

# ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS EM PNEUS DE CAMINHÕES FORA DE ESTRADA EM UMA MINERAÇÃO \*

Elifas Levi da Silvar<sup>1</sup>  
Paulo Roberto Dutra Nogueira<sup>2</sup>  
Guilherme Sousa Melo<sup>3</sup>  
Ladir Antunes Teles<sup>4</sup>  
Silvio Diniz Souza<sup>5</sup>  
Adilson Cesar Melo de Paula<sup>6</sup>

## Resumo

O novo ambiente de competitividade, ocasionado pela globalização, impõe que as empresas tenham um compromisso ainda maior com a redução dos seus custos. As ineficiências não podem mais ser repassadas aos clientes. Na mineração um dos custos expressivos existentes refere-se aos pneus utilizados pelos equipamentos móveis. Baseado na representatividade dos custos dos pneus faz-se necessário à aplicação de técnicas de manutenibilidade com a finalidade de aumentar a vida útil destes ativos, realizando as manutenções e monitoramentos necessários para maximização da sua performance, uma vez que o desempenho dos pneus existentes na mineração em estudo estavam menor do que o esperado. Partindo deste objetivo foi formada uma equipe de projeto com a finalidade de estudar os principais modos de falha dos pneus, podendo assim propor ações de melhorias no intuito de otimizar sua performance. Após a implantação destas ações observou-se uma melhora significativa nos indicadores de gestão dos pneus, levando a conclusão dos impactos positivos que o projeto trouxe a mineração.

**Palavras-chave:** *Modos de Falhas, Pneus, Custo, Vida Útil.*

## ANALYSIS OF FAILURE MODES IN TRUCK TIRES OUTSIDE ROAD IN A MINING

### Abstract

The new competitiveness environment, caused by globalization, means that companies have an even greater commitment to reducing their costs. Inefficiencies can no longer be passed on to customers. In mining one of the expressive costs exists refers to the tires used by the mobile equipment. Based on the representativeness of tire costs, it is necessary to apply maintenance techniques with the purpose of increasing the useful life of these assets, performing the maintenance and monitoring necessary to maximize its performance, since the performance of the tires in the mining in Were smaller than expected. Based on this objective, a project team was formed with the purpose of studying the main modes of failure of the tires, thus being able to propose improvements actions in order to optimize their performance. After the implementation of these actions a significant improvement in the tire management indicators was observed, leading to the conclusion of the positive impacts that the project brought to the mining.

**Keywords:** *Failure Modes, Tires, Cost, Service Life.*

<sup>1</sup> Engenheiro de produção (UIT), Mestre em Engenharia Mecânica, Engenheiro de Manutenção, Gerência Geral de Operações, Mineração Usiminas SA, Itatiaiuçu, Minas Gerais, Brasil.

<sup>2</sup> Engenheiro Elétrico (UFJF), MBA em Gestão Empresarial (FGV), Gerente de Manutenção de Equipamentos, Gerência Geral de Operações, Mineração Usiminas SA, Itatiaiuçu, Minas Gerais, Brasil.

<sup>3</sup> Engenheiro de Minas (UFMG), Especialista em Avaliação Econômica de Projetos Minerários (Escola de Minas de Paris/França), Especialização em gestão de negócios (FDC), Gerente Geral de Operações, Diretoria Executiva, Mineração Usiminas SA, Itatiaiuçu, Minas Gerais, Brasil.

<sup>4</sup> Gestor Ambiental (UIT), Supervisor de Manutenção, Gerência Geral de Operações, Mineração Usiminas SA, Itatiaiuçu, Minas Gerais, Brasil.

<sup>5</sup> Engenharia Mecânica (UFMG), Especialista em Gestão de Projetos (FDC), especialista em engenharia de manutenção, Gerência Geral de Operações, Mineração Usiminas SA, Itatiaiuçu, Minas Gerais, Brasil.

<sup>6</sup> Engenheiro de Minas (UFOP), Especialista e Gestão de Negócios (FDC), Gerente de Operação de Mina, Gerência Geral de Operações, Mineração Usiminas SA, Itatiaiuçu, Minas Gerais, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

A globalização impõe que as empresas tenham um compromisso ainda maior com o contínuo aperfeiçoamento de seus produtos, processos e eliminação de desperdícios. Assim, a implantação técnicas de gestão eficazes para os ativos da organização é uma necessidade imposta pelo mercado.

Para uma mineração não é aceitável apenas produzir, mas sim garantir a qualidade de seus produtos e processos com um baixo custo, uma vez que o preço de venda de seus produtos é definido pelo mercado, na mineração de minério de ferro ditado pela China, maior consumidora de minério de ferro do mundo, em 2014 consumiu 65% do total de minério de ferro produzido no mundo (BRADESCO, 2016 [1]). Portanto unidades de negócios com altos custos poderão tornar o empreendimento inviável.

Neste contexto, a luta pela redução de custos se tornou questão de sobrevivência nas minerações de minério de ferro, fundamentado pelo grande volume existente de minério de ferro no mundo ofertado pelas mineradoras que realizaram projetos de expansão do seu volume de produção. Por outro lado o consumo de minério de ferro pela China, não se comportou conforme as empresas planejavam ao realizarem seus projetos de expansão fruto de um crescimento menor (PETER POPPINGA, 2015 [2]). Estes fatores fizeram com que o preço do minério de ferro caísse a níveis baixos conforme ilustrado na Figura 1, obrigando as empresas a manterem um acirrado controle de seus custos.

