

VOLUME

1

GESTÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL E MINERAÇÃO

ORGANIZADORES

LUCIANO JOSÉ VIEIRA FRANCO
JUSSARA FERNANDES LEITE



Editora Poisson

Luciano José Vieira Franco
Jussara Fernandes Leite
(Organizadores)

Gestão da Manutenção Industrial e
Mineração
Volume 1

1ª Edição

Belo Horizonte
Poisson
2022

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais

Ms. Davilson Eduardo Agrade

Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas

Msc. Fabiane dos Santos

Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia

Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC

Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy

Ms. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

| |
|---|
| |
| Sônia Márcia Soares de Moura – CRB 6/1896 |



O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.

Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterada.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

www.poisson.com.br

contato@poisson.com.br

Agradecimentos

Agradecemos a todos que direta e indiretamente participaram para a elaboração desta obra.

Eu, Professor Luciano José Vieira Franco, agradeço em especial à Professora Jussara Fernandes Leite e ao Professor José Dimas de Arruda pela dedicação e por atuar comigo diversas horas de trabalho para a conclusão desta obra. Agradeço aos discentes Adriano Aparecido Lagares, Everton Moreira Paiva, Ielis Fabiano Severino, Jackson Matheus dos Santos Silva, Leandro Assis Rezende, Moacir Vinícius Ferreira Vieira, Raí Pontes Leite, Ricardo Alexandre Simões Vieira, Ricardo Maurício de Oliveira, Roberto Junior Ferreira Viera, Victor Vale Resende e Wesley Rodrigues da Silva pela participação. Agradeço também aos docentes que orientaram os discentes e efetivaram conjuntamente as pesquisas.

Eu, Professora Jussara Fernandes Leite, agradeço o incentivo e orientação dada pelo Professor Luciano José Vieira Franco, coordenador do Curso de Pós Graduação de Gestão da Manutenção Industrial e Mineração, sem as suas orientações para direcionar os trabalhos esta obra não teria sido concretizada. Agradeço a ele novamente junto com o Professor José Dimas Arruda pela parceria na organização desta obra.

Apresentação

Em cenários de globalização que promove o aumento da concorrência; com a oscilação dos preços de produtos industrializados e do minério de ferro no mercado; e redução do volume de produção devido à pandemia do Coronavírus; as indústrias e minerações promovem estudos em seus processos para a otimização dos resultados e, conseqüentemente se manterem competitivas no mercado.

Os esforços das indústrias e minerações voltam-se para uma das áreas de apoio ao processo produtivo, para a manutenção de máquinas e equipamentos como também para a gestão desse setor. Essa área é responsável por manter máquinas e equipamentos do processo produtivo em perfeitas condições de funcionamento. Desta forma, passa a ser vista como forma estratégica para todos os processos organizacionais.

Para a qualificação dos profissionais dessa área, surge o Curso de Pós Graduação de Gestão da Manutenção Industrial e Mineração da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete. Como fruto desse Curso, nasce esta obra, que é constituída de pesquisas científicas desenvolvidas por discentes e docentes.

Os capítulos apresentados neste e-book são estudos de casos reais desenvolvidos nas mais diversas áreas de conhecimento do Curso. Os temas abordados em doze capítulos enfatizam a gestão que envolve a liderança, a gestão de contratos com prestadores de serviços, a utilização de metodologias da qualidade, as melhores práticas de manutenção, a otimização do processo de manutenção, a melhoria dos indicadores de confiabilidade e disponibilidade física de máquinas e equipamentos do processo produtivo, dentro outros.

As pesquisas científicas apresentadas em cada um dos dozes capítulos foram desenvolvidas em indústrias e minerações do Estado de Minas Gerais. Os estudos mostram a realidade e desafios vividos pelas organizações.

Aproveitem a leitura!

Sumário

Capítulo 1: GALPÕES METÁLICOS: A Viabilidade do Projeto Relacionada à Tipologia da Construção..... 08

Ricardo Maurício Oliveira, José Dimas Arruda, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, Mayara Rezende Carvalho

DOI: 10.36229/978-65-5866-XXX-X.CAP.01

Capítulo 2: MANUTENÇÃO EM PONTES ROLANTES EQUIPADAS COM TENAZ: Um estudo de caso para análise de propriedades mecânicas e da metalografia de um parafuso..... 20

Victor Vale Resende, José Dimas Arruda, Leandro Lopes Hermsdorff, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite

DOI: 10.36229/978-65-5866-XXX-X.CAP.02

Capítulo 3: ANÁLISE DA LIDERANÇA: Um Estudo de Caso em Uma Oficina Mecânica 31

Ricardo Alexandre Simões Vieira, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, Maurício Vieira, Bruno Silva Alencar

DOI: 10.36229/978-65-5866-XXX-X.CAP.03

Capítulo 4: AS RELAÇÕES INTERPESSOAIS ENTRE CONTRATADA E CONTRATANTE: Uma Análise da Gestão de Processos como Principal Ativo na Produtividade e Alcance de Resultados 44

