

3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 3

IMPLANTAÇÃO DO PROCESSO DE ESMERILHAMENTO DE TRILHOS NA VLI

AUTORES

(Apresentar os autores apenas se o trabalho não estiver concorrendo ao Prêmio, caso contrário apague esta recomendação e o título AUTORES e deixe o espaço de quatro linhas vazio para preenchimento posterior)

INTRODUÇÃO

O aumento do volume transportado e incremento contínuo da carga por eixo nos principais corredores da Ferrovia Centro-Atlântica (FCA) operada pela VLI vem trazendo ganhos significativos ao negócio de transporte ferroviário de carga. Contudo, vem também acelerando o desgaste de trilhos, a propagação de trincas por fadiga de contato e outros defeitos superficiais a níveis limítrofes do esforço mecânico suportado pelo trilho, resultando consequentemente em interrupções no tráfego ferroviário devido a substituições de trilhos e aumentando o custo de manutenção na via permanente.

O esmerilhamento de trilhos é um processo mecanizado de manutenção da via permanente destinado a prolongar a vida útil dos trilhos, mediante o controle do desgaste, de interação veículo-via e da eliminação/mitigação de trincas e defeitos superficiais provocados por tensão de contato roda/trilho.

Além disso, esta prática de manutenção, somada ao reperfilamento de rodas, proporciona uma melhoria na distribuição dos esforços na interface roda-trilho pela conformalidade dos perfis destes ativos, bem como na otimização da inscrição dos veículos ferroviários em curvas e tangentes. Para tanto, um completo entendimento dos fenômenos que ocorrem na interface roda-trilho e da operacionalidade dos recursos deste equipamento ferroviário de grande porte é absolutamente necessário em complexa operação mecânica e logística.

Com o objetivo de prolongar a vida útil dos trilhos e reduzir estes custos de manutenção, a VLI adquiriu em 2012 uma moderna e eficiente esmerilhadora de trilhos para atuar nos corredores Centro-Leste e Centro-Sudeste da FCA.

Objetivo

Este documento propõe apresentar a estratégia e ações da VLI para implantação do processo de esmerilhamento de trilhos da FCA abordando os seguintes itens:

- Revisão bibliográfica;
- Estratégia da companhia (esmerilhamento, operação e manutenção);
- Implantação do projeto;
- Resultados esperados.

DIAGNÓSTICO

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esmerilhamento de trilhos

De acordo com Sroba [1], o esmerilhamento de trilhos é um processo de manutenção de trilho realizado por equipamentos projetados para remover metal da superfície do trilho utilizando rebolos circulares rotativos acoplados a motores elétricos. O esmerilhamento de perfis otimizados de trilhos para tolerâncias apertadas em intervalos de manutenção preventiva (baseado em tonelada trafegada) atua de forma eficaz na remoção de trincas e na modificação/ melhoria do perfil do boleto do trilho, tendo por finalidade:

- Controlar a propagação de defeitos superficiais de trilhos por fadiga;
- Controlar a corrugação, o desgaste e o escoamento plástico de trilhos;
- Controlar o desgaste e fadiga das rodas (devido aos perfis de trilhos otimizados);
- Controlar o hunting dos truques em tangente;
- Melhora a confiabilidade das inspeções ultrassônicas de trilhos;
- Controlar o ruído na interface roda/trilho.

Esmerilhadoras de trilho

Existem inúmeros modelos de esmerilhadoras, variando desde modelos mais leves até mais pesados, com 4 até 96 rebolos. Geralmente, segundo Sroba [1], máquinas pequenas e flexíveis com 8 até 24 rebolos (às vezes até menos) são usadas em pequenas redes ferroviárias ou em

trabalhos especiais de via como desvios ou cruzamentos. Elas também trabalham como máquinas satélites capazes de trabalhar em pequenos trechos críticos, sob demanda, normalmente em modo corretivo.

Já as máquinas de alta produção são alocadas em serviços que cobrem longas seções de via, normalmente em regime de um passe, principalmente em linhas de alta velocidade ou heavy-haul. Estas últimas possuem entre 48 e 96 rebolos e podem atingir perfis alvo e remoção de metal especificado em um único passe em alta velocidade.

Ciclos de esmerilhamento

Segundo Zarembski [2], existem duas principais estratégias de esmerilhamento de trilhos.

A primeira estratégia, denominada corretiva, é realizada para “limpar” o trilho (de defeitos superficiais) e ajustar seu perfil buscando conformá-lo ao perfil das rodas aumentando a área de contato entre eles e, conseqüentemente, distribuindo melhor/reduzindo as tensões. Esta estratégia é executada em intervalos regulares de 20 a 80 MTBT e geralmente está associada a múltiplos passes.