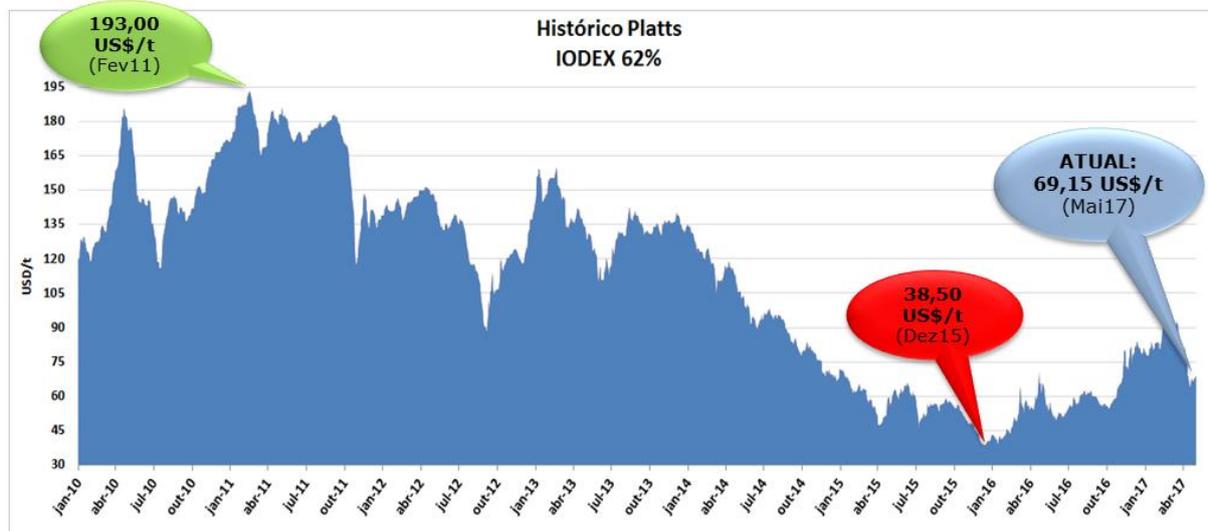


Figura 1. Histórico dos valores do minério de ferro, 62% de ferro.

FONTE: (Platts, 2017)

Na mineração um dos maiores custos existentes refere-se à materiais. Neste mix de materiais os pneus utilizados pelos equipamentos móveis representam de 20% a 30% do custo operacional da frota, representando o ativo de maior valor se comprado com a quantidade de pneus disponíveis na mineração (MANUTENÇÃO E TECNOLOGIA, 2011 [3]).

Baseado na representatividade dos custos de pneus faz se necessário à aplicação de técnicas de mantabilidade com a finalidade de aumentar a vida útil destes ativos, realizando as manutenções e monitoramentos necessários para maximização da sua performance. Este estudo foi realizado em pneus radial 2700 R49, sendo que representam 42% do valor gasto com pneus na mineração.

Um pneu pode ser definido como um artefato circular, sendo um dos componentes mais importantes de um equipamento automotor, pois suporta o seu peso, o da sua carga, e faz o contato com o solo. É responsável pela estabilidade do veículo e pela eficiência da frenagem. Possuem em sua estrutura várias matérias como borracha, aço, enxofre, entre outros (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PREVENÇÃO DOS ACIDENTES DE TRÂNSITOS, 2013 [4]). A Figura 2 ilustra um pneu com suas partes.



Figura 2. Partes de um pneu.

FONTE: (Moreto Pneus e Serviços, 2016).

A banda de rodagem é a parte que fica em contato direto com o chão. A lateral representa a altura do pneu, possui como funções o suporte da carga e as flexões mecânicas, resistência às fricções e agressões, além de participar do processo de estabilidade e conforto do veículo (MICHELIN, 2016 [5]).

A carcaça do pneu é constituída de camadas sobrepostas de lonas e determina a resistência, os índices de carga e velocidade, além do formato do pneu (SCHNEIDER, 2013 [6]). O estanque é a parte interna que substitui a câmara nos pneus radiais (MORETO PNEUS E SERVIÇOS, 2016 [7]).

O talão é a parte constituída por um filamento de aço e tem como principal finalidade manter o pneu fixado ao aro da roda (CADILLAC AUTO CENTER, 2016 [8]).

As cintas estabilizadoras são formadas por fios de aço e fazem com que o pneu tenha mais contato com o solo, e assim tornem o equipamento mais estável. Elas também evitam que objetos perfurem a carcaça (MORETO PNEUS E SERVIÇOS, 2016 [7]).

Existem basicamente três tipos de construção de pneus, radial, diagonal e diagonal cintado. Os Pneus radiais são os melhores e mais modernos, suas lonas que compõem a carcaça são dispostas radialmente formando um ângulo de 90° com a linha do plano longitudinal do pneu. No pneu radial o desgaste quando o equipamento faz uma curva é menor e a duração do pneu é consideravelmente aumentada. Mas neste tipo de pneu o conforto proporcionado é menor a velocidades mais baixas (SOBRE CARROS, 2016 [9]).

