



# BENCHMARKING FERROVIAS

Victor Pereira<sup>1\*</sup>, Marcelo Cardoso<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Inovação e Desenvolvimento, Av. Dante Michelini, 5500, 29.090-900, Vitória/ES*

e-mail: [victor.pereira@vale.com](mailto:victor.pereira@vale.com), [marcelo.cardoso@vale.com](mailto:marcelo.cardoso@vale.com)

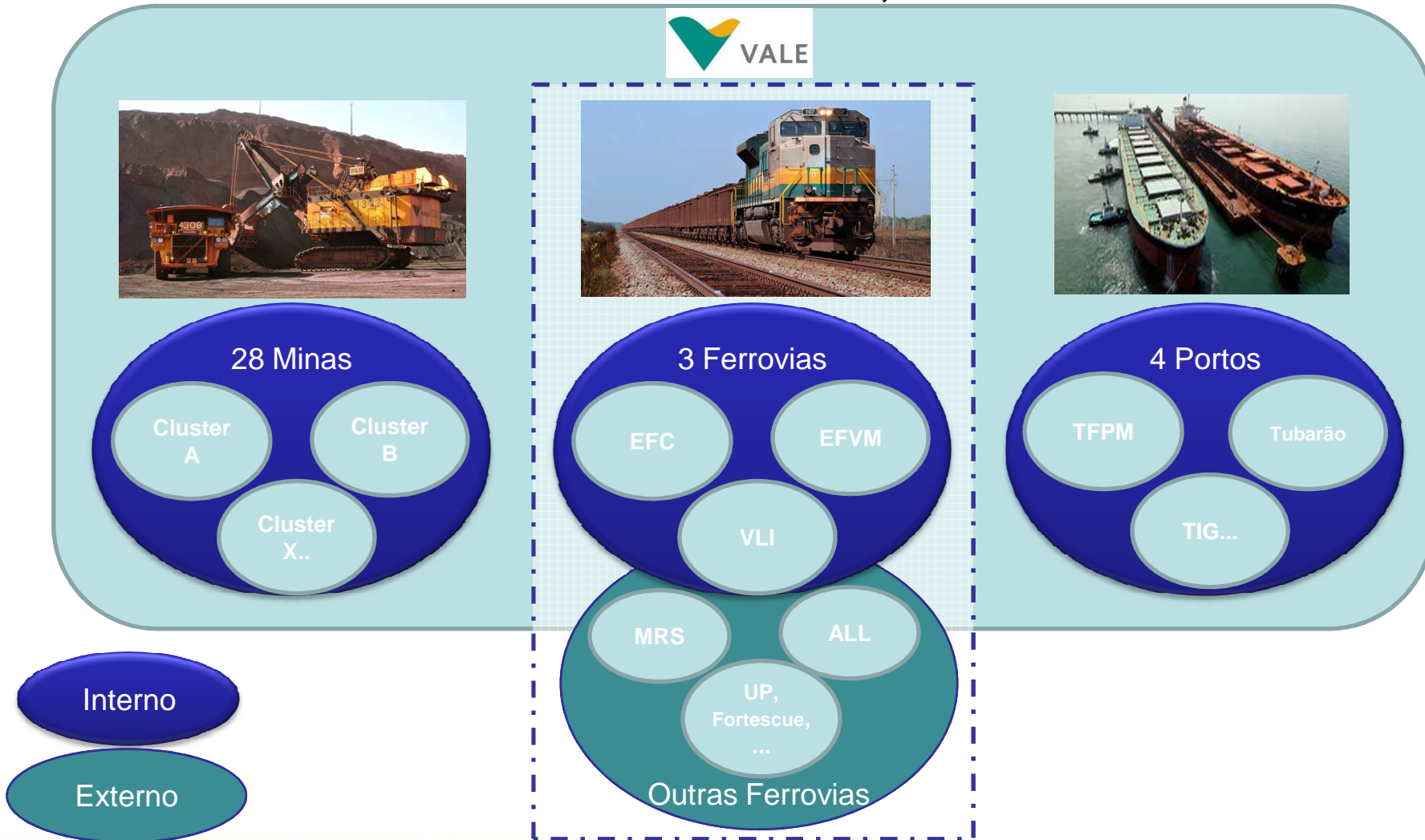


## BENCHMARKING FERROVIAS

### PAUTA

- O Processo de Benchmarking na Vale: Mina, Ferrovia e Porto
- Metodologia Benchmarking Ferrovia
- Etapa 1: Definição dos Indicadores Chave
- Etapa 2: Definição das principais informações operacionais
- Etapa 3: Levantamento de dados com horizonte plurianual
- Indicador de Confiabilidade de Locomotivas – Cenário 2012
- Padronização do Indicador de Confiabilidade de Locomotivas
- Etapa 4: Análise dos GAPs entre as ferrovias
- Etapa 5: Definição de informações necessárias para detalhamento dos GAPs encontrados
- Etapa 6: Análise dos processos com GAP's identificados
- Etapa 7: Definição das causas dos GAP's
- Etapa 8: Implementação de ações para reduzir GAP's
- CONCLUSÃO

