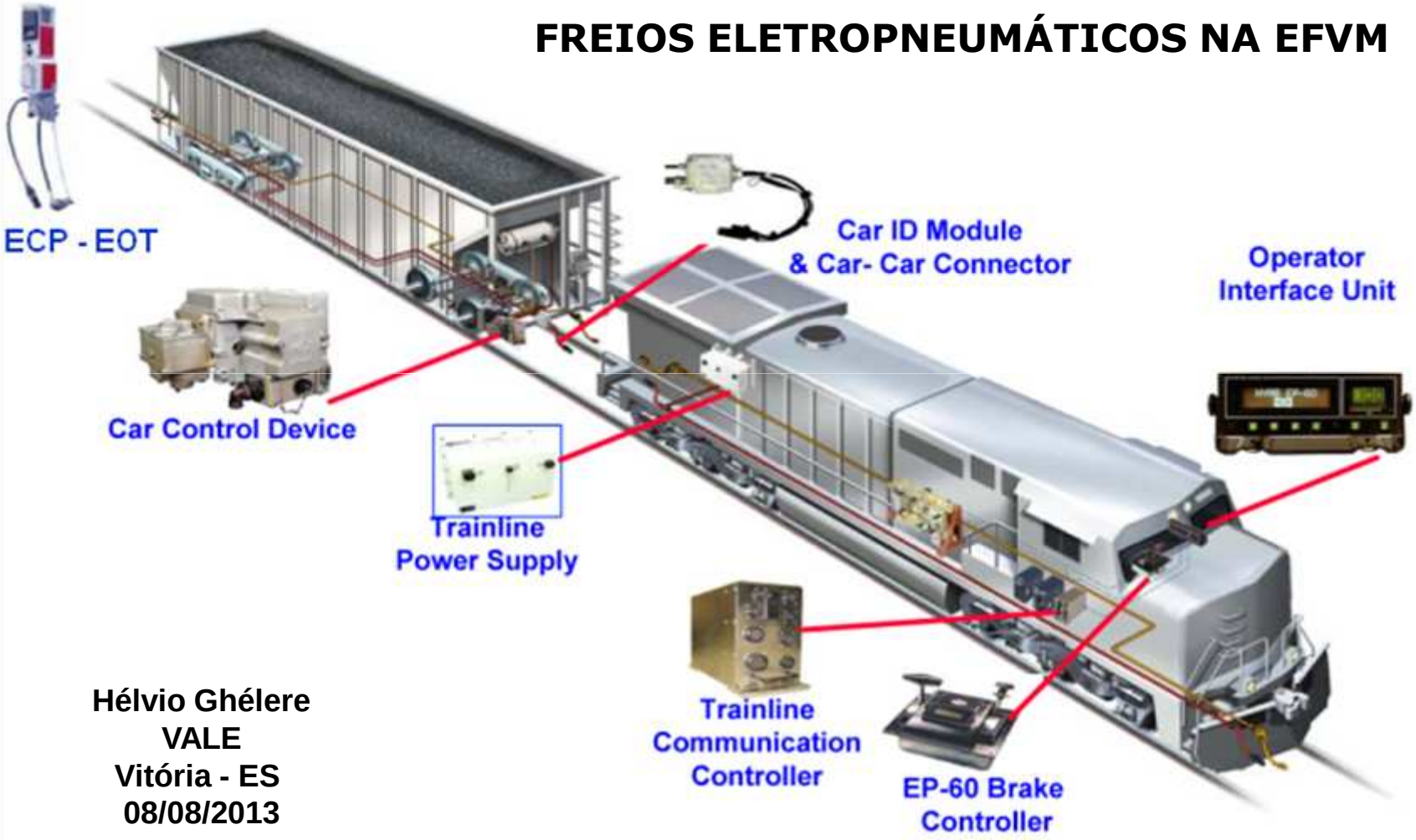
FREIOS ELETROPNEUMÁTICOS NA EFVM



Hélvio Ghélere
VALE
Vitória - ES
08/08/2013

1. OBJETIVO

Comparar e avaliar o desempenho de trens ECP X Não ECP:

- **Consumo de combustível**
- **Tempo de percurso**
- **Esforços internos na composição**
- **Adequação ao material rodante da EFVM**

Descrição

Controle eletrônico dos freios pneumáticos. Vagões e locomotivas são equipados com equipamentos ECP.