Jackson Matheus dos Santos Silva, Jussara Fernandes Leite, Luciano José Vieira Franco, Maurício Vieira, Fernando Marinho

DOI: 10.36229/978-65-5866-XXX-X.CAP.04

Capítulo 5: MANUTENÇÃO EM CAMINHÕES FORA DE ESTRADA: Estudo de Caso para Redução do Tempo de Manutenção 59

Roberto Junior Ferreira Vieira, Bruno Silva Alencar, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, José Dimas Arruda

DOI: 10.36229/978-65-5866-XXX-X.CAP.05

Capítulo 6: MANUTENÇÃO EM REDUTORES DE VELOCIDADE: Um estudo de caso para aumentar a disponibilidade física..... 76

Moacir Vinicius Ferreira Vieira, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, Alexandre Magno Franco Ferreira, Edilberto da Silva Souza

DOI: 10.36229/978-65-5866-XXX-X.CAP.06

Sumário

Capítulo 7: MANUTENÇÃO MECÂNICA EM MOTONIVELADORAS Um Estudo de Caso para Elevar a Disponibilidade Física da Frota de Motoniveladora 85

Jeizon Gesnes Gripe da Silva, Everton Moreira Paiva, Jussara Fernandes Leite, Luciano José Vieira Franco, Edilberto da Silva Souza

DOI: 10.36229/978-65-5866-XXX-X.CAP.07

Capítulo 8: MANUTENÇÃO EM MANCAIS DE LAMINAÇÃO DE PERFIS ESTRUTURAIS 96

Raí Pontes Leite, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, José Sebastião dos Reis Silva, Fernando Marinho

DOI: 10.36229/978-65-5866-XXX-X.CAP.08

Capítulo 9: MANUTENÇÃO EM ROTORES DOS EXAUSTORES DA SINTERIZAÇÃO: Um estudo de caso para eliminar o desbalanceamento 109

Wesley Rodrigues da Silva, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, Edilberto da Silva Souza, Nilo Antunes Ferreira

DOI: 10.36229/978-65-5866-XXX-X.CAP.09

Capítulo 10: MANUTENÇÃO DE TRANSPORTADORES DE CORREIA: Um estudo de caso para a redução do tempo de manutenção 122

Leandro Assis Rezende, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, Maurício Vieira, Nilo Antunes Ferreira

DOI: 10.36229/978-65-5866-XXX-X.CAP.10

Capítulo 11: MANUTENÇÃO EM TRANSPORTADOR DE CORREIA: Um estudo de caso sobre a quebra do tambor de retorno da correia transportadora 135

Ielis Fabiano Severino, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, José Dimas Arruda, Nilo Antunes Ferreira

DOI: 10.36229/978-65-5866-XXX-X.CAP.11

Capítulo 12: MANUTENÇÃO EM CORREIAS TRANSPORTADORAS EM SIDERURGIA: Um estudo de caso para melhorias no acionamento de uma correia transportadora 149

Adriano Aparecido Lagares, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, Alexandre Magno Franco Ferreira, Fernando Marinho

DOI: 10.36229/978-65-5866-XXX-X.CAP.12

Autores: 160

Capítulo 1

Galpões metálicos: A Viabilidade do Projeto Relacionada à Tipologia da Construção

Ricardo Maurício Oliveira

José Dimas Arruda

Luciano José Vieira Franco

Jussara Fernandes Leite

Mayara Rezende Carvalho

Resumo: O presente estudo teve como objetivo a comparação entre duas tipologias de galpão metálico: galpão com viga de alma cheia e galpão treliçado com perfil de chapa dobrada em sua cobertura. O trabalho consistiu na busca da tipologia mais econômica financeiramente para um galpão com largura de 25 metros, comprimento de 50 metros e altura livre de 5 metros. Ambos os galpões foram dimensionados no programa computacional Cype metálicas 3D. Na escolha do material, buscou a tipologia mais leve e um menor preço. Para a execução do projeto, foi preciso estudar cada tipologia dos galpões. Neste estudo foi feita uma comparação de ambos os projetos como um todo, tendo em vista seu valor final. Tem-se assim que o galpão mais leve necessita de uma execução mais trabalhosa, gastando mais tempo para a efetivação e proporcionando um valor mais alto. O galpão de perfil de alma cheia tem sua lista de material mais pesada, porém com menor número de peças e execução em menor tempo, com um valor menor financeiramente.

Palavra Chave: Galpão metálico. Tipologia. Viga de alma cheia. Perfil de chapa dobrada.

1. INTRODUÇÃO

A construção metálica tem crescido muito nos últimos anos devido à facilidade para a construção da obra, redução de tempo e custo do investimento. O cliente busca a economia como um todo, não apenas na compra de material, mas principalmente na execução, ou seja, na mão de obra, nos consumíveis e nos equipamentos que serão utilizados na execução. Outro fator que apoia a utilização de obras metálica é o avanço da tecnologia, os programas de dimensionamento estão mais dinâmicos e inteligentes, fazendo com que os projetos fiquem mais práticos, rápidos e com menor preço.