## O PROCESSO DE BENCHMARKING NA VALE: MINA, FERROVIA E PORTO



## METODOLOGIA BENCHMARKING FERROVIAS

O Benchmarking pode ser definido como um processo de comparação e busca de melhores práticas para melhoria do desempenho e redução de custos. No cenário ferroviário este processo tem como objetivo a redução dos custos operacionais de transporte onde podem ser avaliados os processos de manutenção e operação de duas ou mais ferrovias.

A metodologia deste processo de benchmarking segue as etapas abaixo:

1. Definição dos indicadores chave
2. Definição das principais informações operacionais e características das ferrovias e dos ativos
3. Levantamento de dados com horizonte plurianual
4. Análise dos GAPs entre as ferrovias
5. Definição de informações necessárias para detalhamento dos GAPs encontrados
6. Análise dos processos com GAP's identificados
7. Definição das causas dos GAP's
8. Implementação de ações para reduzir GAP's

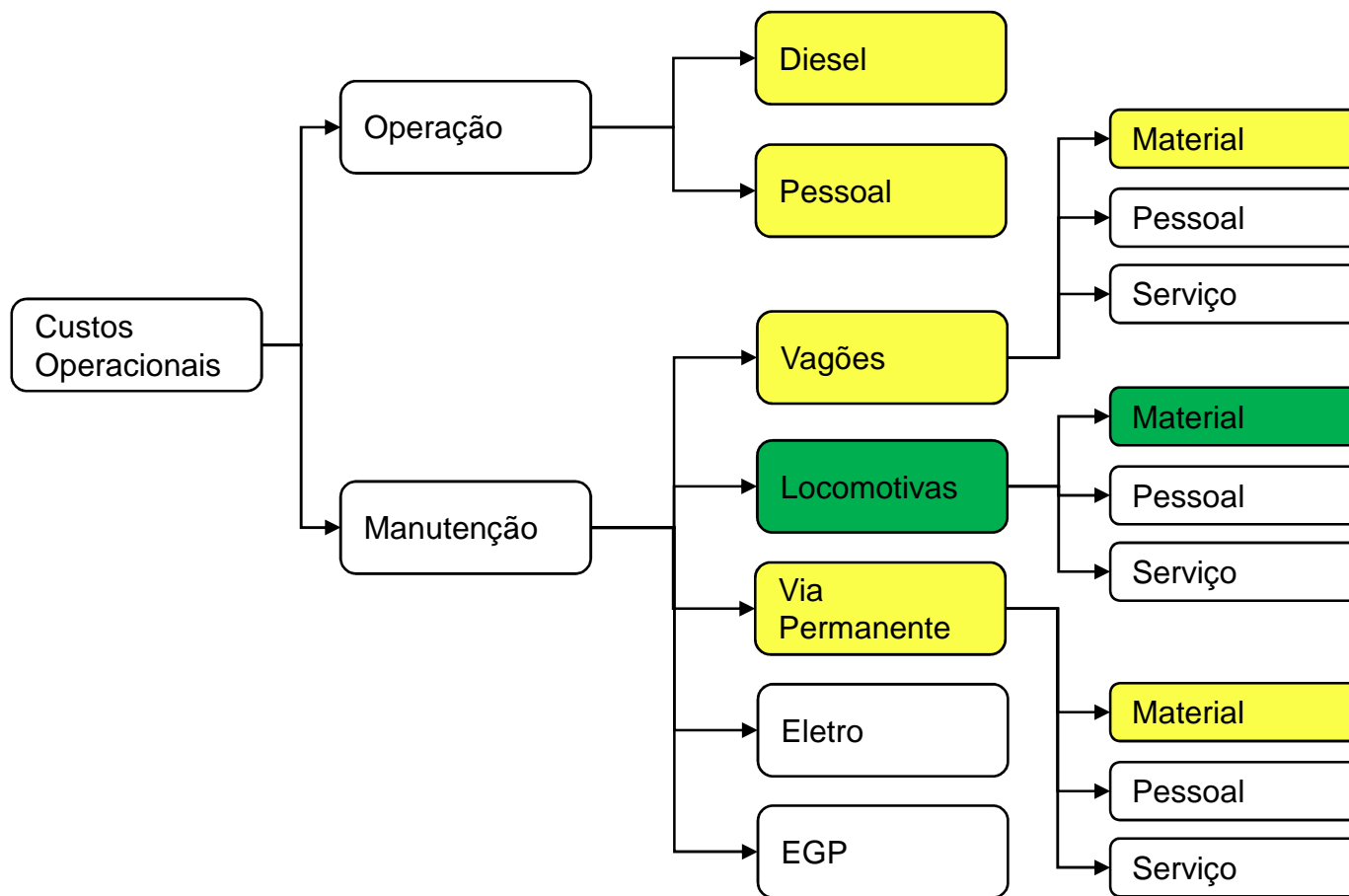
## ETAPA 1: DEFINIÇÃO DOS INDICADORES CHAVE