Para otimização da vida útil de um pneu, diversas atividades manutenções e cuidados na operação deverão ser tomados.

À transferência parcial do aquecimento dos freios e dos redutores para os pneus, alinhado com um aumento da temperatura do ambiente poderá provocar um superaquecimento dos pneus o que irá influencia na sua integridade podendo conduzi-lo à sucata mesmo se a banda de rodagem ainda estiver pouco usada. Na

ausência de fontes térmicas externas ao pneu, admite-se que a temperatura interna de um pneu é considerada crítica quando atingir 80 °C (MICHELIN, 2014 [10]).

Assegurar ao pneu uma pressão ótima ao longo de sua vida é essencial para lhe garantir desempenho e longevidade. Uma pressão insuficiente, ou ao contrário excessiva, acelera o desgaste do pneu. Pode até conduzir à degradação progressiva de sua estrutura, e até mesmo seu estouro (MICHELIN, 2014 [10]).

Verificar o TKPH (Toneladas quilometro por horas) do ciclo é fator determinante para a aplicação correta dos pneus, o índice permite avaliar os pneus segundo o trabalho que podem executar, dentro de limites seguros do projeto do pneu, relacionados à temperatura, carga e velocidade. A Equação (1) ilustra a fórmula para cálculo do TKPH de um ciclo de operação realizado por um pneu (GAMA, 2004 [11]).

$$\text{TKPH} = \text{Carga Média} \times \text{Velocidade Média} \quad (1)$$

Durante o ciclo de operação de um equipamento ele não poderá exceder o TKPH projetado para o pneu, ao exceder este limite o pneu poderá danificar-se.

Sobrecarga ou carga mal centralizada são situações operacionais que poderão influenciar negativamente na vida dos pneus. Considera-se sobrecarga, toda carga acima da qual o pneu foi projetado para suportar à uma determinada distância, pressão e velocidade. Sobrecarga reduz drasticamente a vida útil dos pneus (GAMA, 2004 [11]).

A Tabela 1 ilustra os impactos da sobrecarga na vida útil dos pneus, observa-se que uma sobrecarga de 10% já é suficiente para reduzir a vida útil do pneu em 15%.

Tabela 1. Influência do nível de sobrecarga na longevidade do pneu

Sobrecarga em %	Redução da longevidade em %
10	15
20	30
30	50

FONTE: (Michelin, 2014)

A limpeza das áreas de carregamento, a remoção dos obstáculos tais como rochas caídas durante o transporte, limita os riscos de danificar os pneus através de choques, cortes, perfurações, destes materiais caídos (MICHELIN, 2014 [10]).

Para se obter o máximo de rendimentos dos pneus, recomenda-se um rodízio. O rodízio serve para compensar as diferenças de desgastes, permitindo um aumento de quilometragem e eficiência (GOODYEAR, 2016 [12]).

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado na Mineração Usiminas, com atuação na extração do minério de ferro, situada no município de Itatiaiuçu, MG, especificamente na Gerência de Manutenção de Equipamentos.

O processo de escolha da amostra se caracterizou através da análise dos custos de manutenção obtidos em 2015 com manutenção de pneus. Através de uma estratificação dos custos (Figura 3), observou-se que 42% dos custos de manutenção em pneus eram referentes a pneus do tipo 2700 R49 utilizados em 14 caminhões fora de estrada de 95 toneladas.

Realizou-se a coleta de dados através da extração de informações do banco de dados da área, extraídos de planilhas de controle, do software de controle de manutenção pneus denominado AMT Tyres, de manuais de fabricantes de pneus

Michelin e Goodyear e da própria experiência dos gestores do processo de manutenção.

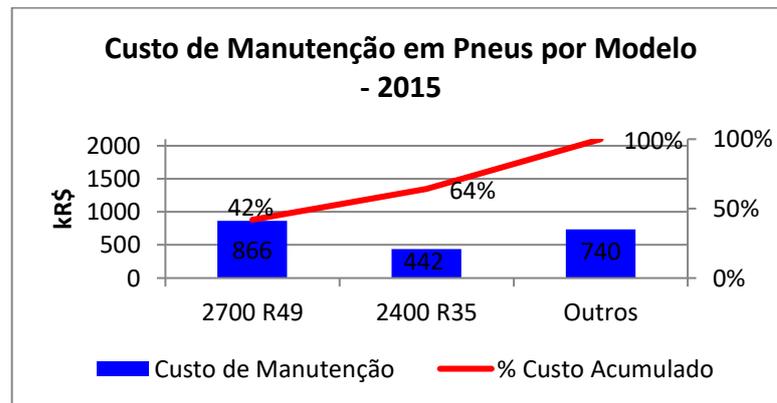


Figura 3. Estratificação dos custos de pneus 2015 .

Serão utilizados recursos computacionais, tais como Excel para a geração de gráficos e planilhas de controle, gráfico de Pareto e diagrama de Ishikawa para definição das principais causas de sucateamento de pneus 2700 R39.