A segunda estratégia, denominada preventiva, é realizada em intervalos frequentes para manter o perfil do trilho conformal e prevenir o surgimento de defeitos superficiais. No entanto, a implementação da estratégia preventiva se torna um problema quando o nível de degradação superficial da via é muito acentuado e requer múltiplos passes. Neste sentido, surgiram dois novos conceitos de esmerilhamento preventivo:

- **Esmerilhamento preventivo imediato:** o primeiro esmerilhamento do trilho é corretivo, passando logo em seguida para o preventivo;

- **Esmerilhamento preventivo gradual:** os primeiros (1 a 3) ciclos têm a função de introduzir o perfil ideal, os próximos (1 a 3) ciclos têm a função de parar o surgimento e o crescimento de trincas, os (1 a 3) ciclos seguintes têm a função de remover as trincas finais e, a partir daí, volta-se ao padrão normal de esmerilhamento preventivo (figura 01).

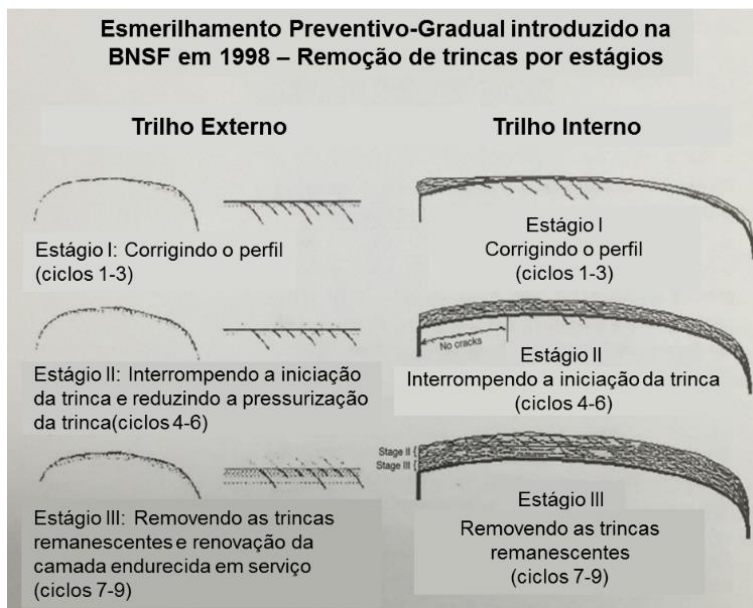


Figura 1 - Esmerilhamento preventivo gradual [2]

Resultados de outra ferrovia

Um estudo realizado na ferrovia MRS apresenta os resultados obtidos com o esmerilhamento preventivo gradual:

- No primeiro ano de operação do equipamento houve redução de aproximadamente 10% no total de fraturas e nos três primeiros anos o número de fraturas de trilho caiu de 376 fraturas para 206 fraturas (redução de 45%), conforme figura 02.

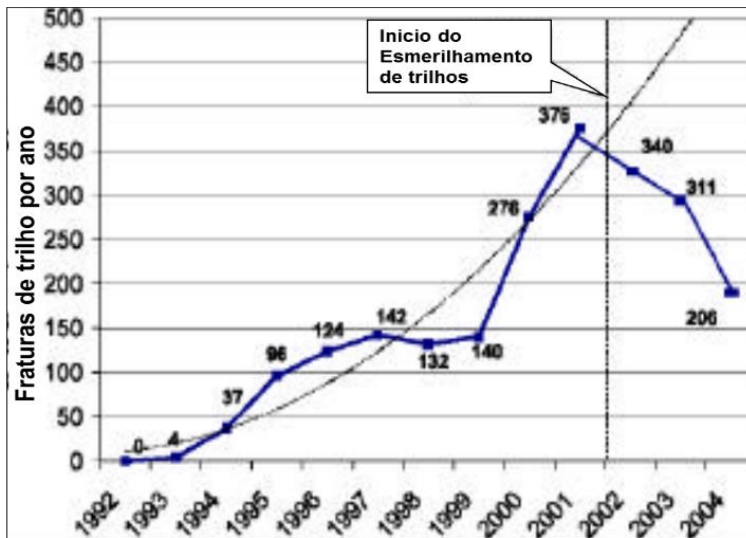


Figura 2 - Redução de fraturas na MRS [3]

- As melhorias nos perfis de trilho reduziram a resistência em curvas. Consequentemente, o consumo de combustível reduziu em 3% após o início do Esmerilhamento (figura 03).