### Indicadores Objeto de Estudo

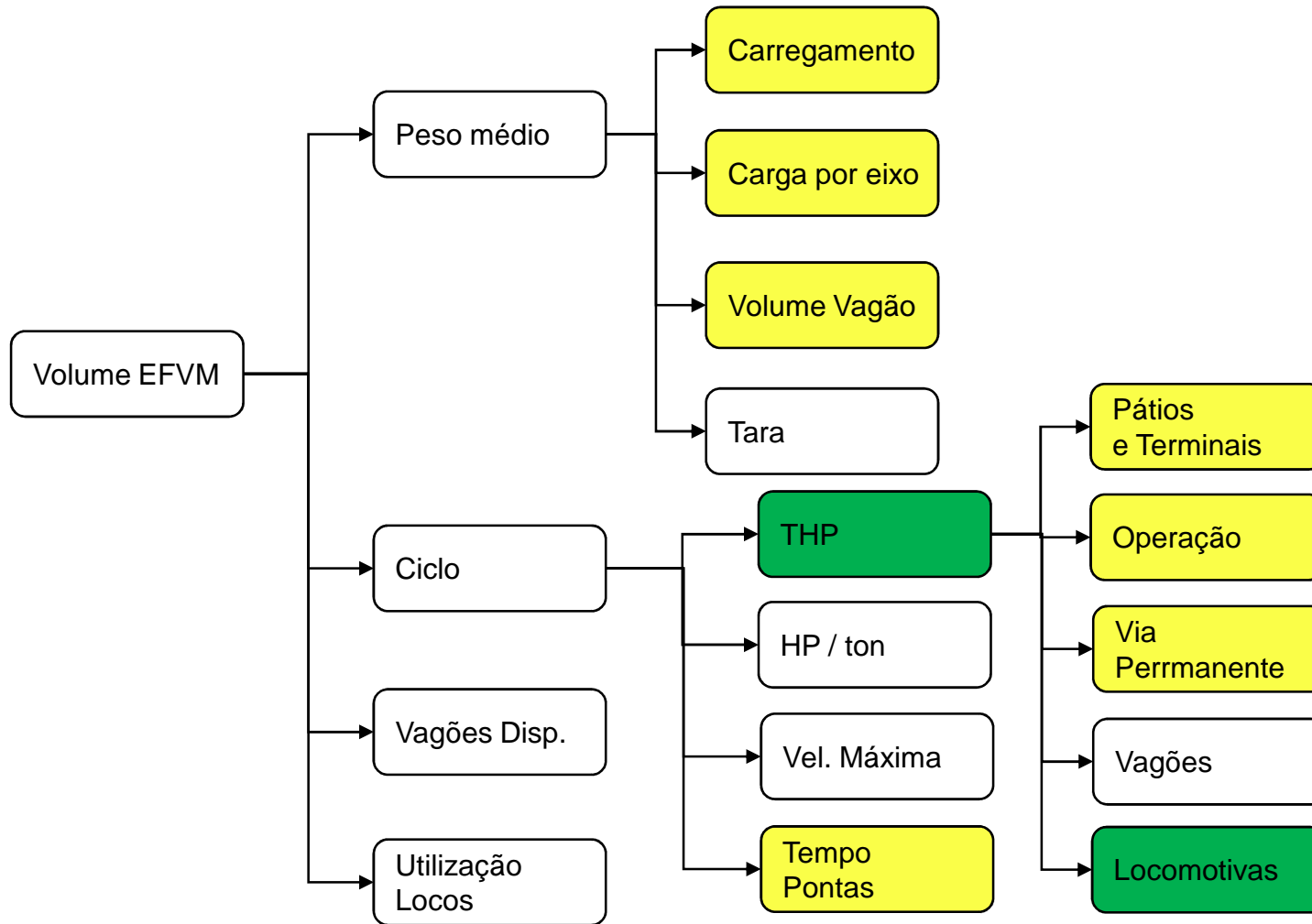
Área Técnica	Custo Anual	Produtividade Anual
Eletroeletrônica	USD / TKB	FTE / KM
Máquina de Via	USD / (EGP + EVP)	FTE / (EGP + EVP)
Via Permanente	USD / TKB	FTE / KM
Locomotiva	USD / TKB	FTE / Ativo
Vagão	USD / TKB	FTE / Ativo
Operação	USD / TKB	FTE / TKB



