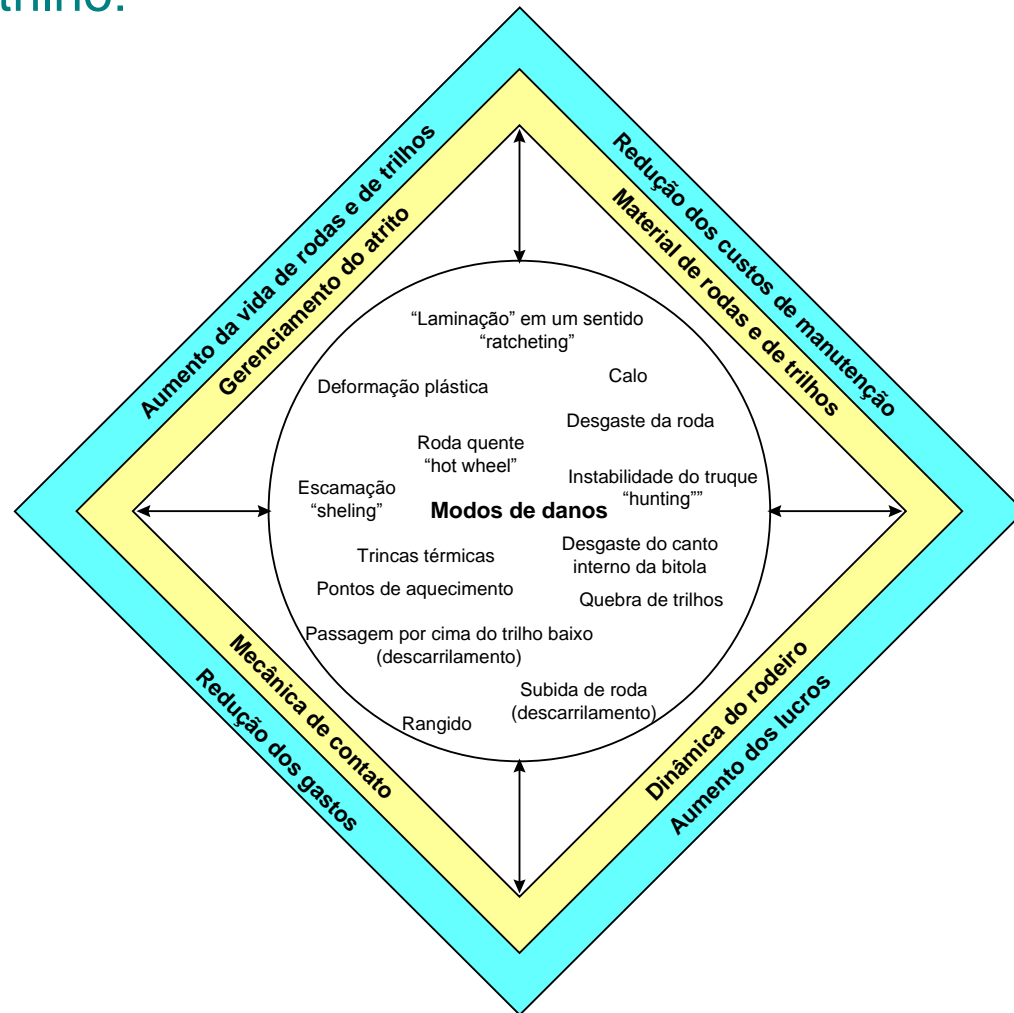
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA FERROVIÁRIA, PUC – MG

ENGENHARIA CIVIL, UNICAMP

Categorias primárias de P&D sobre a interface roda/trilho

Otimização da interface roda/trilho:

- ✓ Gerenciamento do atrito
- ✓ Mecânica de contato
- ✓ Metalurgia roda/trilho
- ✓ Dinâmica roda/trilho



Gerenciamento do atrito

“Gerenciamento do atrito é o processo de controlar o coeficiente de atrito existente no contato entre roda e trilho para atingir valores mais apropriados para a operação ferroviária, além dos melhores índices de desgaste, forças laterais em curvas e economia de combustível (SROBA, 2001)”

Controle de atrito:

Topo do trilho (Top of Rail – TOR)



Face de boleto (Gage Face – GF)



Background – Estrada de Ferro Vitória Minas (EFVM)