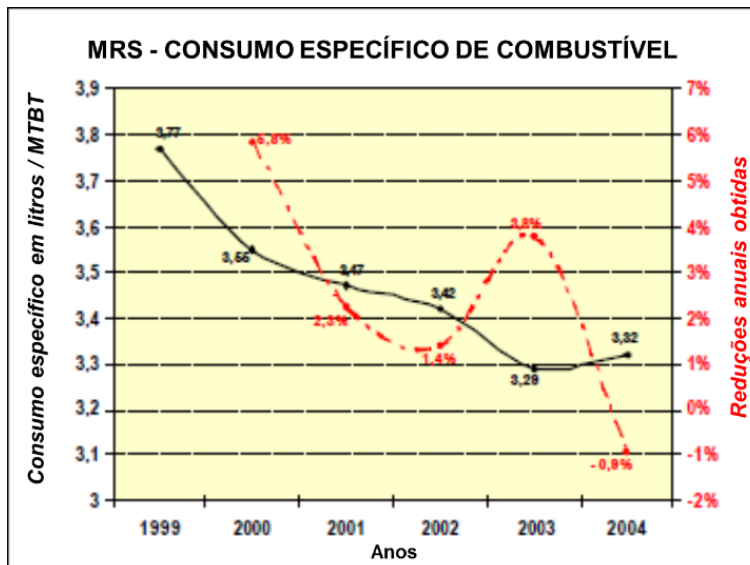


Figura 3 - Redução do consumo de combustível na MRS [3]

- A expectativa média de vida dos trilhos aumentou de 750 MTBT em 2002 para 950 MTBT em 2003 (aumento de 27%), conforme mostrado na figura 04.

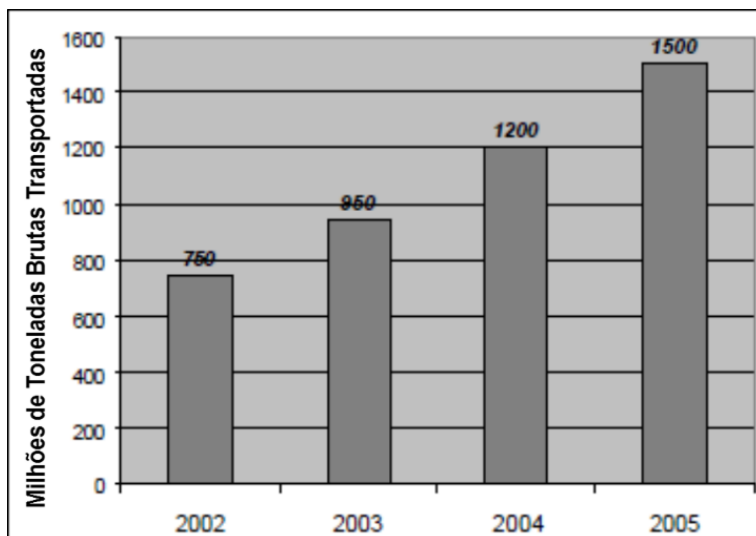


Figura 04 - Redução do desgaste de trilhos na MRS [3]

ESTRATÉGIA DE ESMERILHAMENTO

Esmerilhadora 24 rebolos

O equipamento, modelo LRG26 (figura 05), foi fabricado pela empresa Loram Maintenance of Way, Inc. em Minnesota-EUA. Ele é composto de 5 carros sendo: 1 carro de força com cabine de condução; 1 carro suporte com área de vivência, sala de trabalho e oficina; 2 carros de esmerilhamento; 1 carro de esmerilhamento com cabine de condução.

Esta esmerilhadora possui um sistema KLD, que realiza a leitura do perfil e qualidade do trilho e um sistema de posicionamento automático de motores de esmerilhamento de acordo com o programa selecionado.

As principais características da composição são apresentadas abaixo:

- Comprimento total: ~ 66 m
- Peso seco: ~167 t

- Peso molhado: ~ 212 t
- Capacidade total dos tanques de combustível: 8.517 L
- Capacidade dos tanques de água: 32.832 L
- Velocidade máx: 80 km/h (rampa de 0%)
- Velocidade máx de esmerilhamento: 15 km/h
- Raio mín de viagem: 60 m
- Raio mínimo de esmerilhamento: 80 m
- Bitola: 1.000 mm
- Ângulos de esmerilhamento (bitola central: -20° (campo) a +60° (bitola)
- Motor gerador: Caterpillar C32 diesel 1350 Bhp, 1.007 kW