## ETAPA 2: DEFINIÇÃO DAS PRINCIPAIS INFORMAÇÕES OPERACIONAIS



## ETAPA 2: DEFINIÇÃO DAS PRINCIPAIS INFORMAÇÕES OPERACIONAIS



### ETAPA 3: LEVANTAMENTO DE DADOS COM HORIZONTE PLURIANUAL

Item	Indicador	Unidade	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	Milhões de toneladas líquidas por ano	MTU						
2	Milhões de toneladas brutas por ano	MTB						
3	Milhões de toneladas brutas por quilometro	MTKB						
4	Milhões de toneladas líquidas por quilometro	MTKU						
5	Ciclo médio total	h						
6	Transit time Vazio	h						
7	Transit time Carregado	h						
8	Quilometragem média percorrida	km						
9	Velocidade comercial	km/h						
10	Velocidade em marcha	km/h						
11	Consumo anual de diesel	l						
12	Limite de peso por eixo	TB / Vagão						
13	Peso médio	TB / Vagão						
14	Tonelada bruta por trem	TB						
15	Tonelada líquida por trem	TU						
16	Quantidade de vagões por trem	QTD						
17	Quantidade de locomotivas por trem	QTD						
18	Potência de locomotivas trem	HP						
19	Quantidade de Locomotivas	QTD						
20	Confiabilidade Locomotivas	???						
21	...	...						





## INDICADOR DE CONFIABILIDADE DE LOCOMOTIVAS – CENÁRIO 2012

EFVM	EFC	VLI	MRS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Defeito</li> <li>• Avaria</li> <li>• Reboque</li> <li>• Outros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Defeito</li> <li>• Avaria</li> <li>• Reboque</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Defeito</li> <li>• Reboque</li> <li>• Falta de Insumo</li> <li>• Operação Inadequada</li> <li>• Vandalismo</li> <li>• Fenômenos da Natureza</li> <li>• Acidente</li> <li>• Pendente</li> <li>• Reboque CCO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acidente</li> <li>• Evento restabelecido</li> <li>• Defeito</li> <li>• Falha em serviço</li> <li>• Não conformidade</li> <li>• Falha operacional.</li> <li>• Vandalismo</li> </ul>

- Conceitos diferentes para os apontamentos similares – Ex: Defeito, Avaria, Reboque...



## INDICADOR DE CONFIABILIDADE DE LOCOMOTIVAS – CENÁRIO 2012

CONCEITO DE “DEFEITO”			
EFVM	EFC	VLI	MRS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todo evento que não provoque perda total (ou parcial) de tração</li> <li>• Todo evento que gera perda total (ou parcial) de tração, mas com reestabelecimento da função em até 59min.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualquer evento que seja reestabelecido sem atuação da manutenção, inclusive se o trem parar.</li> <li>• Casos recuperáveis em que o CCO decide rebocar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incapacidade parcial (ou total) de tracionar - com atuação da manutenção.</li> </ul>	<p>Encaminhar para Oficina</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falha em locomotiva que limita a capacidade operacional porém permanece disponível para operação</li> <li>• Falha em locomotiva anexada em trem cuja tração disponível após conseguir que o trem cumpra a missão até o destino final ou até algum posto de manutenção onde possa ser restabelecida em condições normais de operação</li> <li>• Falha em locomotiva anexada em trem identificada na inspeção em pátios adjacentes às oficinas</li> </ul> <p>Recuperação pela rádio manutenção:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falha em locomotiva que após intervenção da rádio manutenção com maquinista, foi restabelecida (exemplo: reset de falha logada)</li> </ul>

- o Erro recorrente: Tentativa de associar indicador de confiabilidade ao impacto operacional (THP)

