



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 3

**REDUÇÃO DE CUSTOS POR MEIO DE ADOÇÃO DE ADOÇÃO DE CRITÉRIOS
PARA AUMENTO DE VIDA ÚTIL DE RODAS DE VAGÕES DA ESTRADA DE
FERRO CARAJÁS (EFC)**

INTRODUÇÃO

Na Estrada de Ferro Carajás (EFC) escoamos uma produção de cerca de 200 mtpa através de trens compostos por vagões e locomotivas. O vagão é composto por quatro rodeiros onde cada rodeiro tem um eixo, duas rodas e dois rolamentos como mostra na figura 1. No cenário atual, se tratando dos rodeiros de vagões, são feitas medições no físico e utilizado o monitoramento através do sistema Waysides, em que este último, nos possibilita ter as informações dos rodeiros de todos os vagões de minério a cada 3 dias.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Pelo sistema Waysides são feitos os levantamentos das condições de perfil, desalinhamento, acústico e impacto, o que permite um melhor acompanhamento do desempenho dos rodeiros. Os dados disponibilizados pelo Waysides são tratados e utilizados para a realização da concepção de demanda dos rodeiros que estão com defeitos e precisam ser mantidos. O CTMR é a oficina responsável pela manutenção desses rodeiros com equipamentos automatizados e semiautomatizados. Quando o rodeiro entra em manutenção, passa por processos como usinagem em tornos CNC. Os tornos CNC são responsáveis por realizar a medição e usinagem de rodeiros como também a detecção para o deseixamento que é o processo de retirada de rodas de rodeiros com rodas fim de vida. E são justamente as rodas fim de vida que este artigo abordará para aumentar sua vida útil.

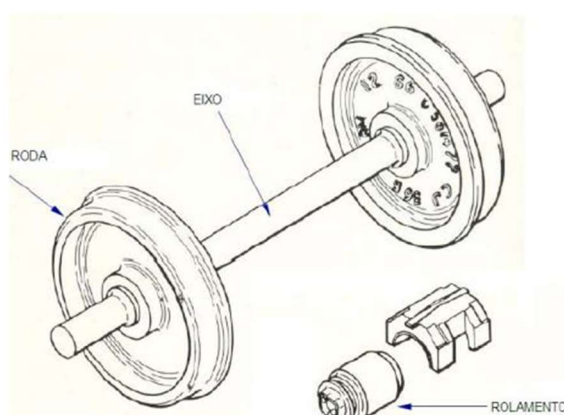


Figura 1. Desenho esquemático do Rodeiro

Fonte: Rosa (2006)

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

DIAGNÓSTICO

O Centro de Troca e Manutenção dos Rodeiros (CTMR) é uma oficina de manutenção de rodeiros que representa o esforço da Vale em implementar a indústria 4.0. É responsável por manter anualmente 50.000 rodeiros e essa demanda é realizada através dos dados disponibilizados pelo sistema de monitoramento Waysides onde são feitas as medições dos rodeiros dos vagões quando passam pelo KM 17.

No Centro de Troca de Rodeiros (CTR) ocorre a troca de rodeiros alarmados por rodeiros mantidos no CMR. No Centro de Manutenção de Rodeiros (CMR), os rodeiros são direcionados para o processo de usinagem através dos tornos CNC que são responsáveis por realizar a medição e perfilamento das rodas. Esse processo é a principal entrada para a verificação dos dados dos rodeiros que são direcionados para o processo de deseixamento e sinalizados pela sigla DX. É possível ver esse fluxo na figura 2 abaixo:

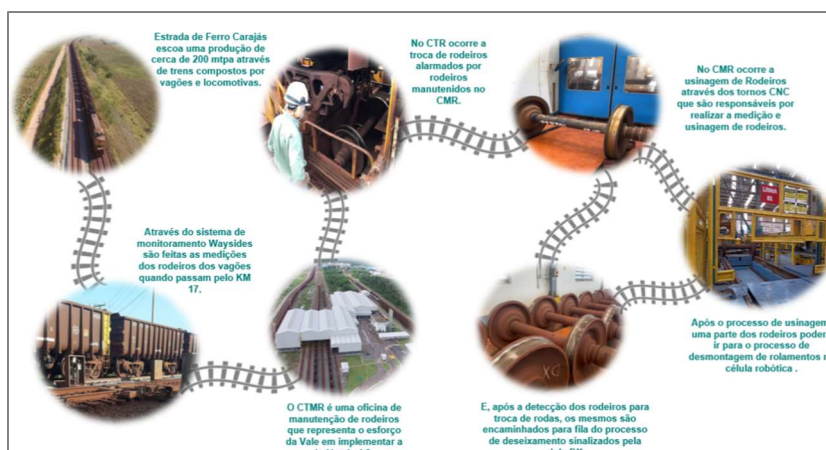


Figura 2. Fluxo do processo de manutenção dos rodeiros.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Os rodeiros com rodas novas possuem média de 294 tapes de circunferência e apresentam variação conforme desenho técnico. O limite técnico de sucateamento é menor que 194 tapes. E no processo de usinagem foi identificado que os rodeiros com roda fim de vida possuem média de 204 tapes, acima do limite técnico. A figura 3 mostra como uma roda nova passa por um processo de desgaste e perda de material até o fim de sua vida passando pelo processo de usinagem.



Figura 3. Demonstração de uma roda nova, reperfilamento até uma roda fim de vida.

Freitas (2015) define as rodas como os “componentes responsáveis por transmitir o movimento ao vagão, além de suportar todo o seu peso e solicitações causadas pela frenagem e irregularidades da via”. São compostas basicamente por pista de rolamento (ou passeio da roda), friso, aro, disco e cubo (FREITAS, 2015), conforme apresentado na figura 4:

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

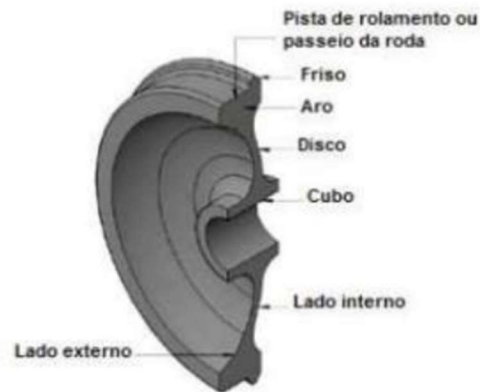


Figura 4. Desenho esquemático da Roda Ferroviária

Fonte: Adaptado de (FREITAS, 2015)

O custo com materiais fundidos é o custo específico (Fixo) mais caro para a função manter Vagões EFC, correspondendo a mais de 70% do custo quando somado o Rodeiro, Truque e Tração. Considerando que os maiores custos de manutenção estão relacionados à aquisição de rodas e que a manutenção enfrenta um grande desafio relacionado com a saúde da frota de rodeiros, o aumento do diâmetro útil das rodas de rodeiros se consolidou como um problema a ser resolvido para atingir as premissas de confiabilidade dos processos.

Então, foi utilizado o histórico do banco de dados do processo de usinagem e por meio do método da lacuna foi definido uma meta de reduzir o diâmetro final das rodas deseixadas dos rodeiros de Vagões da EFC. Em seguida, feita a estratificação dos dados para identificar as principais variáveis, que foram as seguintes: ativo, turno, tipo e

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

defeito. E com a utilização do gráfico de Pareto que pode ser visto na Figura 5, observou-se que a nossa principal variável é a de defeito já que de acordo com o defeito alarmado a profundidade média de corte na usinagem pode interferir diretamente na diminuição da vida útil da roda. Dentre os principais defeitos destacam-se os seguintes: Friso Fino, Cava, WheelFlat (Calo), Escoamento e Usinagem Preventiva (USP).