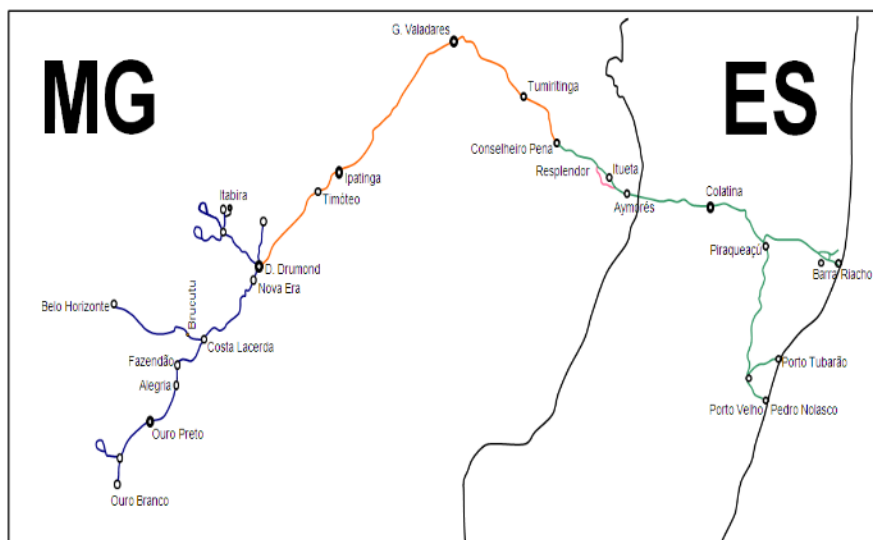
Anos 70 - lubrificadores mecânicos fixos

Anos 90- lubrificadores móveis embarcados

2010 - EFVM retomou o projeto de desenvolvimento da tecnologia

Etapas do desenvolvimento do projeto:

- ✓ Determinação do modelo de lubrificador a ser adotado
- ✓ Testes dos lubrificadores (mecânico, hidráulico, eletrônico)
- ✓ **Testes de lubrificantes**
- ✓ Planejamento de instalação e operação dos lubrificadores.



Características:

- 1.395 km de extensão/601 km de linha dupla
- bitola métrica, raio mínimo de 195 m, rampa máxima 1,5 %
- 19.876 vagões e 331 locomotivas
- Trilho TR 68, dormentes de aço, 27,5 t/eixo, trens com 168 e 252 vagões

Benefícios do Gerenciamento do atrito

Benefícios do gerenciamento de atrito:

- ✓ Redução do desgaste de trilhos e rodas (incluindo a redução da corrugação);
- ✓ Redução de ruído e vibração; e.
- ✓ Economia significativa de energia (combustível)

Estudos de caso

UP – Union Pacific	CP – CANADIAN APCIFIC
TOR - 9,6 km	GF - 1400 km – 200 lubrificadores
VPL - US\$ 366.000,00	Economia: US\$ 9,9 milhões
TIR – 90 %	<i>Payback</i> em dois anos
10 anos	
Guins -2005	NRC- CSTT – IHHA 2009

Benefícios do Gerenciamento do atrito

Ferrovias Heavy Haul da America do Norte com estratégias de esmerilhamento, lubrificação GF e TOR

Expectativa de vida (MGT) (Guins 2005)

Raio de curva (°)	Trilho Interno	Trilho Externo
Tangente – 1°	1900	1320
1° – 2°	1750	1220
2° - 3°	1600	1120
3° - 4°	1460	1020
4° - 5°	1320	920
5° - 6°	1170	820
6° - 7°	1030	720
7° - 8°	880	610
8° - 9°	740	510
9° - 10°	590	410

Teste de Lubrificantes - EFVM

Sroba et al. (2001) - Três características importantes:

1. **Lubricidade** - capacidade do lubrificante em reduzir o atrito
2. **Adesividade** - uma medida do tempo (n° passagens de roda/ MTBT), em que o lubrificante é capaz de manter a sua lubricidade
3. **Bombeabilidade** - relação com a capacidade do lubrificante ser continuamente aplicado na interface roda/trilho