## PADRONIZAÇÃO DO INDICADOR DE CONFIABILIDADE DE LOCOMOTIVAS

- 2 Fóruns presenciais + reuniões mensais entre as ferrovias MRS, EFC, EFVM e VLI
- Envolvimento das equipes de engenharia, confiabilidade, Help Desk
- Utilização de conceitos de confiabilidade da ABNT NBR 5462 “Confiabilidade e Manutenibilidade”
  - **Função requerida:** Função ou combinação de Funções de um item que são consideradas necessárias para prover um dado serviço (ABNT NBR 5462-1994).
  - **Defeito:** Qualquer desvio de uma característica de um item em relação aos seus requisitos. (ABNT NBR 5462-1994).
  - **Falha:** Término da capacidade de um item desempenhar a função requerida (ABNT NBR 5462-1994).

## PADRONIZAÇÃO DO INDICADOR DE CONFIABILIDADE DE LOCOMOTIVAS

- o Fluxograma de classificação de eventos



### DEFINIÇÕES

- **Falhas:** são eventos que afetam alguma função primária, independente do tempo de impacto / atendimento.
- **Defeitos:** são eventos que **NÃO** afetam alguma função primária, independente do tempo de impacto / atendimento.



## PADRONIZAÇÃO DO INDICADOR DE CONFIABILIDADE DE LOCOMOTIVAS

### o Funções Primárias

Item	Função(s)	Desempenho Requerido
Propulsão	Produzir esforço de tração	Esforço de tração nominal conforme especificação, sem perda parcial de potência do MD e esforço trator, sem geração de ruídos estranhos.
Frenagem Dinâmica	Produzir esforço de frenagem dinâmica	Esforço de frenagem dinâmica nominal conforme especificação, sem perda parcial de esforço de frenagem dinâmica
Freio Pneumático	Realizar aplicação, alívio e manutenção da frenagem pneumática	Esforço e controle de frenagem pneumática conforme especificação
Instrumentação Operação	Indicação de medidas para o operador (velocidade, pressão RP, CF, EG, corrente MT / ET)	Indicação dentro da faixa de tolerância.
Partida e Carga da Bateria	Partir o Motor Diesel e fornecer energia para o circuito de controle e partida do motor e carga de baterias	Condições de tensão e corrente elétrica conforme especificação
Aparelho de Choque Tração	Engatar a locomotiva a outros veículos ferroviários	Acoplamento e desacoplamento entre os veículos
Circuito de controle	Controlar baixa velocidade	Manutenção de velocidade desejada de operação
Alertor	Garantir a atenção do operador	Nível sonoro e tempo entre alertas conforme especificação
Tomada jumper, SAI	Proporcionar tração distribuída ou múltipla	Controle remoto das locomotivas

## PADRONIZAÇÃO DO INDICADOR DE CONFIABILIDADE DE LOCOMOTIVAS

o Eventos externos: são eventos que serão apontados apenas para geração de histórico, porém como não tem relação com a qualidade da manutenção não serão utilizados no cálculo dos indicadores de confiabilidade de locomotivas.

### SÃO EVENTOS EXTERNOS

Acidente

Vandalismo

Raio

Inundação

Falha de operação

Mato na linha

Galhos de árvores invadindo o gabarito

Falta de insumos



## PADRONIZAÇÃO DO INDICADOR DE CONFIABILIDADE DE LOCOMOTIVAS

- o Indicador Padronizado de Confiabilidade de Locomotivas: KMEF

Tipo	Detalhamento
MKBF	Kilometragem Média entre Reboques
<b>KMEF</b>	<b>Kilometragem Média entre Falhas</b>
LMEF	Litros Médios entre Falhas
KMED	Kilometragem Média entre Defeitos + Falhas
LMED	Litros Médios entre Defeitos + Falhas