Para estudar e verificar um projeto completo, desde sua concepção até o valor da execução, foi dimensionado 2 (dois) galpões iguais, com medidas de 5 x 25 x 50 metros, altura x largura x comprimento, respectivamente; com materiais distintos, perfil de alma cheia e o perfil de chapa dobrada, este com a montagem de treliça. Essas duas tipologias são as mais comuns usadas em galpões industriais, exercem a mesma funcionalidade e têm a mesma arquitetura externa. O que as difere é a altura interna, já que a treliça utiliza um espaço maior. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo verificar as duas tipologias de construção de galpão industrial citadas, analisando os projetos, desde a concepção estrutural até a mão de obra para a execução, para que fosse possível identificar qual tipo de estrutura possui melhor viabilidade. Foi utilizado o programa computacional Cype metálicas 3D, para auxiliar no dimensionamento da estrutura.

2. TIPOS DE PERFIS METÁLICOS, PROPRIEDADES E PRINCIPAIS TIPOS DE GALPÕES

Segundo Tetraferro (2015), o perfil W é produzido com aço estrutural que segue normas nacionais e estrangeiras, como a ASTM (American Society for Testing and Materials) e a NBR 8800:2008. Esse material é altamente resistente, sendo um material viável para a construção de estruturas. De acordo com Gerdau (2019), o aço ASTM A 572 – Grau 50 é um aço de baixa liga e alta resistência, utilizado em estruturas metálicas objetivando a diminuição de peso. Este possui limite de escoamento de 345 MPa, limite de resistência 450 MPa e ductilidade de 18%.

O perfil de chapa dobrada, perfil C, são normalmente construídas com aço ASTM A36 (Grau CF 24). Segundo Belei (1998), estes produtos, conformados a frio, estão sendo aplicados de forma crescente na execução de estruturas leves e, também, para terças e vigas de tapamento de qualquer tipo de estrutura. Silva (2014) acrescenta ser recomendado o uso de aços com qualificação estrutural e que possuam propriedades mecânicas adequadas para receber o trabalho a frio. Devem apresentar a relação entre a resistência à ruptura (F_u) e a resistência ao escoamento (F_y), F_u/F_y , maior ou igual a 1,08, e o alongamento após ruptura não deve ser menor que 10% para base de medida igual a 50 mm ou 7% para base de medida igual a 200 mm, tomando-se como referência os ensaios de tração conforme a norma ASTM A370.

2.1 PERFIL DE ALMA CHEIA, PERFIL W, AÇO ASTM A572 – GRAU 50

Segundo Tetraferro (2015), o perfil W é produzido com aço estrutural que segue normas nacionais e estrangeiras, como a ASTM (American Society for Testing and Materials). Esse material é altamente resistente, sendo uma solução para a construção.

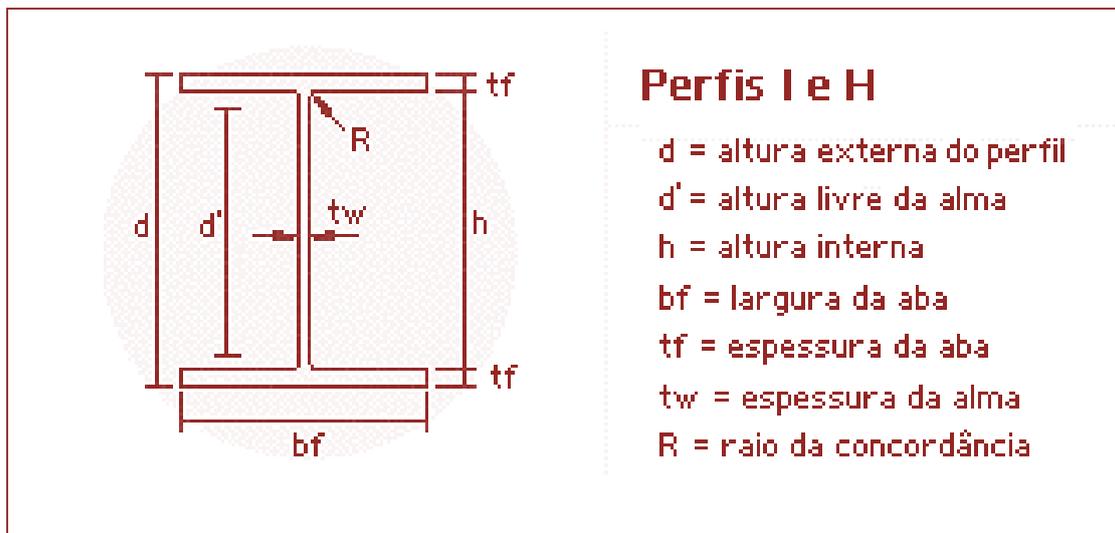
Gerdau (2018) apresenta que o aço ASTM A 572 – Grau 50 é um aço de baixa liga e alta resistência utilizado em estruturas metálicas objetivando a diminuição de peso. O perfil W tem as seguintes propriedades mecânicas, que podem ser observadas na Tabela 1 e na Figura 1.