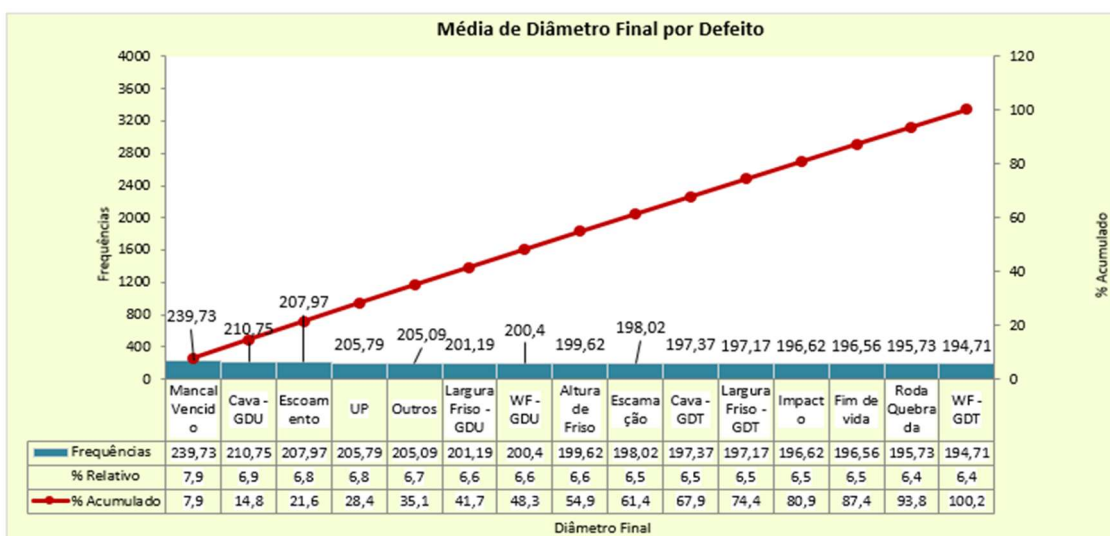


Figura 5. Gráfico de Pareto com a média de diâmetro final por defeito.

Em seguida, foi realizado o detalhamento do processo desde a geração da demanda de rodeiros, planejamento e programação, troca, usinagem e ultrassom do rodeiro até o processo de deseixamento (troca de rodas). Através do Diagrama de Ishikawa como se pode ver na figura 6, foram levantadas 17 possíveis causas pelo time multidisciplinar, considerando impacto no indicador e poder de atuação.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

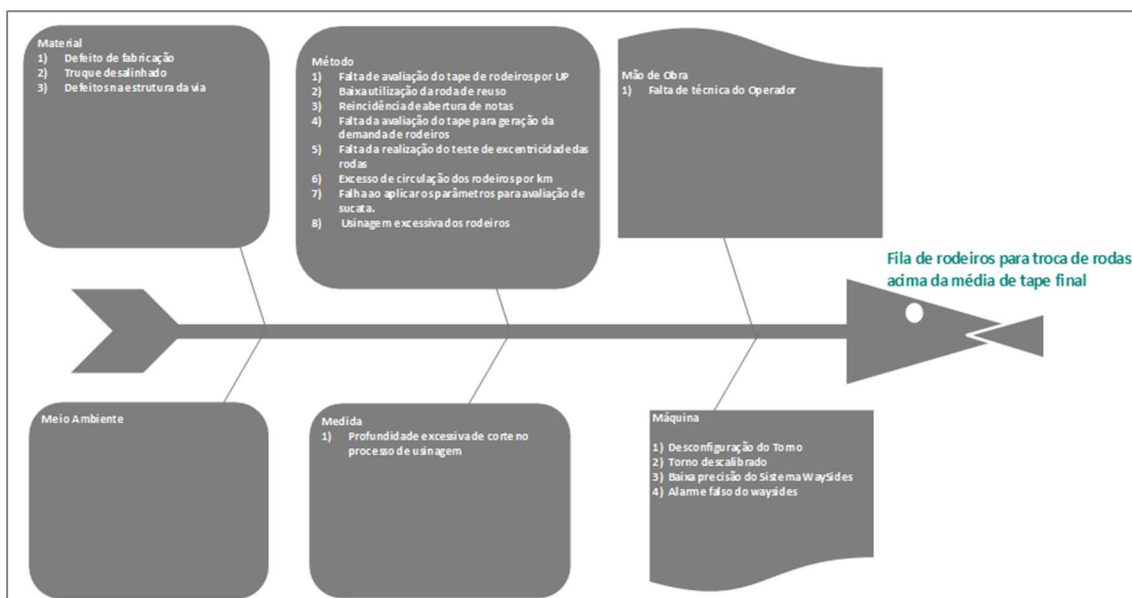


Figura 6. Diagrama de Ishikawa com as causas levantadas.