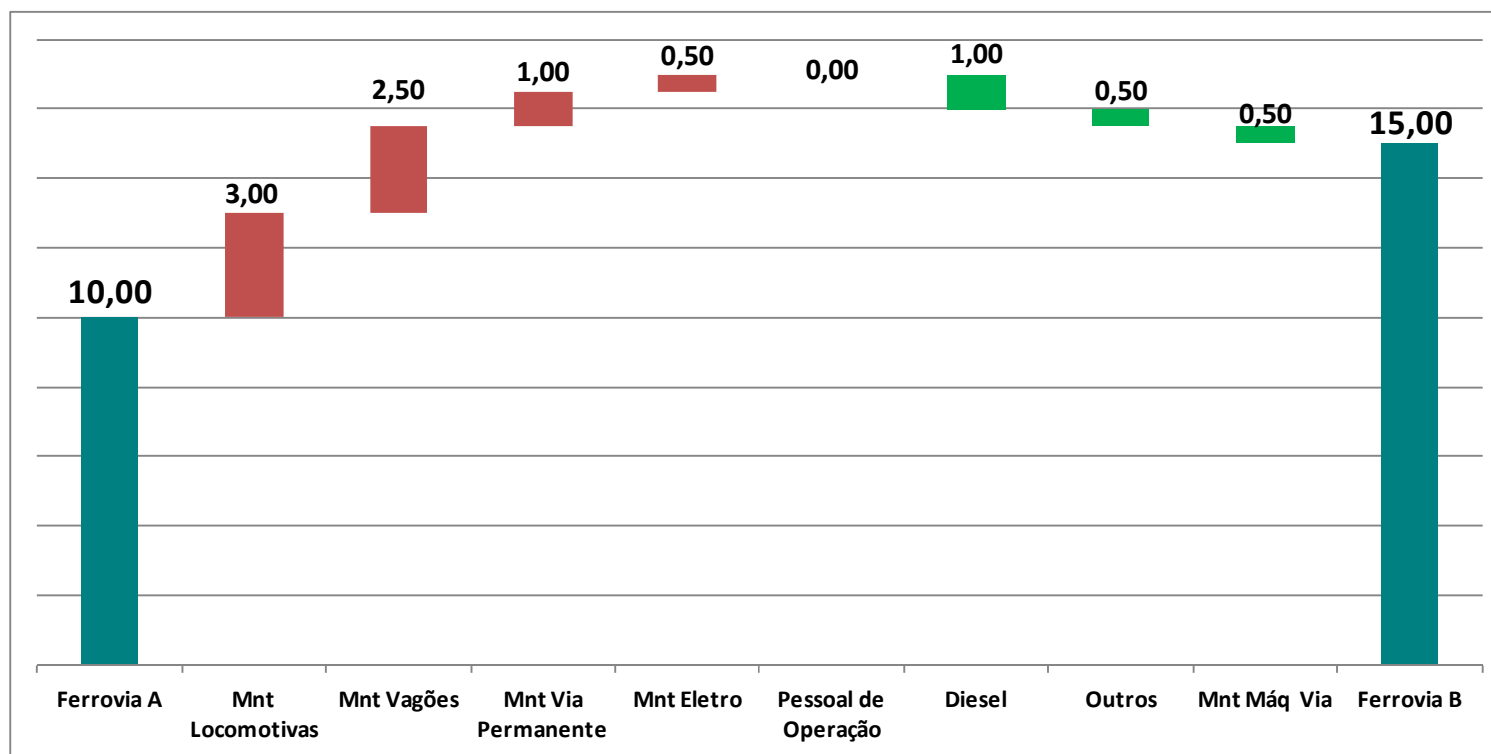
- o Objetivo Inicial: Comparar desempenho de frotas Similares

Frotas Similares	EFC	EFVM	FCA	MRS	ALL
DASH9	C44	BB40	BB40	C44	BB40
AC GE	ES58ACi		AC44	AC44	
AC EMD	SD80AC		SD70AC	SD70AC	SD70AC



## ETAPA 4: ANÁLISE DOS GAPs ENTRE AS FERROVIAS

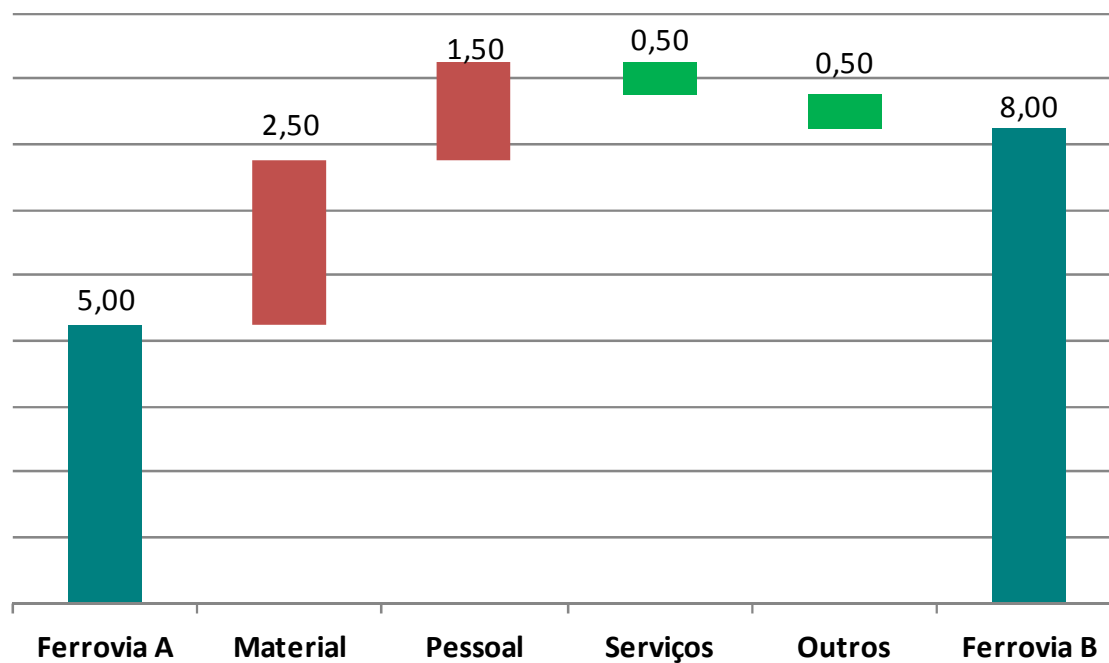
- o Build Up de Custos conforme indicadores chave (USD/TKB)