Tabela 1 – Propriedades mecânicas do aço ASTM A572 – Grau 50

| | |
|--|-----|
| Limite de escoamento (Mpa) | 345 |
| Limite de resistência (Mpa) | 450 |
| Alongamento após ruptura, % (Comprimento = 200 mm) | 18 |

Fonte: Gerdau (s/d), adaptado pelo autor

Figura 1 – Desenho do Perfil W

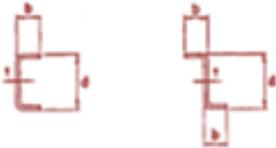


Fonte: Portal Metálica (2019).

2.2 PERFIL DE CHAPA DOBRADA, PERFIL C, AÇO ASTM A36 – GRAU CF 24

Belei (1998) esclarece que o perfil de chapa dobrada, perfil C, aço ASTM A36, conformados a frio, estão sendo aplicados de forma crescente na execução de estruturas leves e, também, para terças e vigas de tapamento de qualquer tipo de estrutura. O Quadro 1 apresenta os principais tipos de perfis de chapa dobrada, dentre muitos outros existentes.

Quadro 1 - Tipos de perfis dobrado

| Tipo | Dimensões (mm) | Designação (exemplo) |
|---|-------------------------------|--|
|  | a = 50 a 100 t = 1,5 a 5,0 | a x t L 50 x 2,25 |
|  | d = 50 a 200 t = 1,5 a 5,0 | d x b x t U 100 x 50 x 3,0 |
|  | d = 50 a 300 t = 1,5 a 5,0 | d x b x c x t Z 100 x 50 x 20 x 2,0 |

Fonte: Bellei (1998)

O uso de aços com qualificação estrutural e que possuam propriedades mecânicas adequadas para receber o trabalho a frio devem apresentar a relação entre a resistência à ruptura e a resistência ao escoamento, F_u/F_y , maior ou igual a 1,08, e o alongamento após ruptura não deve ser menor que 10% para base de medida igual a 50 mm ou 7% para base de medida igual a 200 mm, tomando-se como referência os ensaios de tração conforme ASTM A370. (SILVA, 2014, p.15)

2.3 PRINCIPAIS TIPOLOGIAS DE GALPÕES INDUSTRIAIS

Drehmer (2010) explica que galpões é um espaço horizontal a ser protegido, havendo diferentes alternativas para a disposição da cobertura. A variação de tipologias aumenta a cada dia, ressaltando que cada tipologia pode ser adequada para um seguimento específico ou um tipo de utilização específica. Na visão de Gonçalves (2017), o galpão de duas águas apresenta diversos tamanhos e dimensões, é geralmente composto por pórticos com espaçamentos regulares e por terças e vigas ou treliças, com boa utilização para estocagem de diversos produtos dentre outros fins. Quando esta tipologia contém viga de cobertura de alma cheia para sustentação, ocupa menos espaço em altura dentro do galpão.

D'Alambert (2012) apresenta em seus estudos que as concepções de alma cheia são as mais limpas, com menor número de elementos, de fabricação mais fácil, de montagem mais rápida, de manutenção mais simples, mas consomem maior quantidade de aço. Como consomem muito menos serviços para a sua execução e os custos finais são competitivos, são indicadas para galpões pequenos e médios. O galpão de duas águas com viga de cobertura treliçada de perfil dobrado tem a mesma funcionalidade do galpão com vigas de alma cheia, porém sua altura interna é menor, pois a treliça com perfis formados a frio utiliza um espaçamento entre o banzo superior e o banzo inferior. A variação de tipologias cresce a cada dia, será citado aqui as tipologias mais usadas.

2.3.1 GALPÃO DE 02 (DUAS) ÁGUAS

Silva (2014) esclarece que galpões são construídos de colunas espaçadas com cobertura na parte superior e, às vezes, também nas laterais, se estendendo por grandes áreas e destinados aos mais variados fins. A Figura 2 ilustra um galpão de duas águas com viga de cobertura de alma cheia.

Figura 2 - Galpão de Duas Águas com Viga de Alma Cheia



Fonte: Portal Metálica (2019).

Belei (1998, p.111) esclarece que o galpão de duas águas, apesar de ser um dos tipos mais antigos, possivelmente ainda é o sistema mais barato de construção de galpões. Por outro lado, Gerdau (s/d) apresenta que as concepções de alma cheia são as mais limpas, com menor número de elementos, de fabricação mais fácil, de montagem mais rápida, de manutenção mais simples, mas consomem mais aço. Como consomem muito menos serviços para a sua execução e os custos finais são competitivos, são indicadas para galpões pequenos e médios. Na Figura 3, pode ser observado um Galpão de duas águas, com viga de cobertura treliçada de perfil dobrado.