Com a priorização feita pela Matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), foram definidas as causas a seguir:

1. Falta de avaliação do tape para geração da demanda de rodeiros: verificado que a demanda de rodeiros são sinalizados e planejados sem a avaliação por tape. Após realizar essa associação foi identificado um número considerável de rodeiros com tape baixo que poderiam ter um tratamento diferenciado e se aproveitar melhor a vida útil da roda. A geração da demanda era baseada somente na criticidade dos defeitos dos rodeiros.
2. Baixa utilização da roda de reuso: realizada a análise do histórico dos últimos 12 meses do processo de eixamento OMR/CMR para verificar a quantidade de

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

rodeiros que estão sendo eixados com rodas de reuso e foi verificado que ao longo dos meses a quantidade foi caindo gradativamente o que contribuiu para o aumento da taxa de sucateamento de rodas. A figura 7 a seguir exemplifica essa diminuição.



Figura 7. Gráfico sequencial de quantidade de rodas de reuso eixadas.

- Profundidade excessiva de corte no processo de usinagem: essa é uma das causas mais importante e estratégica para o aumento da vida útil da roda. A profundidade média de corte é o fator determinante para uma otimização da usinagem e somente a retirada necessária de material para reperfilamento da roda. Foi verificado que a profundidade média de corte estava muito acima do aceitável e impactando diretamente para a diminuição da vida da roda. A figura 8 mostra demonstra o gráfico sequencial diário no processo de usinagem.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

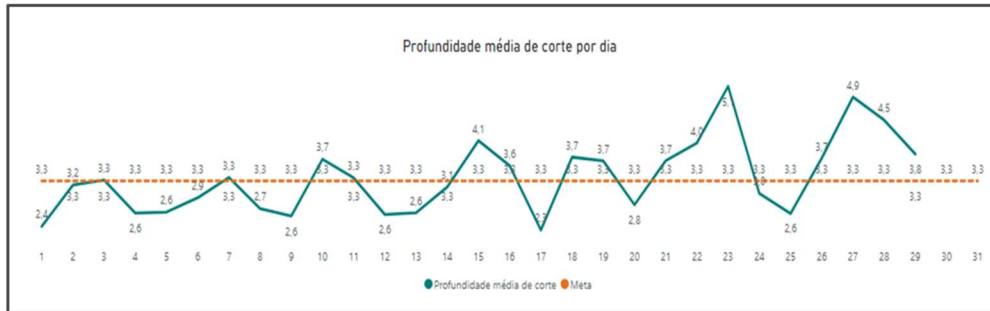


Figura 8. Gráfico de Profundidade média de corte do processo de usinagem.

4. Baixa precisão do Sistema de Monitoramento WaySides: identificado que referente aos parâmetros do Sistema de Medidor de Perfil de Roda (WPM), o de Altura de Friso e de Cava estavam abaixo do valor de precisão aceitável de 70%. Esses dados são os responsáveis pela geração da demanda conforme apresentado na figura 9.

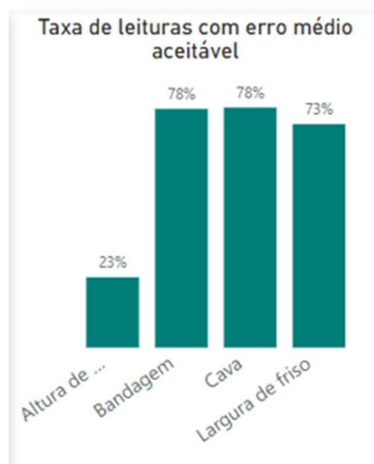


Figura 9. Gráfico da taxa de precisão dos parâmetros do WPM.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Com as causas definidas também foi utilizada a matriz GUT para priorizar e atuar nas soluções. A seguir, será abordado o desenvolvimento de cada solução implementada.