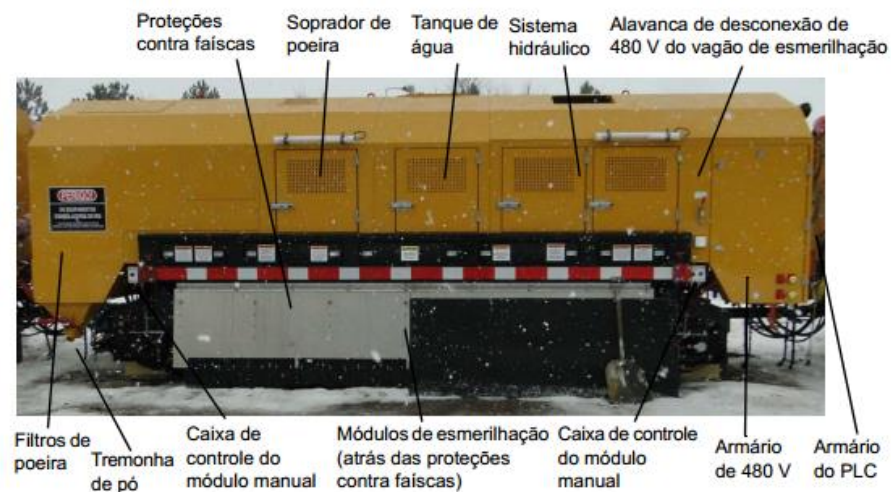


Figura 05 - Carro de força, Carro suporte e Carro de esmerilhamento [4]

Rotas

A VLI possui cinco corredores logísticos de transporte sendo 75% do volume transportado estão concentrados em dois corredores: Centro-Leste e Centro-Sudeste da FCA. Justamente, são estas as rotas escolhidas para que o esmerilhamento preventivo de trilhos seja iniciado.

As principais características destes corredores são apresentadas abaixo:

Centro-Leste

- Extensão: 730 km
- Bitola: 1.000 mm (majoritariamente)
- Dormentes: Madeira
- Rampa máxima: 3,9%
- Raio mínimo: 80 m

Centro-Sudeste

- Extensão: 1550 km
- Bitola: 1.000 mm (majoritariamente)
- Dormentes: 17,5% concreto; 82,8% madeira
- Rampa máxima: 3,2%
- Raio mínimo: 90 m

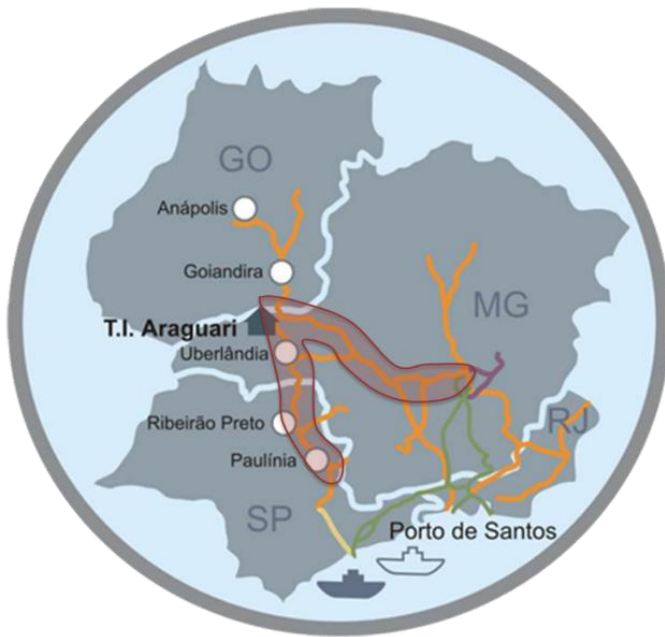


Figura 06 - Corredores de atuação da esmerilhadora [autor]

Ciclos de esmerilhamento

A estratégia de esmerilhamento da VLI deve contemplar tanto modelo corretivo quanto preventivo [5]. O esmerilhamento corretivo visa suavizar os defeitos superficiais mais severos:

- Corrugação;
- Escoamento;
- Patinado;
- Desgaste lateral.

Este modelo deve seguir o seguinte ciclo:

Tabela 1 - Esmerilhamento corretivo vs MTBT [5]

Definição da via	Zarembski	FCA
Curvas de raio apertado (≤ 350 m)	40 - 80	40 - 80
Curvas de raio moderado (entre 350 e 750) e aberto (≥ 750 m)	60 - 120	60 - 120
Tangente	80 - 120	80 - 120

O esmerilhamento preventivo tem a função de evitar que os defeitos superficiais leves evoluam para defeitos mais severos e conformar o perfil para o melhor contato roda-trilho.