Figura 3 - Galpão de Duas Águas com Viga de Cobertura Treliçada



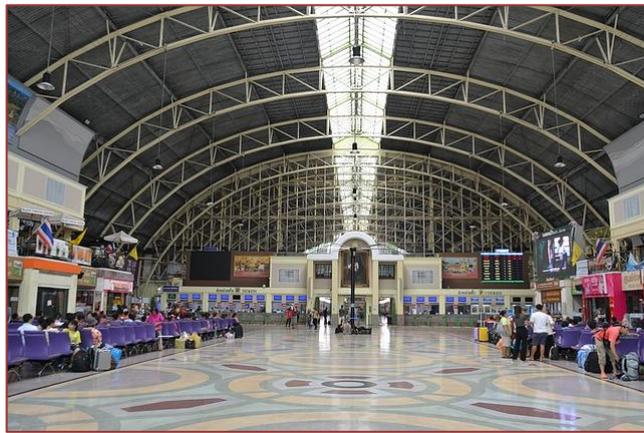
Fonte: Metal Concept (2019).

De acordo com Silva (2014, p.14), a construção pré-fabricada de galpão de duas águas com viga de cobertura treliçada possui um tempo reduzido de execução. Esse tipo possui leveza, facilidade de fabricação, de manuseio e de transporte, facilitando a construção e diminuindo o custo.

2.2.2 OUTRAS TIPOLOGIAS DE GALPÕES

Em relação ao Galpão em arco, Figura 4, o nome já diz sobre a sua tipologia, a parte superior tem sua geometria em arco. Esse tipo de tipologia torna o galpão com uma curvatura maior e uma inclinação mais branda.

Figura 4 - Galpão em Arco



Fonte: Engenharia Concreta (2019)

Outro tipo de galpão é o Shed, Figura 5, que é usado para construções seguidas. Esse galpão é como uma casa geminada, com vários telhados agregados, no interior pode-se separar ou não as suas estruturas, fazendo salas ou um galpão largo, os telhados estão interligados entre si, e o fim do telhado de um, sempre chega à parede lateral do outro.

Figura 5 - Galpão em *Shed*



Fonte: Habitissimo (2019)

Por fim, apresenta-se o galpão de uma água, Figura 6, que é uma construção com caída de água apenas para um dos lados. Esse tipo de galpão é muito usado quando se tem limitação para o escoamento da água da chuva, ou quando é necessário que um lado fique mais alto que o outro para fins de utilização.

Figura 6 - Galpão de uma água



Fonte: AGS Estruturas (2019)

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

Esta pesquisa é um estudo de caso realizado em uma empresa de projetos, na qual um dos autores é um dos colaboradores, e teve como objetivo verificar duas tipologias de construção de galpão industrial e analisar os projetos como um todo, desde a concepção estrutural até a mão de obra para a execução, para que fosse possível identificar qual tipo de estrutura possui melhor viabilidade.

A pesquisa tem natureza exploratória, explicativa, descritiva com dados qualitativos e quantitativos. O estudo ocorreu no ano de 2019, em uma empresa do setor siderúrgico, da Região do Alto Paraopeba em Minas Gerais.

No desenvolvimento do trabalho, foi dimensionado e feita as análises diferenciando a forma geométrica na construção do telhado. Foram comparados os tipos de Galpões: perfil de alma cheia com perfil de chapa dobrada; sendo essas as duas tipologias mais utilizada em galpões industriais.

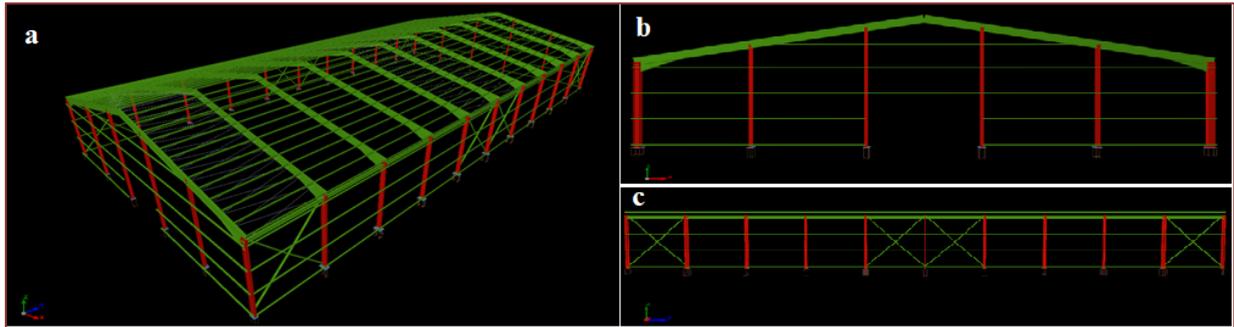
No desenvolvimento, foi utilizado o software Cype metálica 3D para o dimensionamento da estrutura, em que o operador alimenta o software com o desenho, com as características de cada barra, com as definições de cada item de acordo com as normas para cada tipo de perfil e com as cargas devidas. O software faz a verificação das barras e gera um relatório com os resultados, no qual o operador pode visualizar e definir quais modificações pode ser aplicado no projeto. Além disso, foi consultado um orçamento de uma empresa qualificada no ramo de construções metálicas para auxiliar na comparação de custos e tempo gasto na viabilidade da construção das duas tipologias.