1. Alteração da regra de negócio para a demanda de rodeiros com defeito de friso

fino: Segundo a AAR estabelece, esse defeito é classificado devido ao desgaste do friso da roda como se mostra na Figura 10. E é o defeito com maior quantidade de rodeiros alarmados dentro da nossa frota de acordo com o Gráfico de Pareto (Figura 11). O que foi observado é que se tinha oportunidade em rodeiros com friso fino em início do defeito e o tape baixo próximo ao limite de sucateamento. Logo, foi realizado um mapeamento para monitoramento e garantir a continuação da circulação já que se trata de rodeiros com rodas em sua última vida e avaliando a profundidade média de corte não teriam material suficiente para o reperfilamento da roda.

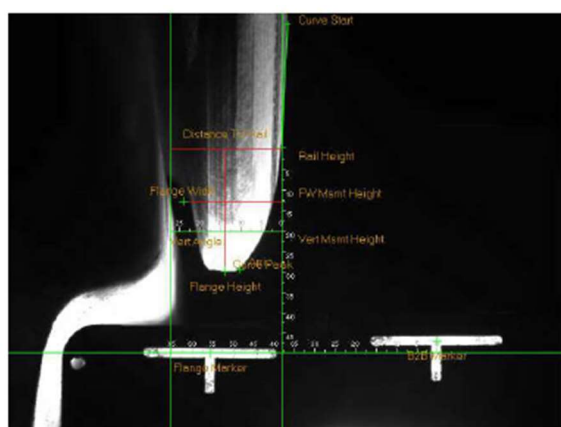


Figura 10. Friso Fino obtido pelo Waysides.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

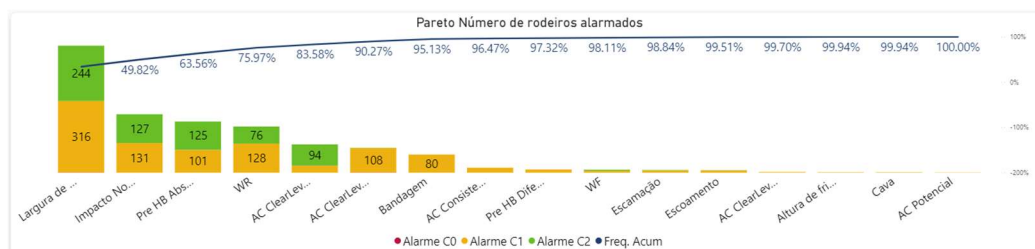


Figura 11. Gráfico de Pareto de Rodeiros Alarmados.

- 2. Reavaliação da regra de Usinagem Preventiva:** A demanda de rodeiros por Usinagem Preventiva era baseada somente por tempo de circulação. Foi realizada uma análise e identificado que essa medida de tempo não era suficiente para garantir a otimização da vida útil da roda já que muitos rodeiros chegavam com defeitos superficiais nas rodas ou trincas. Logo, foi feita uma reformulação na regra e inclusa uma nova variável para a geração da demanda que é a quilometragem rodada por rodeiro. Se identificou que rodas com quilometragem alta rodada tinham mais chances de ter defeitos nas rodas. Então, além do tempo de circulação, a quilometragem rodada também é levada como fator determinante para entrar na demanda.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

- 3. Controle da Profundidade Média de Corte:** Dentro do processo de usinagem existe um cálculo para profundidade média de corte com o intuito de tirar somente o material suficiente durante usinagem. No entanto, esse cálculo não estava sendo utilizado da forma correta. Então inicialmente foi realizado um treinamento com toda a equipe do processo de usinagem com o intuito de criação de valor e entendimento da importância da otimização da usinagem como mostra a seguir na Figura 12.



Figura 12. Treinamento com a equipe sobre Profundidade média de Corte.