De posse de todos os dados fornecidos por estes recursos foi possível identificar qual método de manutenção deverá ser usado para otimizar a vida dos pneus.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um dos problemas encontrado na manutenção de pneus 2700 R49 é a baixa vida útil, em média 3.678 horas de trabalhos, após os pneus eram sucateados.

A expectativa de vida útil destes pneus era de aproximadamente 6.000 horas, portanto os pneus em estudo estavam com a duração abaixo do previsto. Esta baixa vida útil proporcionava um aumento no custo por tonelada movimentada de pneus (R\$/ton mov), indicador que refere-se ao valor gasto com compra de pneus 2700 R49 em um período dividido pela quantidade de toneladas de minério movimentadas neste mesmo período. Quanto menor o custo por toneladas movimentadas (R\$/ton) melhor é o resultado deste indicador. A Figura 4 ilustra a média de vida útil destes pneus e o valor do R\$/ ton mov praticado antes da realização do projeto de melhoria.

Além do impacto financeiro existente na organização pela baixa vida útil dos pneus, ainda sofria influência da grande quantidade de parada dos caminhões para troca de pneus, este fator reduzia a produtividade dos equipamentos e sobrecarregava a manutenção.

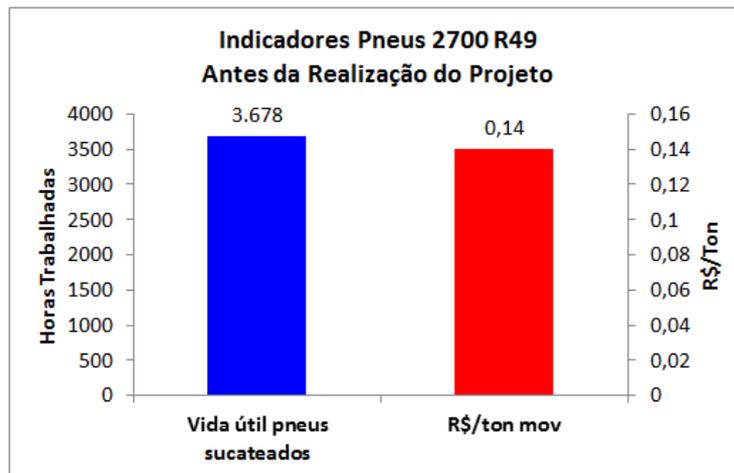


Figura 4. Vida útil e R\$/ ton mov de pneus 2700 R49 antes da realização de projeto de melhoria.

### 3.1. Análise dos Modos de Falhas

Foi montada uma equipe de projeto que possuía como função o estudo detalhado dos modos de falhas, que levavam os pneus a reduzirem seu desempenho. A Figura 5 ilustra o diagrama de Ishikawa, desenvolvido pela equipe de projetos.

Observa-se no diagrama de Ishikawa todas as possíveis causas levantadas, abrangendo desde falhas de manutenção, operação e qualificação da equipe. Um dos fatores de sucesso no uso desta ferramenta foi à formação de uma equipe multifuncional com funcionários que possuía grande conhecimento prático e outros com conhecimento teórico.

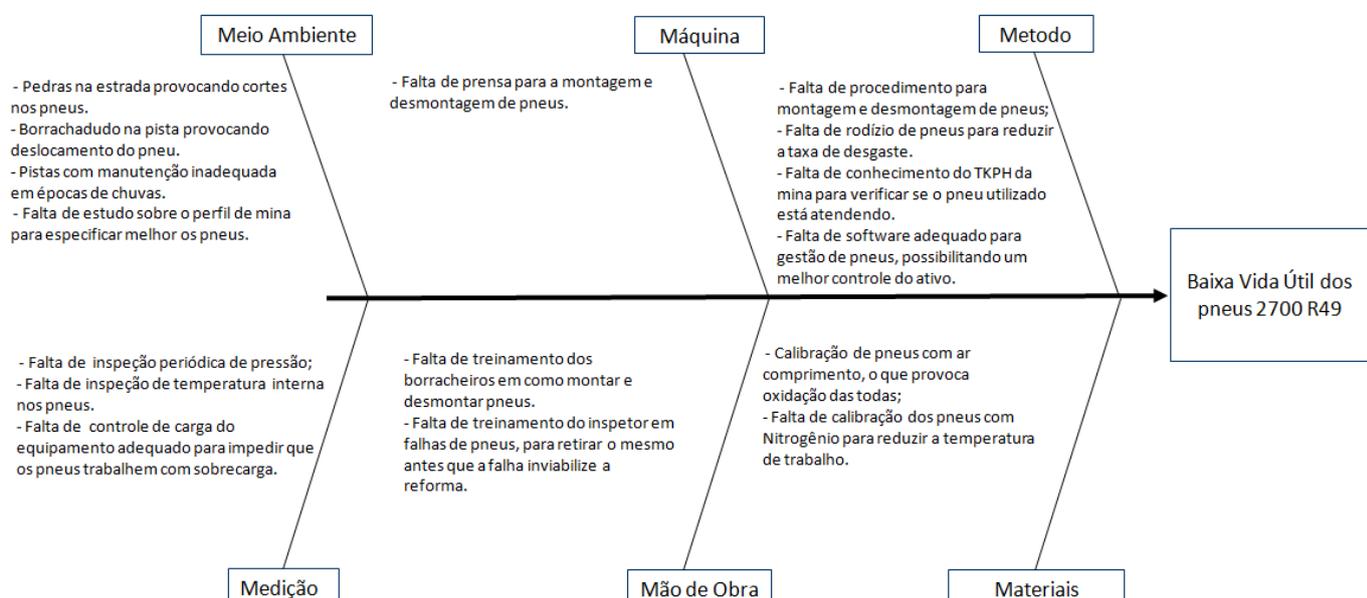


Figura 5. Diagrama de Ishikawa para baixa vida útil dos pneus 2700 R49

Para embasar o diagrama de Ishikawa foi realizada a construção de um gráfico de Pareto demonstrando as principais causas de sucateamento de pneus. O gráfico de Pareto foi construído com base no histórico existente no setor de manutenção (FIGURA 6).