Basicamente, este sistema computadorizado comanda os freios dos vagões através de um cabo elétrico que percorre toda a composição, ligando as locomotivas aos vagões.

Possíveis benefícios

- Ação simultânea / alívio gradual
- Monitoração dos freios
- Redução de choques
- Menor tempo de percurso: melhor controle de velocidade
- Potência distribuída via cabo – sem perda de sinal
- Redução nas distâncias de frenagem
- Precisão nas paradas e reduções de velocidade
- Redução no consumo de combustível

2. CENÁRIO

2. CENÁRIO

- **Composição:** um trem equipado com freios ECP do tipo overlay, que permitiu realizar os testes no modo ECP ou não ECP, com o mesmo material rodante.

2 Dash 9 + 168 GDE

- **Número de viagens:** 76, entre Tubarão e diferentes minas: cada viagem foi realizada no mesmo modo operacional no ciclo completo (os trens vazios partiram de Tubarão em direção às minas e retornaram carregados a Tubarão usando freios ECP ou pneumáticos durante toda a viagem)
- **Período de aquisição de dados:** 5 meses
- **Origem / destino:** Trens vazios de Tubarão a Brucutu, Gongo Soco ou Bicas, e trens carregados até Tubarão.
- **Paradas:** as paradas não foram consideradas para o cálculo do tempo da viagem e consumo de combustível.
- **Número de trens testados:** Pneumáticos: 41 Eletropneumáticos: 35

2. CENÁRIO

Estrada de Ferro Vitória a Minas – EFVM
MG
ES
Governador Valadares
Belo Oriente
Tumiritinga
Conselheiro Pena
Respleador
Baixo Guandu
Coronel Fabriciano
Ipatinga
Timóteo
Itabira
Aimorés
Colatina
Piraquê-açú
Caeté
Bruçutu
Nova Era
Aracruz
Porto de Barra do Riacho
Belo Horizonte
Fazerdão
Serra
Alegria
Cariacica
Vitória
Complexo Portuário de Tubarão
Ouro Preto
Ouro Branco
Conselheiro Lafaiete

2. CENÁRIO

GE - DASH 9
4.000 HP
43.972 kgf a 25.3 kmk/h
Peso: 162 t

GDE
Gôndolas rotativas
Tara: 17,5 t / Peso Máximo: 105 t

Distância do Porto à Mina: 576 km
Velocidade Média: 44,69 km/h
Duração da viagem: 26,36 h
Peso bruto: 19.204 ton
Consumo de Combustível: 17.013 litros

5 Car dumpers: 2 GDE / virada / dumper
Hump yard
Bitola métrica
168 to 252 GDE / trem
21 trens, ou aprox. 3.600 vagões/dia

3. AQUISIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

3.1 METODOLOGIA

- O consumo de Diesel foi calculado, e não medido: os dados vieram dos ROT´s e do Unilog. A principal razão para este processo, ao invés de usar dados extraídos do Unilog foi isolar o consumo de diesel ocorrido em outras atividades.

- Foi considerado o tempo de percurso e não o tempo total da viagem.

- A principal razão para este processo, ao invés de usar dados extraídos do Unilog foi excluir o consumo de diesel ocorrido em outras atividades.

- **Consumo de Combustível** = Σ(Tpn.Cpn) + Tidle.Cidle + Tfd.Cfd, onde:
  - Tpn: tempo no ponto n (1~8) / Cpn: Consumo no ponto n
  - Tidle: tempo em Idle / Cidle: consumo em Idle
  - Tfd: tempo em freio dinâmico / Cfd: consumo em freio dinâmico
  - Tempo por ponto: horas / Consumo de combustível por ponto: litros/h

- **Eficiência Energética (EE) → EE = 1.000 x Consumo / TKB**, onde:
  - Consumo = consumo total de combustível em uma viagem completa (vazio + carregado) (em litros).
  - TKB = Tonelada Bruta x Km.

- Neste exemplo, TKB = 11.167.640 ton.km, então: EE=1.000 X 18.976 / 11.167.640 → **EE = 1,699 litros/k.TKB**
- Tempo de percurso: TT = 15,06 + 14,32 → **TT = 29,38 horas**.