Outra ação desenvolvida foi a reformulação da regra somente para rodeiros com Friso Fino. Se entendeu que o cálculo da Profundidade média de corte se bem utilizado para rodeiros principalmente com Friso Fino impactava diretamente na diminuição. Então foi feito um controle exclusivo para esses rodeiros e se conseguiu ter ganhos e aumento da vida útil da roda. Foi criado um controle no Power BI para acompanhamento e análise como se mostra a seguir na Figura 13.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

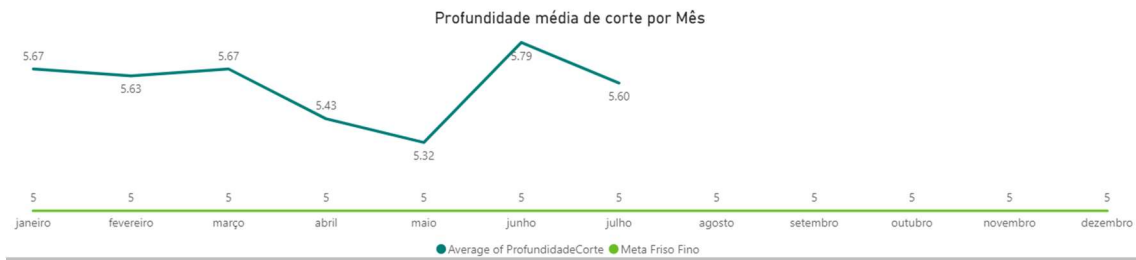


Figura 13. Gráfico de Profundidade Média de Corte por Friso Fino.

4. Controle do Banco de Dados de Roda de Reuso: Foi definido o processo de usinagem como entrada e saída para alimentar o banco de dados de rodas de reuso com o intuito de se ter um controle melhor da quantidade de rodas de reuso e verificar de fato se um rodeiro sinalizado por DX era sucata nas duas rodas ou somente em uma como mostra na figura 14.

Data	Turno	Ativo	Classe	Numero	Defeito	Tape Pos	Tape Pos	Friso PA	Friso PA	Fila Destin	Oficina	TapeL	TapeR
02/03/2024	B	TORNO 17	S1RU	88454	14 - Bandagem	193	193	29	29	Troca Rodas	CMR	193	193
01/03/2024	C	TORNO 17	S1RU	66326	21 - Cava	193	193	30	30	Troca Rodas	CMR	194	193
01/03/2024	C	TORNO 18	S1RT	37381	72 - Mancal vencido	190	190	29	29	Troca Rodas	CMR	190	190
10/03/2024	B	TORNO 18	S1RT	10134	14 - Bandagem	192	192	25	25	Troca Rodas	CMR	191	192
22/03/2024	B	TORNO 17	S1RT	61531	72 - Mancal vencido	198	196	30	29	Troca Rodas	CMR	196	191
01/03/2024	C	TORNO 16	S1RU	84044	21 - Cava	195	194	28	27	Troca Rodas	CMR	194	194

Figura 14. Banco de Dados de Rodeiros para controle das rodas de reuso.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

ANÁLISE DOS RESULTADOS

1. Ganhos Qualitativos

- a. Maior controle de profundidade de corte no processo de Usinagem.
- b. Maior controle da Taxa de Sucateamento de Rodas.
- c. Maior controle das Rodas de Reuso.

2. Ganhos Quantitativos

- a. Maior controle de profundidade de corte no processo de usinagem para rodeiros com friso fino saindo de 8 mm para 5,6 mm.
- b. Redução da média de diâmetro final do processo de deseixamento saindo de 199,35 tapes para 195,76.
- c. Até o período de verificação de 3 meses em um total de 64 rodas com % vida adicionada em circulação.
- d. 1138 rodas com mais uma vida adicionada após a manutenção.

CONCLUSÕES

Por fim, é extremamente importante trabalhos como esse para a otimização dos processos de manutenção. Durante execução do projeto, destaca-se as lições aprendidas:



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

- Escuta ativa de conhecimento de área operacional;
- Trabalho em equipe em prol da melhoria contínua.
- Utilizar estatística como ferramenta de análise na rotina;
- Identificar problemas e erros no meu próprio processo, reconhecê-los e buscar solução;
- Utilização consciente de recursos da empresa.
- Prática da obsessão por segurança e gestão de riscos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FREITAS, Isaias Moreira, Análise de Propriedades e Metalografia de Rodas.

Manual Técnico de Vagões. 237p. 2017