O diagrama de Ishikawa junto com gráfico de Pareto possibilitou a equipe de projetos focalizar esforços na eliminação das principais causas de falhas dos pneus.

De acordo com a Figura 6, é possível concluir que o principal motivo de falha dos pneus, 38%, está relacionado a cortes sofridos durante a sua operação. Estes cortes são provocados por pedras que caem dos caminhões durante o seu deslocamento, ou pelo uso de material para forro que contem pedras. Para solucionar este problema faz se necessário uma garantia de manutenção diária nas estradas de acesso dos equipamentos. Também é importante uma conscientização dos operadores que trafegam nas estradas, sempre que observarem pedras que poderão danificar os pneus deverão comunicar as motoniveladoras para que possam fazer a sua retirada.

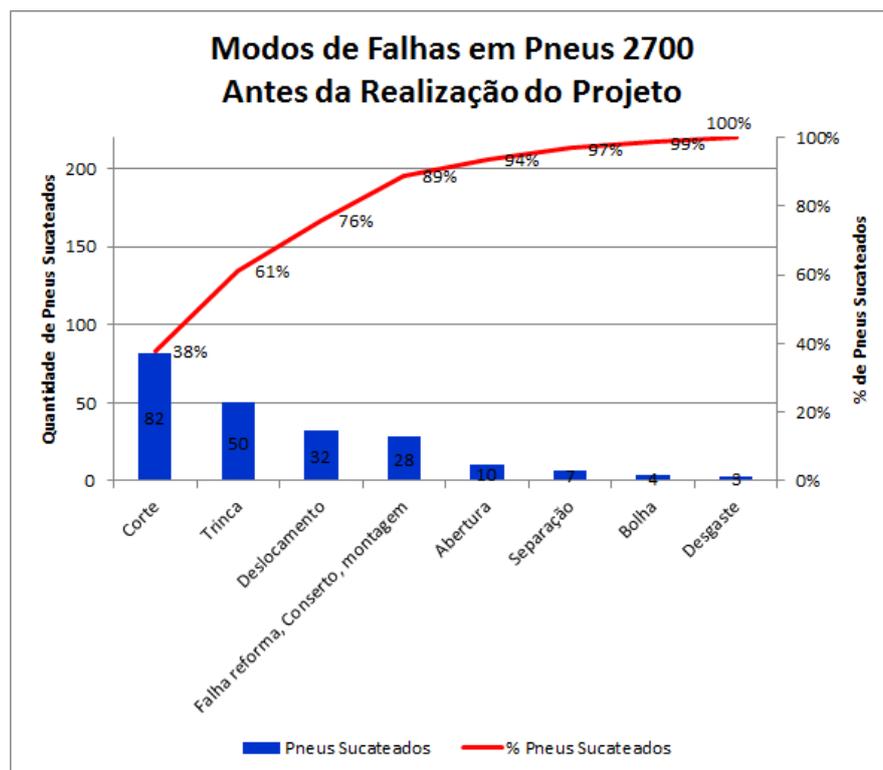


Figura 6. Gráfico de Pareto para as causas de sucateamento de pneus.

As trincas constituíram a segunda causa de maior falha de pneus, correspondendo a 23%. Este tipo de falha está diretamente ligado a operação dos pneus com pressão abaixo da pressão de trabalho. A solução deste tipo de falha é feito através de um controle eficiente de pressão nos pneus, garantindo que eles irão trabalhar dentro dos limites especificados. As trincas também poderão ser provocadas por aquecimento interno do pneu durante a sua operação. Em operações onde o equipamento é exposto a ciclos de operação grande sem parar e ainda aliado a cargas, a temperatura interna do pneu poderá ultrapassar o limite máximo recomendado para o pneu podendo degradar a borracha provocando trincas por dilatação. As trincas oriundas pelo aquecimento poderão ser evitadas se mantiver um controle acirrado de temperatura nos pneus, as operações deverão ser paralisadas se a temperatura de um pneu ultrapassar o limite recomendado, após o retorno da temperatura para a faixa normal poderá dar sequencia as operações.

O deslocamento constituiu a terceira causa de falha dos pneus, 15%. O deslocamento em pneus é comum quando ele sofre algum tipo de impacto, que poderá ocorrer pela existência de pedras cravadas. Quando um caminhão carregado

com velocidade passa em cima desta pedra poderá provocar um deslocamento de ar internamento pelo impacto, provocando um deslocamento. Estas formações rochosas contidas na estrada deverão ser retiradas para proteger os pneus, em algumas vezes poderá demandar detonação com explosivos. O deslocamento em pneus também poderá ocorrer devido à formação de borrachudos na estrada, que são áreas de baixa instabilidade que ao trafegar um equipamento, comportará como uma borracha, ocasionando também uma grande movimentação de ar internamente no pneu provocando o deslocamento.