A partir de uma revisão de diversas fontes teóricas, definiu-se os melhores ciclos de esmerilhamento preventivo para trilhos premium e standard da FCA apresentados nas tabelas 02 e 03 a seguir:

Tabela 2 - Esmerilhamento preventivo vs MTBT (trilhos premium) [5]

Definição da via	Zarembski	IHHA	ARTC	AREMA	FCA
Curvas de raio apertado (≤ 350 m)	15 - 25	15 - 25	15	15 - 25	15 - 25
Curvas de raio moderado ($350 < r < 750$ m) e aberto (≥ 750 m)	30 - 50	30 - 50	30 - 45	n/a	30 - 50
Tangente	100	100	n/a	100	100

Tabela 3 - Esmerilhamento preventivo vs MTBT (trilhos standard) [5]

Definição da via	Zarembski	IHHA	ARTC	AREMA	FCA
Curvas de raio apertado (< 350 m)	8 - 12	n/a	7,5	8 - 12	8 - 12
Curvas de raio moderado ($350 < r < 750$ m) e aberto (≥ 750 m)	16 - 24	n/a	15	16 - 24	16 - 24
Tangente	40 - 60	45 - 60	n/a	40 - 60	40 - 60

Capacidade produtiva

A expectativa é de realizar 700 km de esmerilhamento em 2015 (1º ano de operação), e 1.383 km a partir de 2016. Esta produção é suficiente para realizar ciclos bianuais em toda a extensão destes dois corredores. Uma vez que os trilhos da FCA nunca foram esmerilhados de maneira sistemática, optou-se por atuar de forma primordialmente corretiva no ano de 2015.

Portanto, a capacidade produtiva considerada para esse ano (2,0 km/h) foi menor que a capacidade considerada para 2016 (3,0 km/h), quando se inicia o trabalho preventivo a fim de manter os trilhos sem defeitos superficiais e com o melhor contato roda-trilho.

Tabela 4 - Premissas de capacidade produtiva [autor]

Premissas de produção	2015	2016
Produtividade (km/h)	2,0	3,0
Janela de trabalho total (horas)	8,0	8,0
Esmerilhamento efetivo (horas)	2,5	2,5
Faixas por semana (dias)	4,0	4,0
Esmerilhamento efetivo (dias)	187,0	187,0
Produção anual estimada (km)	936,0	1383,7

ESTRATÉGIA DE OPERAÇÃO

A equipe de esmerilhamento é composta por 4 colaboradores na operação e 3 na manutenção:

- 1 líder de equipe de operação e responsável pela qualidade técnica do serviço;
- 3 operadores de Esmerilhamento para condução e operação do equipamento, combate aos focos de incêndio e comunicação com o CCO;
- 1 líder de equipe de manutenção e responsável pela qualidade técnica da manutenção;

- 2 mantenedores para manutenção diária do equipamento.

Uma vez que a esmerilhadora opera em locais diferentes dos locais de residência dos operadores e mantenedores, foi necessário negociar com o sindicato uma escala de 10 dias de trabalho para 4 dias de folga a fim de reduzir o número de viagens para retorno da equipe e otimizar a produção do equipamento.

A equipe conta ainda com uma van para o apoio logístico; um caminhão munck com um tanque de combustível para fazer o abastecimento e transportar os recursos necessários e os rejeitos da manutenção; e um caminhão pipa, para realizar o abastecimento diário dos tanques de água da esmerilhadora.

ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO

A estratégia de manutenção da esmerilhadora de trilhos foi orientada a fim de garantir o ativo disponível e confiável, buscando maior eficácia na aplicação dos recursos e uma relação de custos e vida útil que represente o melhor custo do ciclo de vida, sendo, portanto, um elemento essencial também para a instalação do novo ativo adquirido pelas áreas de manutenção.

Para garantir a integração da esmerilhadora à rotina de manutenção, foram desenvolvidos os planos de manutenção e sua disponibilidade no sistema informatizado de manutenção, disponibilização de materiais sobressalentes para aplicação em momento oportuno, conforme planejamento da área mantenedora. Também foi criado um check-list para inspeções rotineiras, garantindo um monitoramento constante das condições do equipamento e preparação para a operação rotineira.

Os intervalos de manutenções preventivas foram definidos com base em horímetros dos motores da esmerilhadora, atendendo recomendações do fabricante e experiências vivenciadas por outras ferrovias que possuem ativos similares com resultados de manutenção a partir de uma estratégia de trabalho já desenvolvida.