Para o dimensionamento do galpão metálico estudado foram respeitadas as seguintes dimensões: largura 25 metros, comprimento 50 metros e altura livre de 5 metros, com fechamento na parte superior, nas laterais e frente com telha galvanizada.

4. ESTUDO DE CASO

A primeira situação analisada possui em sua concepção estrutural pilares e vigas de cobertura em perfil de alma cheia, e terças de perfil U enrijecida, como mostrado na Figura 7.

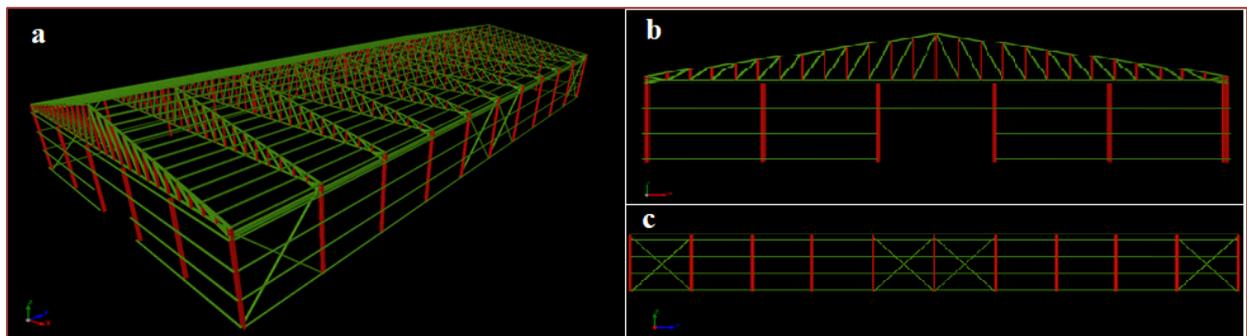
Figura 7 – Galpão de Perfil de Alma Cheia: a) Vista de perspectiva; b) Vista frontal; c) Vista lateral.



Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

A segunda condição estudada tem em sua concepção estrutural pilares com perfis de alma cheia e na cobertura treliça com perfil de chapa dobrada, e terças de perfil U enrijecido, como mostrado na Figura 8.

Figura 8 – Galpão de Perfil de Chapa Dobrada: a) Vista de perspectiva; b) Vista frontal; c) Vista lateral.



Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

4.1 ANÁLISE DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS NO SOFTWARE

Segundo Multiplus (2019), que é a empresa representante do software no Brasil, o Cype Metálicas 3D é utilizado para cálculo estrutural e dimensionamento de elementos estruturais metálicos, estruturas de alumínio e de madeira. Possui uma entrada de dados gráfico fácil, onde o usuário pode desenhar a estrutura com um prático comando de cotas.

Nesse programa, basta informar as dimensões do projeto ou importar um desenho feito em qualquer software CAD (arquivos dwg ou dxf) e as linhas do desenho são transformadas em barras, sem a necessidade de redesenhar toda a estrutura.

O programa contém uma ampla biblioteca de perfis com os principais fabricantes brasileiros cadastrados, além de permitir a edição e o cadastro de novos perfis dentro de séries existentes. Através do cálculo automático dos coeficientes de flambagem, o software determina automaticamente, em função dos nós da estrutura, os valores mais apropriados, inclusive para estruturas complexas, permitindo ao engenheiro adotar o coeficiente que achar mais adequado.

Após o cálculo da estrutura, o software Metálicas 3D gera um relatório com todas as barras que não satisfazem alguma verificação conforme a norma escolhida e indica qual perfil seria o correto para aquela situação.

Com o recurso de redimensionamento, o software altera automaticamente todas as barras que não estão "passando", dimensionando assim uma estrutura com o menor peso possível.

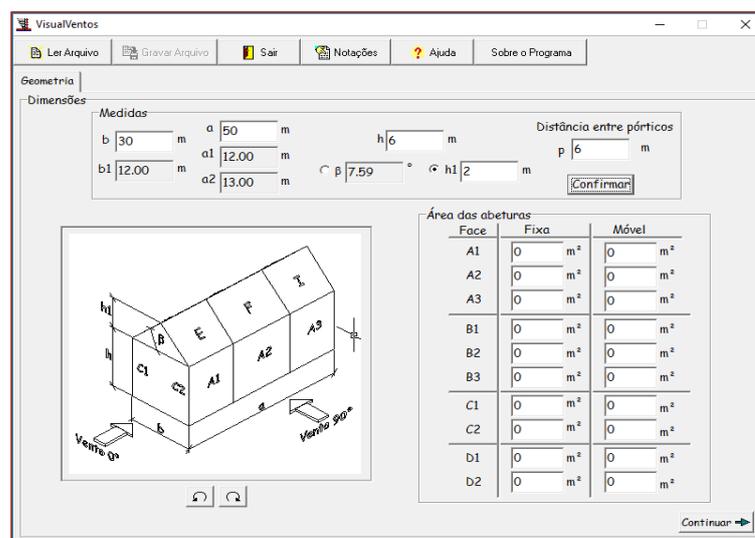
Dentre as normas trabalhadas pelo software, a norma ABNT NBR 14762:2010 para estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio; e a norma ABNT NBR 8800:2008 para projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas tem importância relevante.