A falha do conserto, reforma e montagem equivale a 13% dos problemas encontrados. As falhas de conserto equivalem aos pneus que tiveram algum corte ou avaria enviado ao reformador com o objetivo de correção, quando o conserto falha significa que por algum motivo o remendo feito no local de avaria não foi bem sucedido. A falha de reforma já representa o pneu que foi enviado para realização de recauchutagem (troca da banda de rodagem desgastada), mas por algum motivo está nova banda de rodagem aplicada está apresentando problema. A importância de se manter um bom controle de vida útil dos pneus, como data de aplicação se faz para reclamar a garantia com o reformador e também exigir uma melhora da qualidade em seu fornecimento. Um pneu apresenta problema de montagem quando o mesmo é mal instalado no cubo de roda provocando danos ao talão, também pode se considerar um pneu que sofreu contaminação com produtos químicos durante sua montagem.

### **3.2. Ações de Melhorias**

Após a análise detalhada das principais modos de falhas dos pneus 2700 R49, a equipe de estudo propôs ações de melhorias com o intuito de melhora o desempenho.

#### **3.2.1. Inspeção de Mina e Conscientização dos Operadores**

Para solucionar a maior causa de falha dos pneus, cortes, foi proposta a realização de inspeção de mina semanalmente onde empregados da operação e manutenção inspeciona toda a área de tráfego de caminhões. Ao final faz um relatório demonstrando os pontos falhos encontrados, com o intuito realizar manutenção de estradas nestes pontos e impedir que estes problemas tornem a ocorrer. Também foi feito uma cartilha de conscientização dos operadores demonstrando os pontos que os mesmos deverão ter atenção durante a operação, orientando ao encontrarem desvios a comunicação aos superiores imediatamente. A Figura 7 ilustra estas duas ferramentas utilizadas para eliminação deste modo de falha.

Através desta ação foi possível reforçar que a eliminação do modo de falha corte dependia de todos os envolvidos no processo, o sucesso viria somente se todos tivesse o sentimento de dono dos equipamentos e não permitissem que ele trabalhasse em condições críticas.



Figura 7. Exemplo da cartilha de conscientização e inspeção de mina.

### 3.2.2. Instalação de Sensores de Medição

Adquiriu-se um sistema de gerenciamento online de pressão e temperatura para pneus, este sistema funciona através de sensores que são instalados dentro do pneu durante a sua montagem. Estes sensores enviam sinal para uma antena colocada no equipamento, informando a cada frequência de tempo estabelecido qual é a temperatura e a pressão dos pneus, esta informação é visualizada em tela existente na cabine do operador e também em uma central de controle. A Figura 8 ilustra o esquema de instalação de sensores.

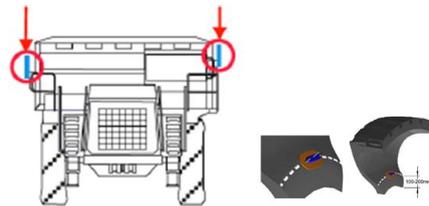


Figura 8. Esquema de instalação de sensores para medição de pressão e temperatura.

Apesar do custo envolvido nesta ação verificou-se a viabilidade técnica e econômica da ferramenta, conforme podem ser observados, 50 pneus falharam por baixa pressão ou alta temperatura de trabalho, somente o custo para reposição destes pneus já seria suficiente para comprar quatro Kits de sensores para cada caminhão existente na mineração.

### 3.2.3. Calibração dos Pneus com Nitrogênio

Realizou-se um contrato para a instalação de geradores de gás nitrogênio, desta maneira os pneus poderiam ser calibrados com este gás. Sabe-se que o uso de gás nitrogênio para calibrar pneus de grande porte oferece vantagens ao processo tais como, ar seco, pressões mais estáveis, menor temperatura de operação, eliminação da umidade evitando oxidação da roda, aumento no período de calibração e diminui o risco de combustão.

### 3.2.4 Estudo do TKPH da Mina

Para verificar se o TKPH do pneu especificado está acima do TKPH da mina realizou-se um estudo deste parâmetro. Conforme observado na Figura 9, o pneu utilizado atende as condições de TKPH da mina, pois o ciclo obteve um TKPH de 341 enquanto que o valor especificado para o pneu é de 480.