Trilho fica espelhado



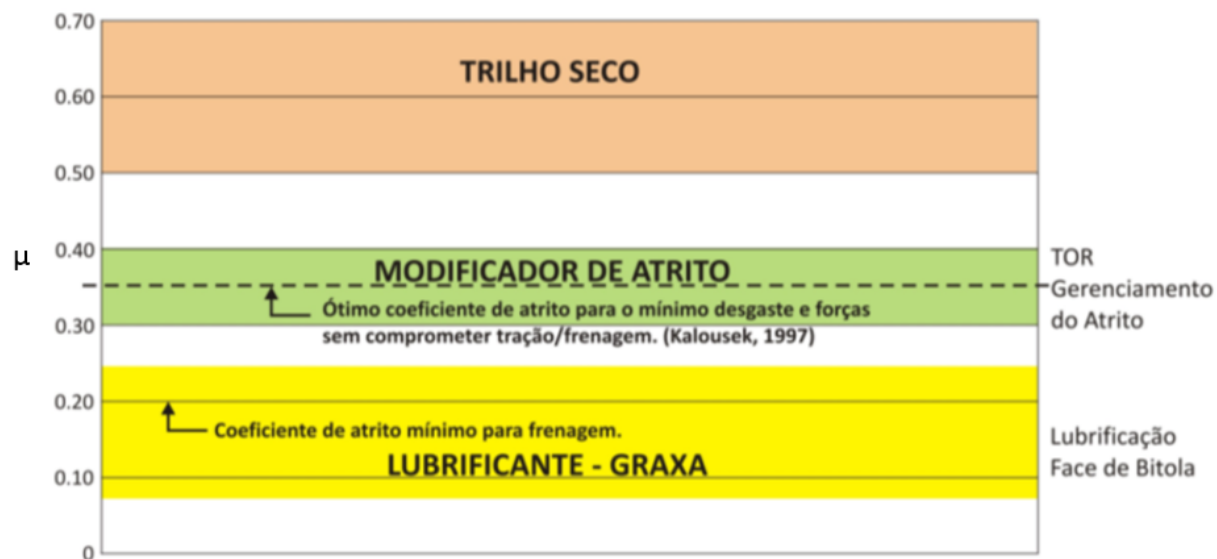
Metodologia do Teste de Lubrificantes - EFVM

1. Abastecer / Operar 100.000 rodas

2. Avaliar COF nas curvas adjacentes - Tribômetro
Face (ângulo de 70° do boleto) e topo - Trilho Interno e externo

3. Análise comparativa COF x Carrydown

4. Análise dos desvios e conclusões



“Modifying and Managing Friction”, Joe Kalousek, 1997

Local do Teste de Lubrificantes - EFVM

Governador Valadares – MG, na EFVM, entre os km 325 e km 314, EH 48/49.



Quilometragem		Extensão (m)	C/T	Lado curva	Grau	Raio (m)	Flexão (m)	Supere- levação
Inicial	Final							
314,204	314,830	626	C	E	3,55	292,590	43	65
315,269	315,693	424	C	D	3,20	343,790	36	55
316,151	316,903	752	C	E	1,30	763,970	16	25
317,984	318,071	87	C	E	2,00	572,980	22	33
319,437	319,768	331	C	E	2,00	572,980	22	33
321,777	321,979	202	C	D	1,28	781,340	16	24
323,787	324,038	251	C	D	1,00	1.145,960	11	16

Lubrificador utilizado no teste - EFVM

12



PORTEC-M&S 761 Hydraulube (Velocidades entre 32 km/h e 80 km/h)

1. Atuador hidráulico, a ser instalado junto ao trilho;
2. Barras distribuidoras de graxa (16 portas)
3. Mangueiras hidráulicas para alta pressão, com respectivas conexões.
4. Bomba de graxa;



TESTE ASTM	DESCRIÇÃO	G. Beslux		
		Transrail 6042	Biogrease M-1/G	Gadus S2 V220AD 2
	Grau NLGI	2	1	2
D-217	Penetração Trabalhada	285	310/340	265-295
D-445	Viscosidade Cinemática (Óleo Base)			
	cSt @ 40° C	1500	n/d	220
	cSt @ 100° C	51,5		18
D-2265		>260	100	175
D-1831		7	n/d	
D-2783		800	n/d	
D-4049		5	n/d	
Espressante		Inorgânico Sintético	Sabão Cálcio	Sabão Cálcio Lítio ³
Biodegradabilidade		Sim	Sim	Não