Exemplo de cálculo de consumo de combustível e tempo de percurso

Posição do Acelerador	Trem Vazio Loco 1 segundos	Trem Vazio Loco 2 segundos	Trem Carregado Loco 1 segundos	Trem Carregado Loco 2 segundos	Consumo de Diesel litros/hora	Consumo de Diesel litros/hora X ponto
1	2470	1360	1450	1451	42,59	80
2	3577	1748	1780	1779	87,9	217
3	7296	3745	2571	2567	192	863
4	5055	2456	2664	2662	271,91	970
5	7493	4657	4084	4085	387,59	2.188
6	15304	6760	14833	14828	497,59	7.149
7	4843	3271	769	770	608,01	1.630
8	7915	4976	7543	7545	720,4	5.599
FD	0	0	9339	9334	45,01	233
Idle	278	0	6511	6501	12,68	47
Total (s)	54231	28973	51544	51522	---	
Total (h)	15,06	8,05	14,32	14,31		18.976

3.2 EQUIPAMENTOS ECP: confiabilidade e impactos operacionais

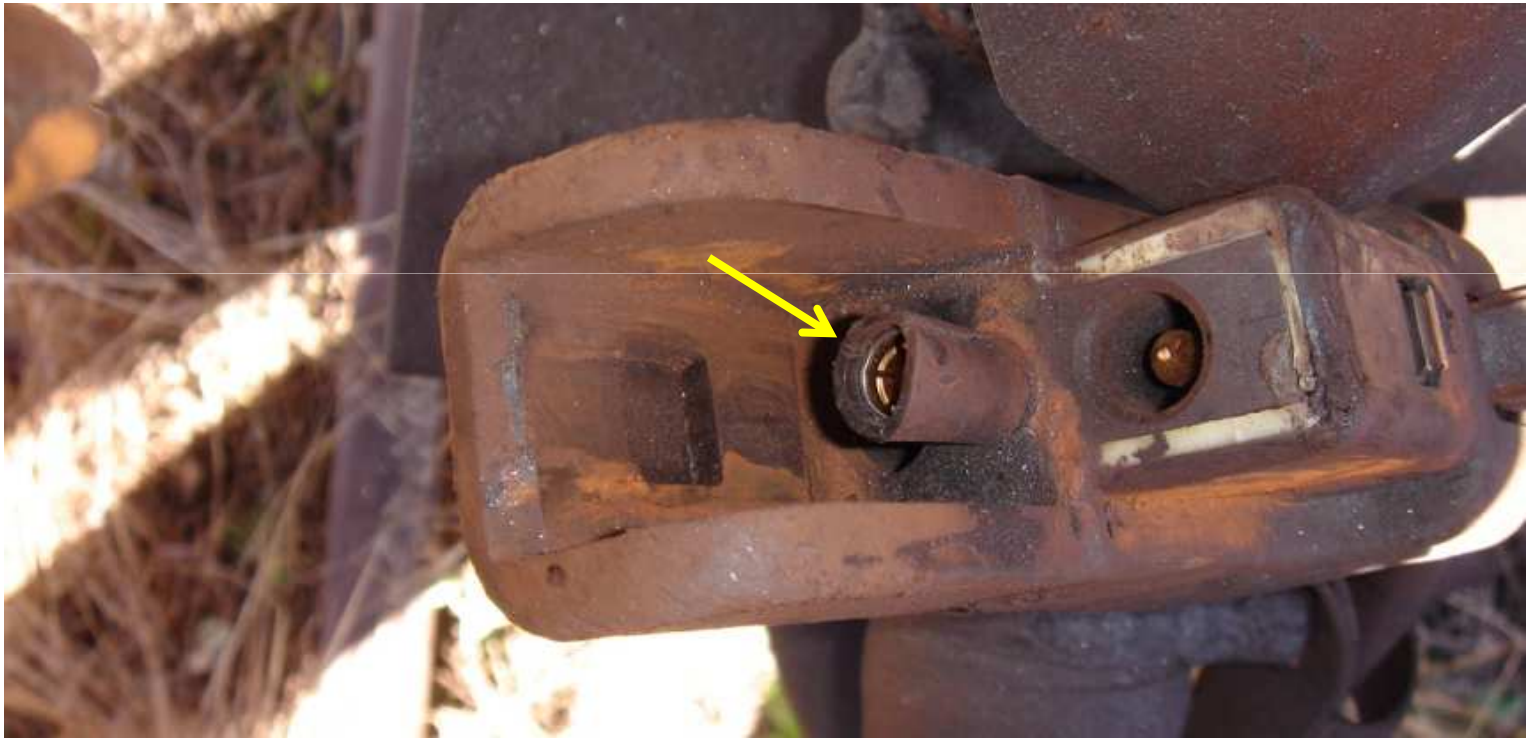
1. Cabos elétricos danificados nos car dumpers