## ETAPA 4: ANÁLISE DOS GAPs ENTRE AS FERROVIAS

- o Build Up de Custos conforme indicadores chave (USD/TKB)



## ETAPA 4: ANÁLISE DOS GAPs ENTRE AS FERROVIAS

o Evolução do benchmarking conforme evolução dos níveis

Grupo	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível ...
Custos	Materiais - Locomotivas	Motor Diesel	Conjunto de Força	Camisa/Jaqueta
Custos	Materiais - Locomotivas	Motor Diesel	Conjunto de Força	Biela
Custos	Materiais - Locomotivas	Motor Diesel	Conjunto de Força	Pistão
Custos	Materiais - Locomotivas	Motor Diesel	Conjunto de Força	Injeção
Custos	Materiais - Locomotivas	Motor Diesel	Conjunto de Força	Outros componentes
Custos	Materiais - Locomotivas	Motor Diesel	Turbo Alimentador	
Custos	Materiais - Locomotivas	Motor Diesel	Outros componentes	
Custos	Materiais - Locomotivas	Motor de tração		
Custos	Materiais - Locomotivas	Compressor		
Custos	Materiais - Locomotivas	Gerador Principal		
Custos	Materiais - Locomotivas	Outros componentes		
Custos	Pessoal			
Custos	Serviços			
Custos	Outros			



## ETAPA 5: DEFINIÇÃO DE INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS PARA DETALHAMENTO DOS GAPs ENCONTRADOS

o Exemplo de informações necessárias para detalhamento de processos de manutenção de componentes de locomotivas (recomendado X real):

- o **Padrões:** *Estão disponíveis na área? Qual é a qualidade?*
- o **Ferramentas:** *São apropriadas? Quantidade ideal?*
- o **Infra-estrutura:** *Pontes rolantes, espaço, iluminação, ventilação adequados?*
- o **Materiais:** *Utilizam materiais originais ou homologados?*
- o **Mão-de-obra:** *Quadro ideal? Qual conhecimento técnico?*
- o **Fluxo do processo:** *Fluxo adequado do processo?*
- o **Processos terceirizados:** *Quais processos são realizados por terceiros?*