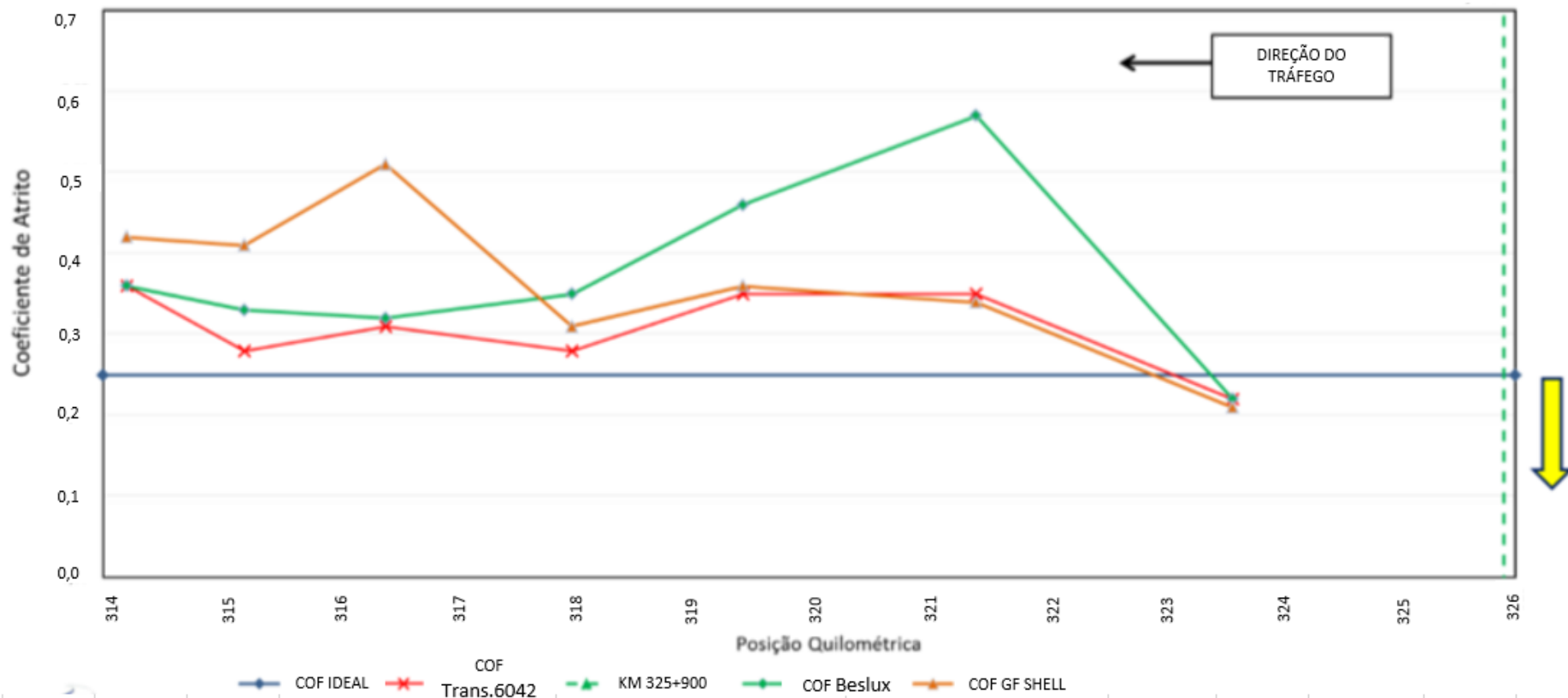
Transrail 6042: viscosidade cinemática do óleo-base 1500 cSt @ 40° C . Temperaturas inferiores a 40° C a graxa torna-se espessa e requer maior capacidade de bombeamento.

G. Beslux Biogrease M-1/G: temperatura de trabalho incompatível com a interface roda/trilho (-20° /60° C)

Gadus S2 V220AD 2: viscosidade cinemática do óleo-base 220 cSt @ 40° C indica que a graxa pode ser aplicada em diferentes condições de temperatura, sem dificuldade de bombeamento.

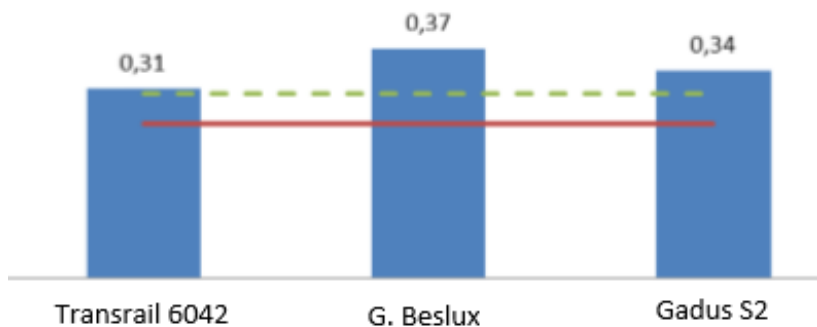
Desempenho do lubrificante quanto ao COF

14

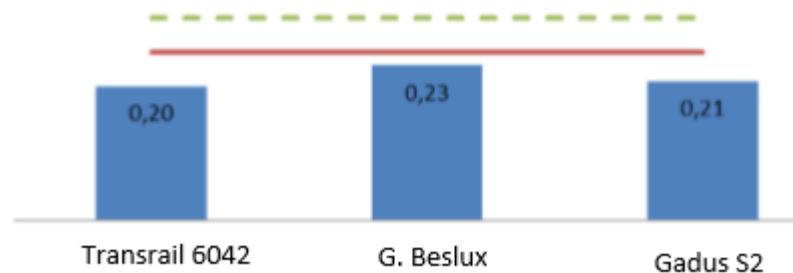


As graxas testadas só conseguiram manter o COF dentro do limite na primeira curva após o lubrificador