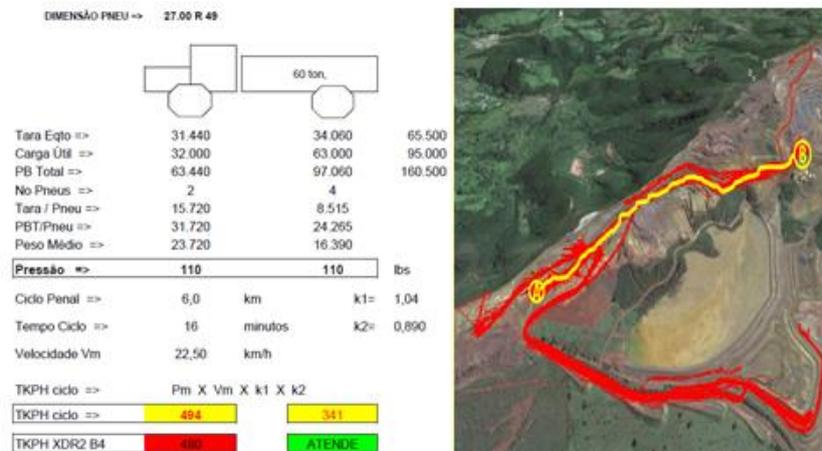


Figura 9. Estudo do TKPH da mina

Este estudo permitiu verificar que a especificação do pneu atendia o TKPH da mina com uma folga considerável. É importante recalcular o TKPH com após um período devido às alterações de ciclo existentes na mina.

### 3.2.5. Construção do Procedimento

Para padronizar a forma de montagem e desmontagem de pneus por todos os borracheiros da mineração, foi construído um procedimento indicando a melhor forma de realizar a atividade. Todos os borracheiros foram treinados neste procedimento de tal forma que tivessem ciência de como realizar a tarefa.

### 3.2.6. Planejamento Mensal de Rodízio de Pneus

A fim de possibilitar o desgaste uniforme dos pneus, foi estabelecido a realização de uma política mensal de rodízio de pneus. A Figura 10 ilustra um planejamento de rodízio e troca de pneus de um determinado mês.

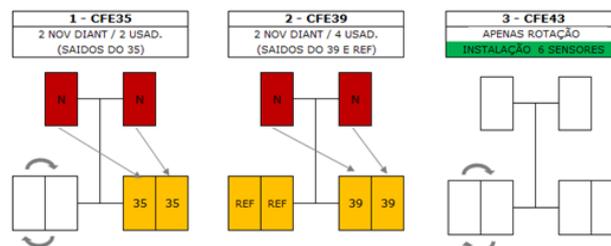


Figura 10. Exemplo de planejamento mensal de rodízio de pneus.

### 3.2.7. Realização de Análise de Falha

Criou-se a prática de realização de análise de falha para todos os pneus que eram retirados por alguma falha prematura. Esta análise de falha é divulgada para todos os envolvidos no processo sendo proposto um plano de ação para minimizar uma nova ocorrência deste tipo de falha.

### 3.2.8. Utilização de Software de Gestão de Pneus

Com o objetivo de revolucionar a gestão de pneus na mineração em estudo, foi realizada uma parceria com uma grande fornecedora de pneus da empresa, onde foi autorizada a utilização de um software desenvolvido por esta empresa totalmente modelado para gestão de pneus. Este software permite a busca de informações rápidas e a configuração de relatórios importantes para o sistema de gestão de pneus.

### 3.3. Considerações Finais

O estudo dos modos de falhas do pneu 2700 R49 possibilitou o conhecimento das causas de falhas de pneus na mina. Através desta análise foi possível focalizar as ações de melhorias permitindo maior eficiência e eficácia nos resultados.

A parceria desenvolvida entre a manutenção de equipamentos e operação de mina responsável pelo uso dos caminhões que possui pneus 2700 R49 possibilitou o compartilhamento de responsabilidades quanto aos modos de falhas, permitindo que cada área desse a melhor contribuição possível para eliminar as causas raízes de falhas.

Após a implantação das ações de melhorias, realizou-se uma medição dos valores da vida útil média dos pneus e do custo por toneladas movimentadas. A Figura 11 ilustra a média de horas trabalhadas e o custo por toneladas movimentada dos pneus antes e após a realização do projeto, ressalta-se que o período considerado antes do projeto equivale até dezembro de 2014, após realização de projeto contabiliza os dados de 2015 e 2016 anos contábeis já encerrados.

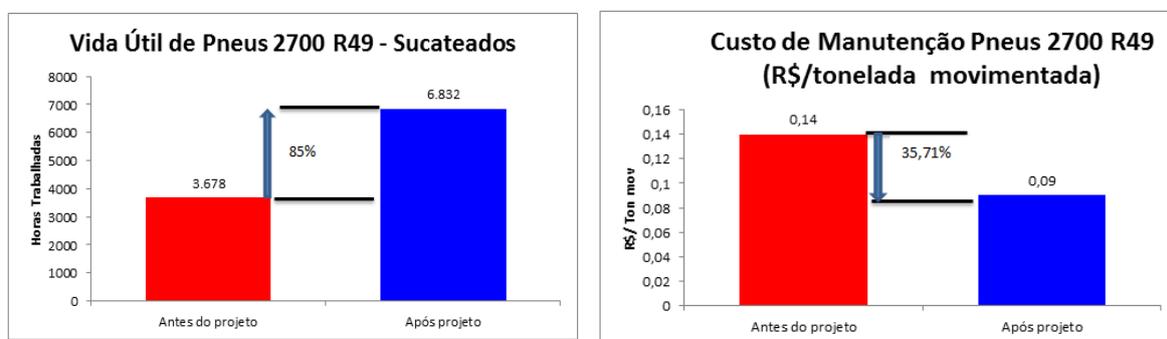


Figura 11. Vida útil e custo por toneladas Movimentada dos pneus, antes e depois da realização do projeto.