Dessa forma, os intervalos de manutenção da esmerilhadora de trilho LRG26 estão seguindo as seguintes definições:

- Checklist diário e semanal (Inspeção Sensitiva e Lubrificação)
- 250; 750; 1500; 3000; 4500 e 9000 horas de Operação

Visando encontrar alternativas de redução de falhas dos equipamentos e, por consequência, as perdas de produção, têm-se as ferramentas “Perfil de Perdas” e “Análise de Falhas”.

A premissa básica para a efetividade destas ferramentas é a utilização da “classe de falha”, sendo esta uma forma estruturada de uma falha, que permite registrar todos os eventos de manutenção, através de codificações hierárquicas padronizadas, para equipamentos e componentes.

A estrutura de classe de falha foi desenvolvida através do mapeamento de falhas, baseado no “Diagrama de Afinidade” permitindo o agrupamento de problemas em diversos conjuntos de acordo com afinidades e relações naturais. Dessa forma, levantou-se inicialmente as possíveis falhas no ativo e agrupando-as aos respectivos itens, originando os modos de falhas para cada classe de falha analisada.

Outra definição para a Estratégia de Manutenção foi a criticidade do equipamento, buscando maior eficácia na aplicação dos recursos e uma relação de custos e vida útil que represente o

menor custo do ciclo de vida do ativo. Em função da complexidade e das características da esmerilhadora, a Classe de Criticidade 1 abaixo foi definida como referência:

CLASSE DE CRITICIDADE 1 – Máquinas de Via

- Características: Necessidade de operar a plena capacidade. A falha do sistema, equipamentos e/ou componentes tem implicações significativas sobre o processo produtivo.
- Abordagem: Equipamento deve operar com o máximo desempenho (confiabilidade e Disponibilidade).
- Objetivos: Menor tempo possível das retenções e número mínimo de intervenções não programadas.
- Métodos de Manutenção: Corretiva (programada e não programada) e preventiva. Inspeções periódicas, preditiva e de integridade estrutural. Lubrificação.
- Engenharia de Manutenção: Controle Inicial para projetos de aquisições de novas Máquinas de Via; Análise de Custo de Ciclo de Vida (LCC) para novos ativos ou para descomissionamento de ativos, caso necessário; Análise de confiabilidade; Tratamento preventivo dos modos de falhas potenciais; Tratamento de falhas crônicas; Avaliação de modificações; Análise de aplicação de novos materiais visando aumento de desempenho; Apoio na elaboração de planos de manutenção.
- Atendimento: Prioridade para atendimento.
- Política de Sobressalentes: Definida através de planos periódicos, que geram a lista de consumo de itens necessários para suportar os métodos de manutenção; Critérios de

classificação dos itens; Gestão de materiais; Política de itens rastreáveis e/ou recuperáveis.

- Política de Investimento: Prioridade para solicitação de investimentos que visem o máximo desempenho.
- Política de Custeio: Prioridade máxima para aplicação do custeio.

Para a garantia de uma manutenção correta e segura é importante que sejam mapeadas as principais atividades de manutenção para o equipamento. Portanto, deve-se desenvolver a melhor forma de execução e padronização do processo de manutenção. Com isso foram listadas as atividades críticas, baseadas nas tarefas do plano de manutenção preventiva.

Para a execução dessas atividades é importante que seja feito a análise de risco da tarefa bem como planejar todos os recursos (ferramentas, ponte rolante, guindaste, macaco hidráulico, etc.) necessários para o cumprimento da tarefa da melhor forma possível.

IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

Por se tratar de um projeto longo, complexo, dependente de um alto investimento e estratégico para a companhia, se fez necessário um planejamento detalhado, preparação de várias áreas de interface e um acompanhamento criterioso de todas as etapas. O modelo de gerenciamento adotado para estes projetos é um misto das ferramentas de gestão do PMBOK e da metodologia de Controle Inicial utilizada em projetos de instalação de ativos da VALE [7]. Esta metodologia tem como objetivo estabelecer as premissas fundamentais para minimizar os impactos causados pela entrega de novos equipamentos à manutenção e operação nos

empreendimentos da Logística Ferroviária, garantindo a otimização do seu desempenho e estabelecendo diretrizes para instalação e desinstalação destes ativos.