## ETAPA 6: ANÁLISE DOS PROCESSOS COM GAPS IDENTIFICADOS

Processo:		Ferrovia:
Manutenção de Turbo-alimentadores		EFVM
Parâmetro	Recomendado	Disponível / Utilizado
<b>Padrões</b>	Padrões ou MIs impressos e encadernados, disponíveis para consulta na área. Mis de referência: Turbo-alimentador EMD: MI - 275 Turbo-alimentador GE: MI-EP- 94309B; MI-EP- 94312E; MI-EP- 94316B; MI-EP- 94317D;	PROs estão disponíveis no computador da seção, porém, não estão impressos para acesso direto durante a execução. Turbo-alimentador GE: PRO-00154/GACOG - Desmontagem do turbo GE; PRO-00160/GACOG - Desmontagem do turbo GE; PRO-00162/GACOG - Diagnóstico em turbo GE; Turbo-alimentador EMD: PRO-00150/GACOG - Desmontagem da embreagem do turbo EMD; PRO-00155/GACOG - Desmontagem do turbo EMD; PRO-00156/GACOG - Montagem da embreagem do turbo EMD; PRO-00161/GACOG - Montagem do turbo EMD; PRO-00163/GACOG - Diagnóstico em turbo EMD; PRO-00164/GACOG - Alinhamento do turbo EMD; PRO-00165/GACOG - Balanceamento de rotores EMD;
<b>Ferramentas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conjunto de ferramentas, equipamentos, instrumentos de medição, gabaritos e dispositivos necessários para a manutenção básica dos turbo-alimentadores.</li> <li>Ferramentas e instrumentos de medida aferidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Balaceadora de cj rotor GE e EMD;</li> <li>Bancada de alinhamento da carcaça do turbo EMD;</li> <li>Bancada viradora de turbo EMD;</li> <li>Bancada viradora de turbo GE;</li> <li>Bancada p/ desmontagem de cj rotor EMD;</li> <li>Furadeira com base magnética;</li> <li>Torquímetros aferidos;</li> </ul>
<b>Infra-estrutura</b>	Montagem de turbo-alimentadores em ambiente climatizado e com pressão positiva para evitar a entrada de poeira.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sala com ambiente climatizado c/ ar-condicionado e exaustor;</li> <li>Ambiente não conta com pressão positiva;</li> </ul>
<b>Materiais</b>	Utilização somente de materiais originais e/ou homologados;	Materiais originais e/ou homologados;
<b>Mão-de-obra</b>	Equipes suficientes com pessoal capacitado na função.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipes de 2 empregados em 2 turnos de 11 hs (2 dias trab x 2 dias descanso);</li> <li>Treinamento on-the-job;</li> <li>Nível médio de experiência da equipe: Experiente</li> </ul>
<b>Fluxo do processo:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desmontagem;</li> <li>Limpeza;</li> <li>Qualificação;</li> <li>Montagem;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desmontagem: na seção de turbo;</li> <li>Limpeza: no setor de lavagem de peças;</li> <li>Qualificação: na seção de turbo;</li> <li>Montagem: na seção de turbo;</li> </ul>
<b>Processos terceirizados</b>	Função da especificidade do processo e capacidade de escala do setor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reforma geral de turbo-alimentador.</li> <li>Recuperação geral do conjunto rotor.</li> </ul>



## ETAPA 6: ANÁLISE DOS PROCESSOS COM GAPS IDENTIFICADOS

### Infra-estrutura



Seção de manutenção de turbos em ambiente climatizado, limpo e com iluminação adequada.

## ETAPA 7: DEFINIÇÃO DAS CAUSAS DOS GAPs

Observação	Ferrovia A	Ferrovia B
<b>Custo de manutenção</b>	R\$ 1.000,00 / Componente	R\$ 3.000,00 / Componente
<b>Tipo de manutenção</b>	Interna	Externa
<b>Vida média</b>	8 Anos	6 Anos
<b>Custo infraestrutura</b>	R\$ 1 Milhão	Não existe
<b>Tempo para atingir VPL</b>	OK	2,3 anos
<b>Orientação</b>	Processo OK	Implementar processo interno de recuperação

## ETAPA 8: IMPLEMENTAÇÃO DE AÇÕES PARA REDUZIR GAPs

- Disponibilização de todos os PROs impressos em cada setor. Utilização do pedestal para PRO (Boa Prática na Ferrovia A).
- Implantação das etiquetas de identificação da condição dos componentes em processo (Boa Prática na Ferrovia C).
- Dispositivo de teste de estanqueidade de bombas d'água GE (Boa Prática na Ferrovia A).
- Dispositivo de teste de bombas de transferência de combustível (Boa Prática na Ferrovia C).
- Implantação de quadro de gestão a vista de produção (Boa Prática na Ferrovia A)
- Aquisição de equipamento para inspeção de trincas por partículas magnéticas (Magnaflux) para eixo virabrequim de motores diesel. (Recomendação Engenharia)
- Aquisição de bancada para qualificação de bombas injetoras GE (Boa Prática na Ferrovia A).

## CONCLUSÃO

O processo estruturado de benchmarking permite:

- Redução de Custos Operacionais
- Melhoria de Indicadores Operacionais
- Aumento de Produtividade
- Comparação de indicadores entre empresas, quando os indicadores são padronizados
- Para benchmarking entre empresas que não compartilham informações sigilosas como custos e QLP, o benchmarking de processos pode trazer possíveis ganhos (início a partir da etapa 5)

Este trabalho contempla materiais de alguns processos de benchmarking interno e externo realizado pela equipe das ferrovias Vale (EFC, EFVM, VLI) em conjunto com as empresas parceiras como a MRS.