## 4 CONCLUSÃO

Conclui-se que o presente trabalho obteve êxito na sua realização tornando a empresa mais competitiva, pois aumentou a vida útil dos pneus em 85% reduzindo o seu custo em 35,71% para cada tonelada movimentada.

Um dos pontos fortes deste trabalho, foi integração de equipes multifuncionais da área de manutenção e operação, o que proporcionou um resultado sólido que se mantém ao longo do tempo.

Por fim recomenda-se o constante aprimoramento da gestão deste ativo, pelo seu alto custo e visto que melhorias contínuas sempre poderão ser realizadas a fim

de manter o processo sobre controle com ações de acompanhamento eficiente e eficazes.

## Agradecimentos

Agradecemos a gerência geral de operação e toda a equipe da Mineração Usiminas pelo incentivo constante ao ócio criativo na organização e realização de Seminários Técnicos, Workshops, fomentado nos funcionários a realização de inovação na melhoria de processos e métodos.

## REFERÊNCIAS

- 1 BRADESCO (Brasil). Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos (Org.). MINÉRIO DE FERRO. São Paulo: Bradesco, 2016. 51 slides, color. Disponível em: <[http://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset\\_minerio\\_de\\_ferro.pdf](http://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_minerio_de_ferro.pdf)>. Acesso em: 30 mai. 2017;
- 2 PETER POPPINGA (São Paulo). Congresso Brasileiro do Aço (Org.). Situação e Perspectivas Mercado de Minério de ferro. 26. ed. São Paulo: Vale, 2015. 17 p. Disponível em: <<http://www.icz.org.br/upfiles/arquivos/apresentacoes/8-congresso-P1Mercado-Minerio-de-Ferro-Peter.pdf>>. Acesso em: 30 mai. 2017.;
- 3 MANUTENÇÃO E TECNOLOGIA (São Paulo) (Ed.). Cuidados que geram economia. Manutenção e Tecnologia, São Paulo, v. 146, n. 1, p.1-4, 13 nov. 2011. Disponível em: <[http://www.revistamt.com.br/index.php?option=com\\_contenido&task=viewMateria&id=666](http://www.revistamt.com.br/index.php?option=com_contenido&task=viewMateria&id=666)>. Acesso em: 30 mai. 2017.;
- 4 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PREVENÇÃO DOS ACIDENTES DE TRÂNSITOS (São Paulo) (Comp.). O pneu, composição e estrutura. 2013. Por Vias Segura. Disponível em: <[http://viasseguras.com/veiculos/pneumaticos/manual\\_twi\\_informacoes\\_tecnicas\\_sobre\\_pneus/o\\_pneu\\_composicao\\_e\\_strutura](http://viasseguras.com/veiculos/pneumaticos/manual_twi_informacoes_tecnicas_sobre_pneus/o_pneu_composicao_e_strutura)>. Acesso em: 04 mai. 2017.;
- 5 MICHELIN (Rio de Janeiro) (Org.). TUDO SOBRE O PNEU: O que compõe um pneu?. 2016. Disponível em: <<http://www.michelin.pt/pneus-turismo/conselhos/tudo-sobre-o-pneu/o-que-compoe-um-pneu>>. Acesso em: 09 mai. 2017.
- 6 SCHNEIDER, Pércio. As partes dos pneus e suas funções. Na Boléia, São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://naboleia.com.br/pneus/as-partes-dos-pneus-e-suas-funcoes>>. Acesso em: 09 agosto 2016.
- 7 MORETO PNEUS E SERVIÇOS (São Paulo). Moreto Pneus e Serviços (Ed.). Características dos Pneus: As partes de um pneu e suas funções. 2016. Disponível em: <<http://pneusmoreto.com.br/wp4/index.php/caracteristicas/>>. Acesso em: 09 mai. 2017.;
- 8 CADILLAC AUTO CENTER (Curitiba) (Ed.). COMO É A ESTRUTURA DE UM PNEU?: Assim como estar ciente sobre os sinais que desgastam os pneus, é importante que você conheça como eles são estruturados.. 2016. Disponível em: <<http://cadillacautocenter.com.br/blog/como-e-estrutura-de-um-pneu/>>. Acesso em: 09 ago. 2016.;
- 9 SOBRE CARROS (São Paulo) (Ed.). O que é Pneu Radial? 2016. Disponível em: <<https://sobrecarros.com.br/o-que-e-pneu-radial/>>. Acesso em: 09 ago. 2016..
- 10 MICHELIN (Rio de Janeiro). Guia de utilização e de manutenção de Pneus. Rio de Janeiro: Michelin, 2014. 180 p.;
- 11 GAMA, PAULO ROBERTO (São Paulo). Seminário Internacional Sobre Agregados Para Construção Civil. GERENCIAMENTO DE PNEUS EM PEDREIRAS. São Paulo: Goodyear Brasil, 2004. 45 slides, color.;
- 12 GOODYEAR (São Paulo). Vida Útil de Pneus. 2016. Disponível em: <<http://www.goodyear.com.br/pneus-passeio/conservando-pneu/vida-util-pneu/>>. Acesso em: 12 ago. 2016.;