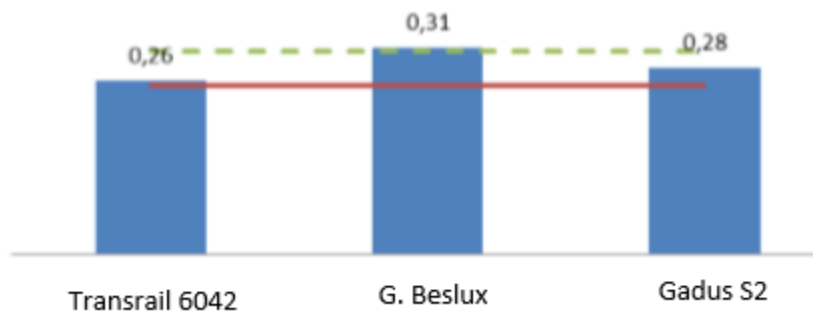
Desempenho do lubrificante quanto ao COF



COF médio no canto do boleto das curvas



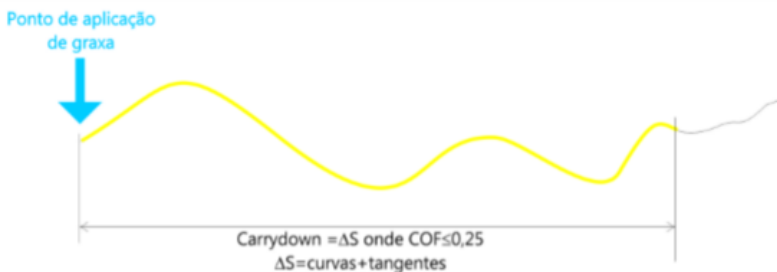
COF médio no canto do boleto em tangentes