2. Desacoplamento / falhas de cabos elétricos durante a descarga

2. Desacoplamento / falhas de cabos elétricos durante a descarga

3. Desgaste em cabos e mangueiras

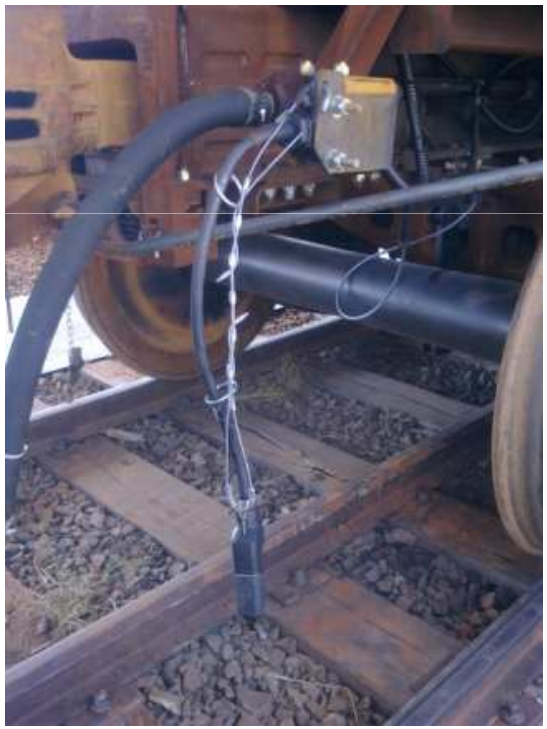
3. Desgaste em cabos e mangueiras



3. Desgaste em cabos e mangueiras: testes finais

4. Mosquetões

4. Mosquetões



5. Baterias: falhas prematuras

6. Falhas em IDM's e CCD's

7. Infiltração de água em caixas de passagem

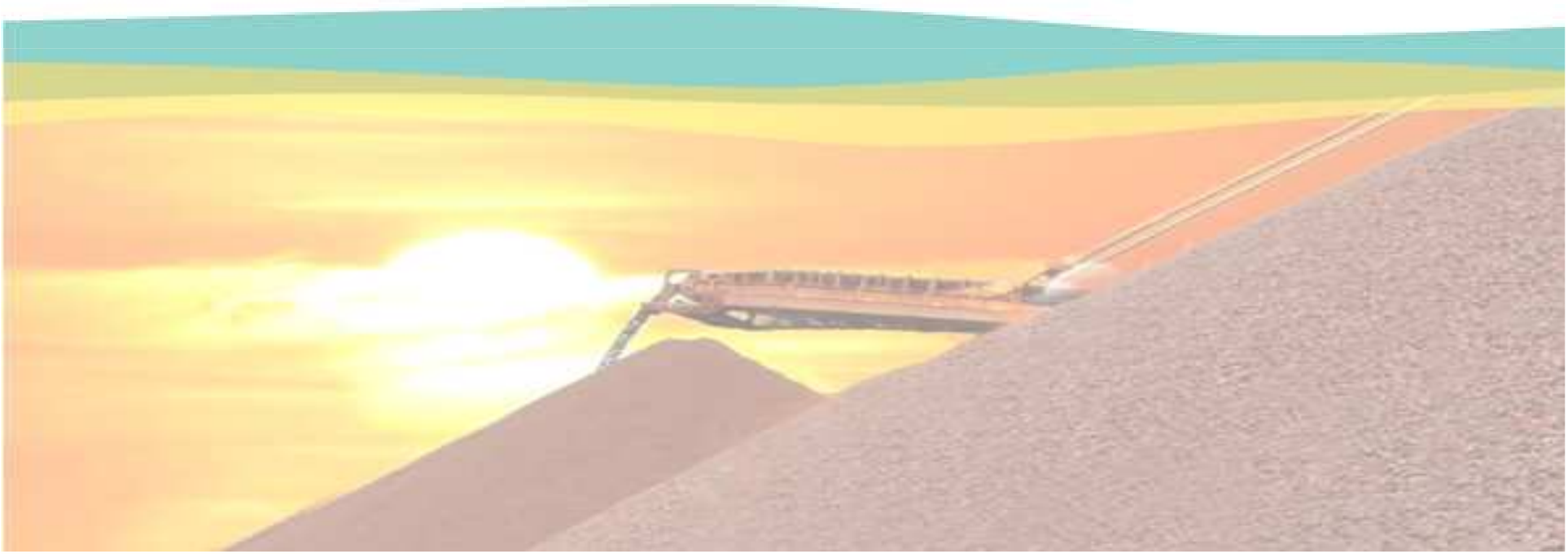
7. Infiltração de água em caixas de passagem