Planejamento

O projeto da esmerilhadora teve início em 2008. Em 2009, este estudo evoluiu para o primeiro documento de premissas e análise de viabilidade do equipamento elaborado pela engenharia de operações da Vale. No entanto, a cotação deste equipamento no mercado só veio a ocorrer em 2011 quando a recém-criada engenharia de via permanente da VLI assumiu o processo. Em 2012, foram elaborados o plano de implantação e a revisão da análise de viabilidade do projeto para garantir uma implantação suave e uma produção aderente às expectativas dos clientes e patrocinador. Neste mesmo ano foi pleiteado o benefício fiscal de ex-tarifário do equipamento, cuja conquista permitiu uma economia de aproximadamente R\$ 2,4 milhões, verba aplicada na construção de um galpão oficina em Divinópolis e instrumentação de uma oficina em Ibiá, visando atender melhor a manutenção futura do equipamento.

Em 2013, foi realizado o 1º Workshop VLI de Esmerilhamento de Trilho e o Corredor Centro-Leste foi inspecionado buscando identificar as localidades viáveis de Esmerilhamento. Estas duas iniciativas foram importantes para gerar conhecimento e elaborar a estratégia de esmerilhamento da FCA. Em paralelo à elaboração da estratégia de esmerilhamento de trilhos da FCA, foi elaborado o plano de gerenciamento do projeto da esmerilhadora LRG26 que visa orientar como o projeto será executado, monitorado, controlado e encerrado. Este plano teve como objetivos:

- Determinar os objetivos e como atingi-los;

- Eliminar ou reduzir incertezas;
- Aperfeiçoar eficiência dos processos;
- Obter um melhor entendimento dos objetivos;
- Antecipar aos problemas futuros.

Por fim, em 2014 foi elaborada a estratégia de manutenção do ativo. Este documento tem como objetivo definir a estratégia para a qual a manutenção deverá estar orientada, de forma a garantir ativos disponíveis e confiáveis, buscando maior eficácia na aplicação dos recursos e uma relação de custos e vida útil que represente o melhor custo do ciclo de vida destes ativos.

Implantação

Depois de um longo processo de homologação técnica e comercial do equipamento, no final de 2012 a FCA assinou o contrato com a empresa Loram para a fabricação e fornecimento de uma esmerilhadora de trilho de 24 rebolos e bitola métrica e na mesma época iniciou-se a sua fabricação do equipamento.

A fabricação da esmerilhadora durou 1,5 ano (figura 07). Neste período, em 2013 houve uma diligenciamento da VLI na fábrica da Loram em Minnesota – EUA, esta atividade foi importante para avaliar o desenvolvimento da fabricação da esmerilhadora.

Em janeiro de 2014 foi realizada a visita de aceite técnico preliminar do equipamento a fim de validar o embarque do equipamento para o Brasil. Em maio de 2014 a esmerilhadora embarcou para o Brasil pelo porto de Houston-Texas-EUA (figura 08).



Figura 07 - Fabricação do carro de força na Loram [autor]



Figura 08 - Transporte do equipamento para o porto de Houston [autor]

A esmerilhadora chegou no porto de Vila Velha-ES em junho/2014. Uma equipe formada por profissionais da VLI e da Loram acompanhou a descarga e montou o equipamento para permitir seu deslocamento ferroviário rebocado. A esmerilhadora chegou na oficina da FCA em Divinópolis-MG em agosto/2014 (figura 09).



Figura 09 - Chegada da esmerilhadora na oficina de Divinópolis-MG [autor]

O treinamento das equipes de operação e manutenção ocorreu em outubro e novembro de 2014. Elas foram avaliadas mediante provas teórica e prática e consideradas aptas para desempenharem suas funções. Todas as pendências durante o comissionamento foram tratadas até janeiro de 2015 quando foi emitido o aceite técnico final do produto.

Expectativas com o projeto

Espera-se ganhos econômicos na operação (redução de trem hora parado e de consumo de combustível) e na manutenção da via (aumento da vida útil de trilho e redução de fraturas de trilho). Considerando os resultados na MRS (item 3.4), espera-se uma redução de 3% no consumo de combustível e de 10% nas fraturas de trilho e aumento de 30% na vida útil dos trilhos.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Desde o início efetivo de operação do equipamento houve um aumento significativo do desempenho dos operadores gerando o consequente aumento da produtividade da atividade. Como pode ser visto no gráfico abaixo, a produtividade do equipamento aumentou em mais de 300% desde o início de sua operação efetiva até maio de 2016.