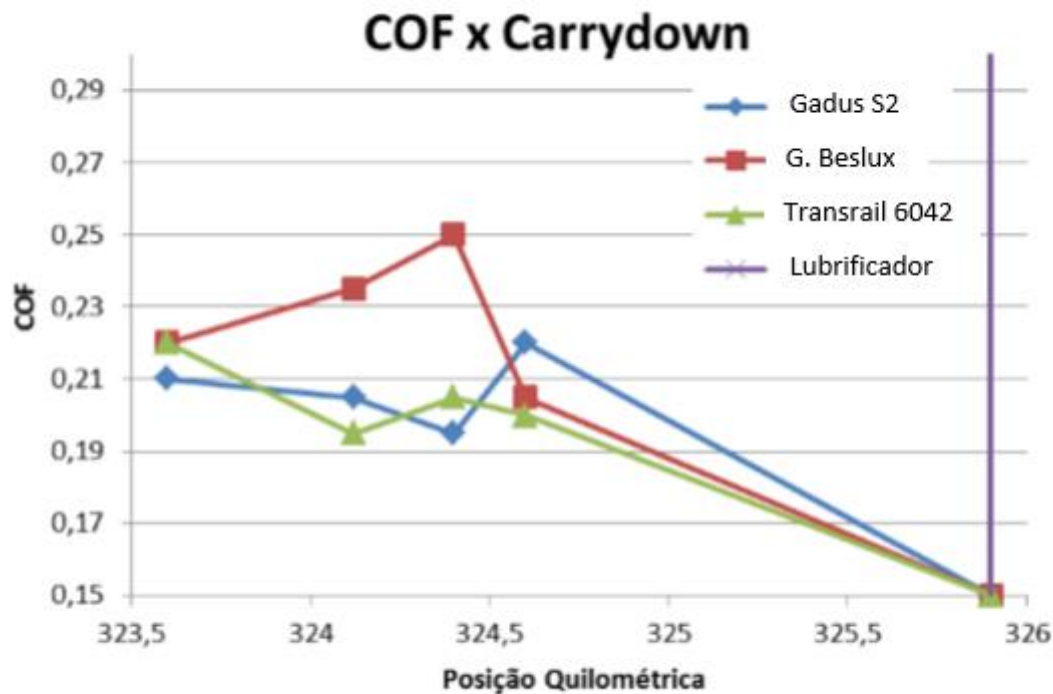
COF médio no canto do boleto

Relação COF x Carrydown

16

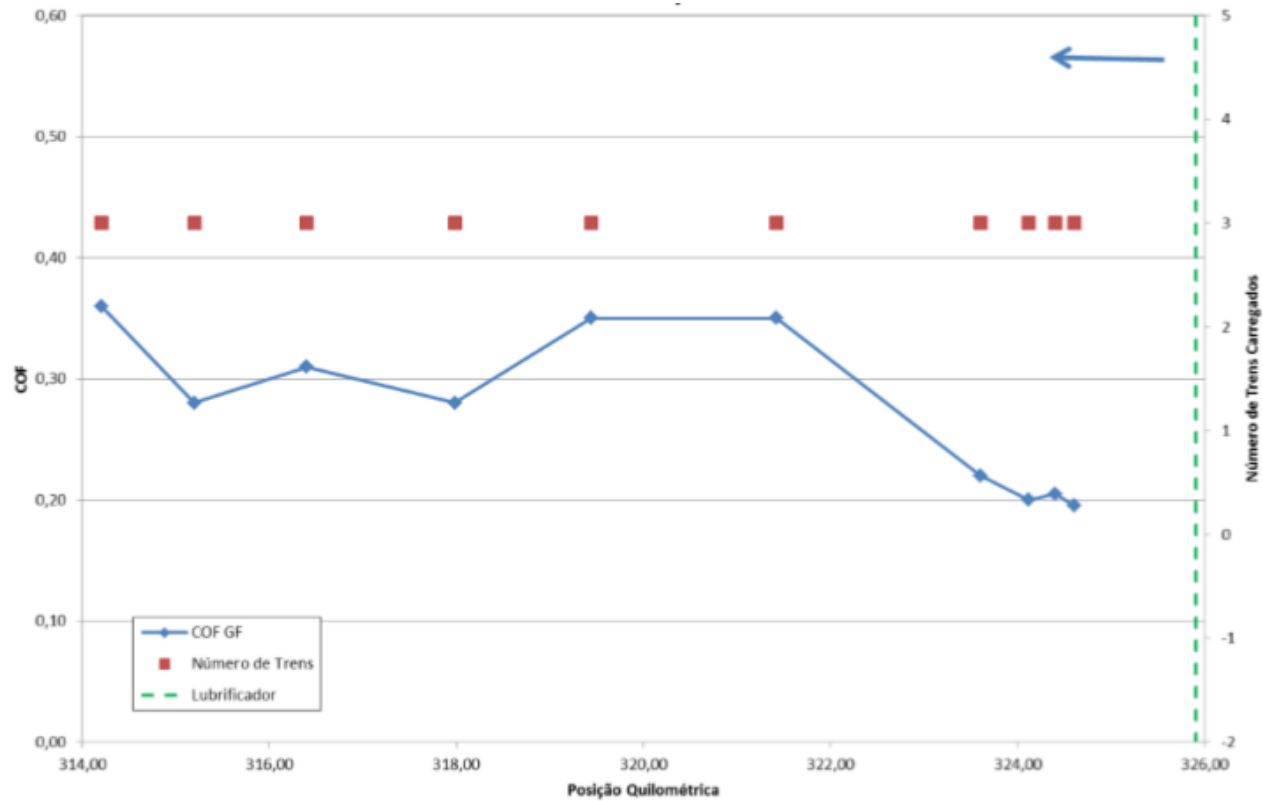


Carrydown: distância que a graxa é levada, a partir do ponto de aplicação, ao mesmo tempo em que mantém baixo COF