4.2 SOFTWARE VISUAL VENTOS

Segundo Jacob (2019), o software visual ventos é um excelente programa para extrair esforços devido ao vento em edificações de 2 águas. Ele é intuitivo para quem conhece a norma NBR 6123 e sabe inserir os dados. Os relatórios são completos e apresentam figuras e diagramas que sustentam a memória de cálculo. Ele segue as diretrizes da norma e gera resultados como pórticos e carga distribuída.

O software visual ventos é de fácil manuseio e didático, a tela inicial dele pode ser vista na Figura 9.

Figura 9 - Tela inicial do software visual ventos



Fonte: Dados de Pesquisa (2019)

4.3 DISCUSSÕES E RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO

Após os processos de dimensionamento do galpão de perfil de alma cheia e de perfil de chapa dobrada no programa Cype Metálicas 3D, e de posse dos desenhos, foram obtidos os parâmetros de cada condição do estudo.

O galpão com perfil de alma cheia tornou-se um projeto com a utilização de menor quantidade de materiais devido à sua tipologia. Por meio de fornecimento do desenho e parâmetros do projeto, a Empresa Fabrimec Mecânica Industrial forneceu seu orçamento, em que os valores podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1 – Orçamento galpão de alma cheia.

| Orçamento Galpão 25 x 50 metros - Perfil de Alma cheia | |
|---|-----------------------|
| Descrição | Valor |
| Material | R\$ 210.798,32 |
| Consumíveis | R\$ 6.000,00 |
| Mão de obra | R\$ 89.775,00 |
| Total | R\$ 306.573,32 |
| Prazo de entrega | 60 dias |

Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

Assim, o software forneceu que, para a construção do galpão de perfil de alma cheia, tem-se um peso total igual a 38.806,62 quilogramas, e um valor total para fabricação e montagem de R\$ 306.573,32 (trezentos e seis mil reais, quinhentos e setenta e três reais e trinta e dois centavos).

Por sua vez, o galpão com perfil de chapa dobrada, por se tratar de treliça na parte superior, resulta em uma maior quantidade de peças em seu projeto, necessitando de uma maior quantidade de materiais. Por meio do fornecimento do desenho desse projeto, a Empresa Fabrimec Mecânica Industrial forneceu seu orçamento, e os valores são destacados na Tabela 2.

Tabela 2 – Orçamento galpão de chapa dobrada

| Orçamento Galpão 25 x 50 metros - Perfil de chapa dobrada | |
|--|-----------------------|
| Descrição | Valor |
| Material | R\$ 204.211,53 |
| Consumíveis | R\$ 8.000,00 |
| Mão de obra | R\$ 117.990,00 |
| Total | R\$ 330.201,53 |
| Prazo de entrega | 70 dias |

Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

Nessa segunda opção, o software forneceu que, para o galpão de perfil de chapa dobrada, tem-se um peso total de 31.238,02 quilogramas, e um custo total de fabricação em uma montagem de R\$ 330.201,53 (trezentos e trinta mil, duzentos e um reais e cinquenta e três centavos). As tipologias estruturais se diferenciam por sua parte superior e seu peso final, este impactando também na fabricação e montagem.

Dado os resultados dos dimensionamentos dos galpões de alma cheia e de chapa dobrada, tem-se que o galpão de chapa dobrada possui um peso final de estrutura metálica de 31.238,02 quilogramas e o galpão de perfil de alma cheia possui um peso de estrutura metálica de 38.806,62 quilogramas, portanto o galpão de perfil de chapa dobrada caracteriza-se em uma economia no peso de 7.568,60 quilogramas.

Comparando os orçamentos, tem-se que o galpão de perfil de alma cheia se torna mais viável financeiramente para as dimensões deste estudo, com uma diferença de R\$ 23.628,21 (vinte e três mil e seiscentos e vinte e oito reais e vinte e um centavos). Outra vantagem desta tipologia é o prazo para a execução, que é de 60 dias, diante de 70 dias de execução para o galpão de perfil de chapa dobrada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a verificação e tabulação dos dados dos resultados dos dimensionamentos dos galpões de alma cheia e de chapa dobrada, tem-se que o galpão de chapa dobrada tem um peso final de estrutura metálica de 31.238,02 quilogramas e o galpão de perfil de alma cheia possui um peso de estrutura metálica de 38.806,62 quilogramas. Portanto, o galpão de perfil de chapa dobrada caracteriza-se em uma economia no peso de 7.568,60 quilogramas.