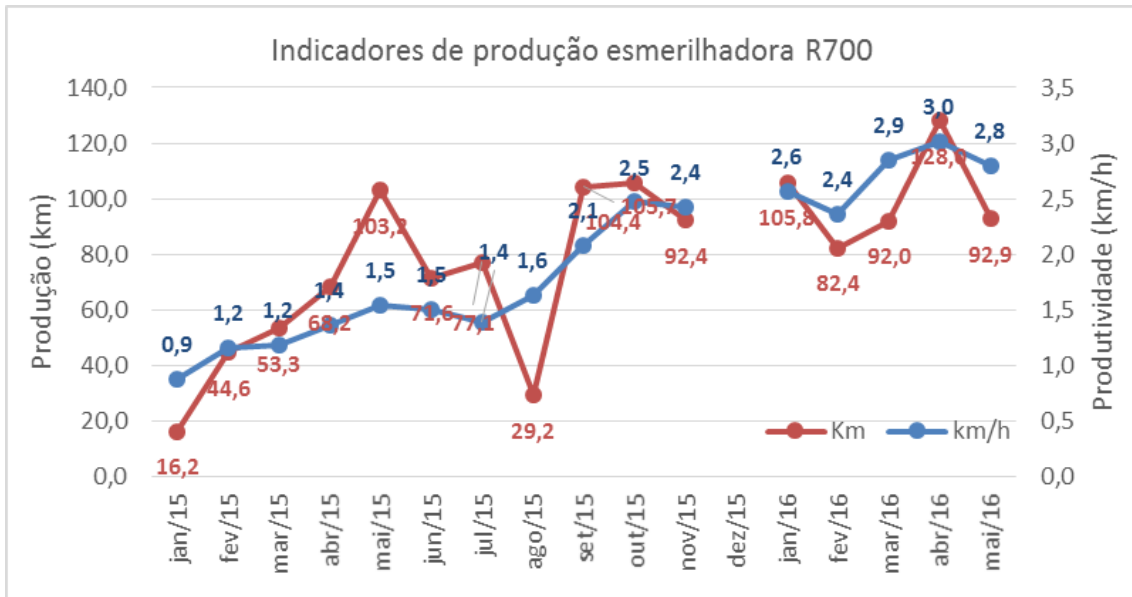


Gráfico 1 - Produção e produtividade mensal da esmerilhadora da VLI

Desde de 2015, a VLI mantém dois test sites para avaliar o aumento de vida útil do trilho. Os resultados ainda não podem ser divulgados, porém, os dados preliminares mostram que a VLI tem conseguido extrair bons resultados com este novo procedimento de manutenção.

CONCLUSÕES

A estratégia de Esmerilhamento a ser aplicada permitirá à FCA a habilidade de controlar e gerenciar os efeitos nocivos provocados pelo RCF e o prolongamento da vida útil dos trilhos. No esmerilhamento preventivo, temos uma única chance de aplicar o padrão correto de esmerilhamento para cada curva ou tangente durante cada ciclo. Muitas variáveis (metalurgia do trilho, produtividade da máquina, intervalos de esmerilhamento, geometria de via, etc.) devem ser consideradas buscando uma operação com melhor custo-benefício da esmerilhadora. Como, na maioria das vezes, estas variáveis não são constantes ao longo do tempo, o programa de esmerilhamento deve ser flexível e se adaptar a estas mudanças. Trata-

se de uma prática de manutenção dispendiosa, mas rentável e que exige uma operação logística complexa. É absolutamente importante entender por completo o fenômeno de deterioração e desgaste superficial do trilho. Tudo deve ser considerado, desde a seleção dos rebolos até o conhecimento do Regulamento de Operações Ferroviárias da FCA. Mesmo os melhores trilhos do mundo assentados nas ferrovias com melhor infraestrutura precisam ser mantidos por Esmerilhamento, senão o "Life Cycle Cost" ótimo de trilhos nunca será atingido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Sroba, P. Rail Grinding - IHHA Guidelines to Best Practices for Heavy Haul Railway Operation: Wheel and Rail Interface Issues, 1ª Edição, Parte 6, Junho 2009.
- [2] Zarembski, A.M. The art and science of rail grinding. EUA. Agosto 2005.
- [3] SILVA, F.C.M. et Al. Preventive-Gradual On-Cycle Grinding: A first for MRS in Brazil. 5ª IHHA Conference, Rio de Janeiro, Junho 2005.
- [4] Loram. Manual do usuário da Esmerilhadeira de Trilhos LRG26. Capítulo 3. Abril 2014.
- [5] Viana, T. DT VIA 1186/2013 - Definição de estratégia para esmerilhamento de trilhos da FCA. Ed. do Autor, 2013.
- [6] Borges, B. DT VIA 2213/2014 - Estratégia de Manutenção Esmerilhadora de Trilho LRG-26. Ed. do autor, 2014.

[7] Procedimento Gerencial de Sistema - PGS000 297 - Instalação, capitalização e descarte de ativos para projetos na manutenção ferroviária da logística. Ed. do autor. Revisão: 03 – Julho 2012.