8. EOT

9. **Falhas no TCC**

10. **Falta de pessoal treinado durante a formação dos trens**

11. **Demora para que o mesmo maquinista voltasse a operar o trem no modo ECP**



3.3 CONSUMO DE COMBUSTÍVEL E TEMPO DE PERCURSO

Modo Operacional	TKB ton x km	Tempo de viagem h	Eficiência Energética litros/k.TKB
Pneumático	11033	28,53	1,535
ECP	11086	27,19	1,543
ECP / Pneum		95,30%	100,50%

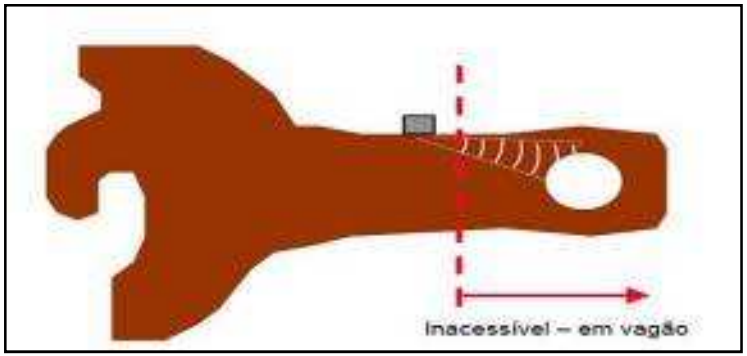
3.4 ESFORÇOS INTERNOS: Hastes Instrumentadas

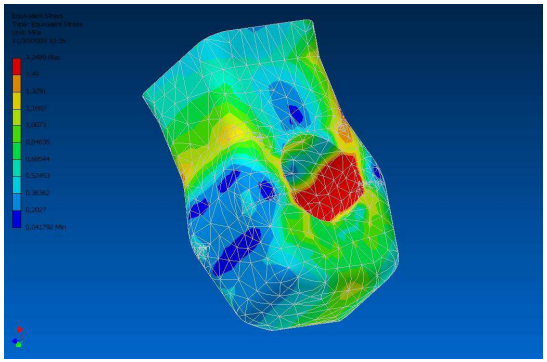
3.4 ESFORÇOS INTERNOS

Principais Conclusões:

- O uso de freios eletropneumáticos indicou a **redução de 28,4% nos choques,** com o correspondente aumento na vida útil de hastes e engates.

- O uso de freios eletropneumáticos **elevou o trabalho dos freios em 19,2%,** ocasionando aumento no desgaste de sapatas de freio e rodas.





4. CONCLUSÕES

PRÓS

- Segurança: aplicação e alívio simultâneos, alívio gradual, redução de choques, distâncias mais curtas para desaceleração, paradas mais precisas, menor uso de ar comprimido
- Manutenção: melhor distribuição dos esforços de frenagem, redução dos choques = aumento da vida dos engates
- Tempo de percurso: melhor controle da velocidade

CONTRAS

- Formação e manobras dos trens em Tubarão
- Colocação e retirada da EOT
- Fragilidades nos cabos elétricos
- Consumo de combustível.

A operação de um trem ECP provou ser segura. A operação de todos os trens da malha com sistema ECP resolveria a dificuldade em manter os maquinistas treinados em sua operação, o que poderia trazer melhores resultados em transit time e consumo de combustível, algo difícil de administrar durante os testes, com apenas um trem ECP operando em meio aos trens com freios pneumáticos.

Ainda que a maior parte das dificuldades técnicas tenha sido resolvida durante o desenvolvimento do projeto, o sistema eletropneumático apresenta algumas fragilidades que devem ser consideradas, ao compararmos o desempenho da frota com ou sem esses equipamentos instalados, já que estas fragilidades podem conduzir a frota de vagões a maior suscetibilidade a falhas, diminuindo o seu MKBF, e causando impactos operacionais que podem afetar a produção.

helvio.ghelere@vale.com
+55 27 3333 3538