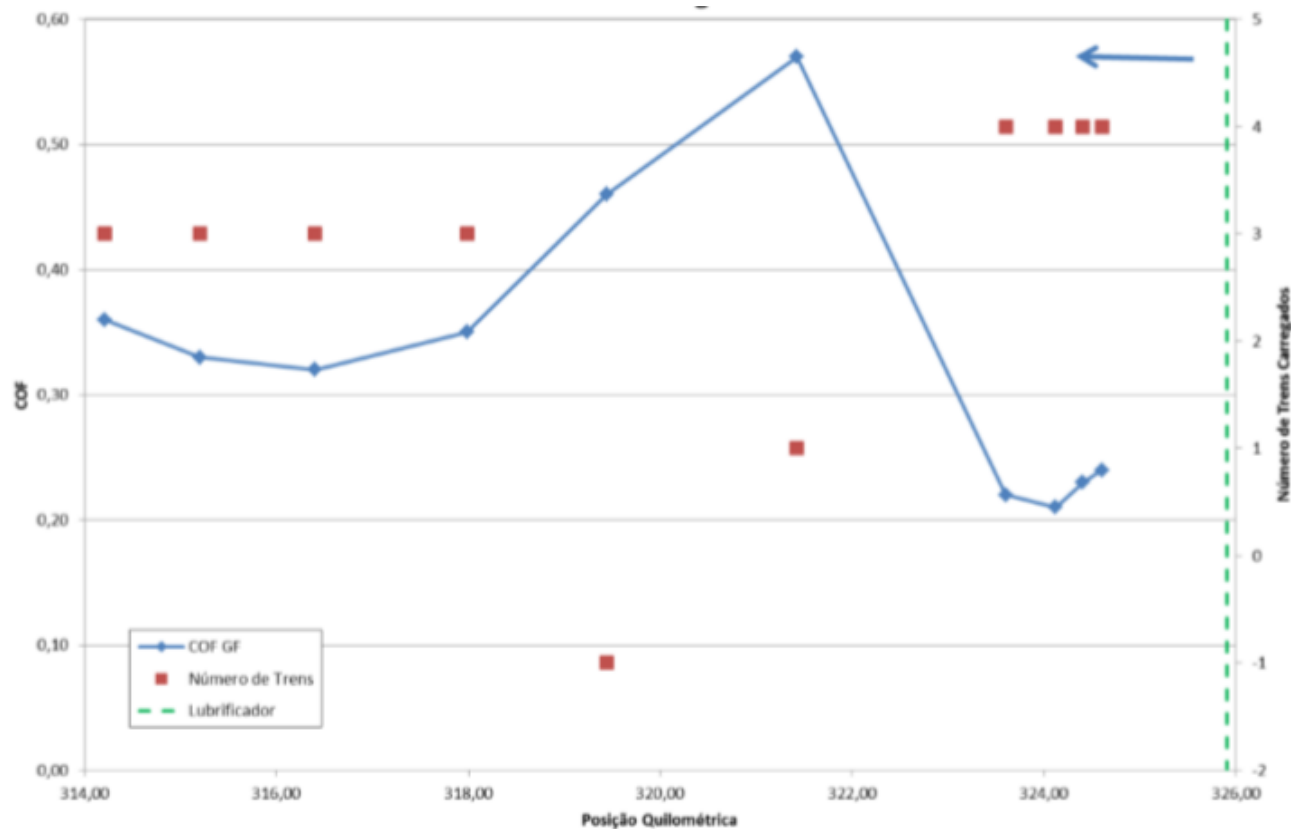


Carrydown = 2,4 km, sendo 94% desta distância em seção de tangente da via

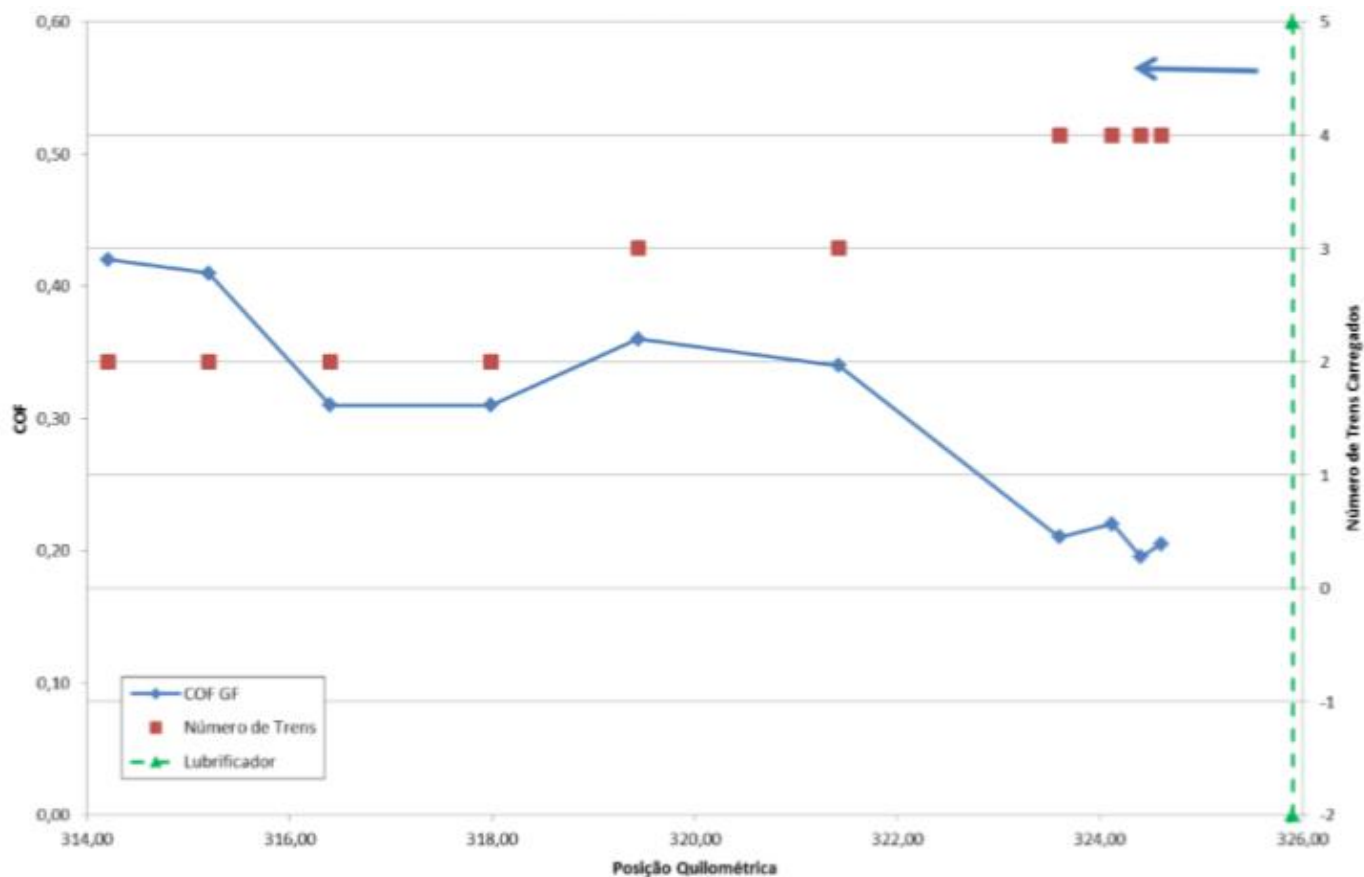
Relação COF x Posição Quilométrica x Trens Carregados no teste da Transrail 6042



Relação COF x Posição Quilométrica x Trens Carregados no teste da G. Beslux Biogrease M-1/G



Relação COF x Posição Quilométrica x Trens Carregados no teste da Gadus S2 V220AD 2

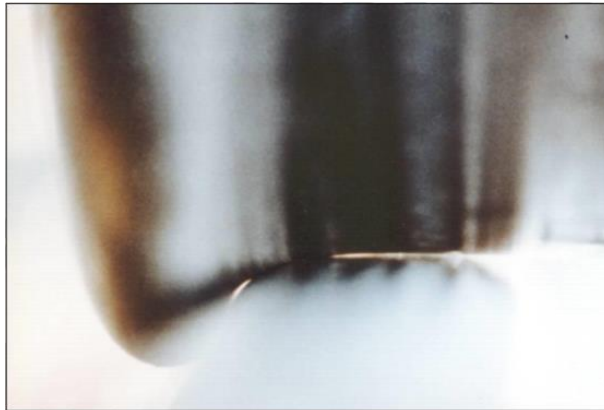


Análise dos desvios na lubrificação GF

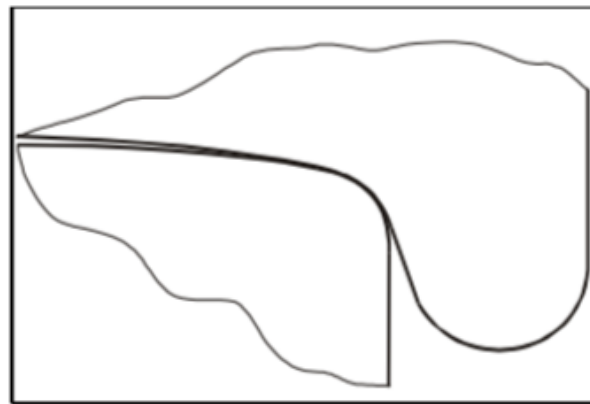
20



Influência do contato roda-trilho na lubrificação



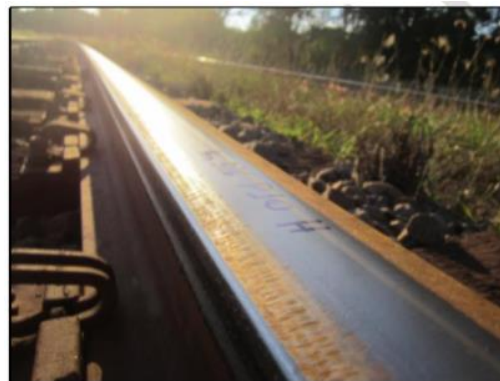
Contato por um ponto



Contato conformal



Dois pontos de contato



Dois pontos de contato em curvas



Dois pontos de contato em tangentes

CONCLUSÕES

22



Agradecimentos

O teste foi um projeto colaborativo entre:

- EFVM
- L.B. Foster Rail Technologies (LBF-RT)
- CH Vidon
- Shell
- Iorga
- Laapsa



- Condições de contato roda-trilho influenciam diretamente na lubrificação
- A utilização de lubrificantes com defeitos superficiais intensos promove hidropressurização. Este processo gera aumento das fraturas e intensificação dos danos nos trilhos.
- Expectativa carrydown era maior: ferrovias que possuem uma lubrificação eficiente o carrydown varia de 5 a 15 quilômetros.
- Ferrovias que possuem tráfego bidirecional apresentam um carrydown pequeno, devido ao fenômeno de um trem colocar graxa na via e outro trem a retirar.
- A lubrificação é uma excelente ferramenta para economia de combustível e trilhos nestas situações.

Guia para as melhores práticas de manutenção de trilhos: Desenvolvimento da Gestão de Atrito na Estrada de Ferro Vitória Minas

*Fernando Sgavioli (fernando.sgavioli@vale.com)
(13) 99671-1533*

*Liedi Bernucci (liedi@usp.br)
Rosângela Motta (rosangela.motta@usp.br)*

Obrigado



TRABALHO FINALISTA