Ao comparar os orçamentos, tem-se que o galpão de perfil de alma cheia se torna mais viável financeiramente para as dimensões, com uma diferença de R\$ 23.628,21 (vinte e três mil e seiscentos e vinte e oito reais e vinte e um centavos). Outra vantagem desta tipologia é o prazo para a execução, que é de 60 dias, diante de 70 dias de execução para o galpão de perfil de chapa dobrada.

Portanto, neste estudo de caso, observou-se que, para um galpão cuja tipologia propõe uma estrutura mais leve, o seu valor final proporciona uma despesa financeira maior, e quanto maior o valor, menos viável se torna o projeto, pois a economia financeira é um objetivo comum para qualquer investimento.

Conclui-se, portanto, que ao dimensionar um galpão metálico é fundamental o conhecimento da execução, sendo que a mão de obra pode influenciar muito mais que a economia ou que a mudança da tipologia estrutural tenha proporcionado. Visitar empresas e obras é relevante para adquirir conhecimento de campo, o qual pode ser essencial na hora de agregar clientes e promover um projeto mais econômico e viável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABNT NBR 14762:2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio – Rio de Janeiro – RJ – Brasil – 2010.
- [2] ABNT NBR 8800:2008 – Dimensionamento de elementos de perfis de aço laminados e soldados – Rio de Janeiro – RJ – Brasil – 2008.
- [3] AGS Estruturas. Disponível em: <http://www.agsestruturas.com.br/galpoes-metalicos/galpoes-metalicos/galpao-metalico-desmontavel/galpoes-com-coberturas-metalicas-na-agua-funda>. Acesso em: 27/10 às 22:15 horas, 2019.
- [4] BELLEI, H.B. Edifícios industriais em aço – Projetos e cálculo. Segunda edição, São Paulo: 1998.
- [5] D’ALAMBERT, F. Galpões em pórticos com perfis estruturais laminados. Quinta edição: Coletânea do uso do aço. Gerdau: 2012.
- [6] DREHMER, G.A. Galpões para usos gerais. Quarta edição. Rio de Janeiro: 2010.
- [7] ENGENHARIA CONCRETA. Disponível em: <https://engenhariaconcreta.com/galpao-de-estrutura-metalica-dicas-para-uma-boa-construcao/>. Acesso em: 27/10 às 22:10 horas, 2019.
- [8] GERDAU: Tabela de bitolas Gerdau. Disponível em: <https://www2.gerdau.com.br/produtos/perfil-estrutural-gerdau>. Acesso em: 06/07 às 19:00 horas, 2019.
- [9] GONÇALVES, E.M. Projeto galpão comercial. Trabalho de conclusão de curso. Fupac – Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais: 2017.
- [10] HABITISSIMO. Disponível em: https://fotos.habitissimo.com.br/foto/galpao-coberto-shed_593788. Acesso em: 27/10 às 22:13 horas, 2019.
- [11] METAL CONCEPT. Disponível em: <http://metalconcept.com.br/portfolio/cobertura-para-17-quadras-poliesportivas>. Acesso em: 27/10 às 22:05 horas, 2019.
- [12] MULTIPLUS. Disponível em: <https://multiplus.com/Software/metalias-3d/>. Acesso em: 20/10 às 20:00 horas, 2019.
- [13] PORTAL METÁLICA. Disponível em: <https://metalica.com.br/tabelas/tabelas-de-perfis-de-aco/>. Acesso em: 07/07 às 09:00 horas, 2019.
- [14] SILVA, L.S. Estruturas compostas por perfis formados a frio. Serie Manual da construção em aço. Rio de Janeiro: 2014.
- [15] TETRAFERRO. Disponível em: <http://tetraferro.com.br/portfolio/perfil-w-e-viga-w/>. Acesso em: 06/07 às 18:15 horas, 2019.

Capítulo 2

Manutenção em pontes rolantes equipadas com tenaz: Um estudo de caso para análise de propriedades mecânicas e da metalografia de um parafuso

Victor Vale Resende

José Dimas Arruda

Leandro Lopes Hermsdorff

Luciano José Vieira Franco

Jussara Fernandes Leite

Resumo: Uma das Pontes Rolantes do Lingotamento Contínuo de Placas de uma grande siderurgia do Vale do Paraopeba, equipada com tenaz eletromecânica, possui um ritmo de trabalho com grande exposição a altas temperaturas e resfriamento lento. Ela realiza o transporte de placas, ainda incandescentes, no leito do Lingotamento Contínuo de Placas. Por tal motivo, a Ponte Rolante sofre de forma recorrente um alto índice de afrouxamentos e fraturas prematuras nos parafusos de fixação das garras da Tenaz, necessitando a contínua operação de torqueamento e troca do parafuso e garra. À vista disso, foi elaborado um estudo sobre as ocorrências com os parafusos, objetivando evidenciar as causas dos afrouxamentos cíclicos e as fraturas prematuras, de forma a analisar suas estruturas por meio de análises metalográficas e ensaios de tração e dureza. Para isso, foram escolhidos dois parafusos, um novo e outro fraturado, que foram cedidos para realizar o estudo sobre as causas de tais ocorrências. Inicialmente, foram retiradas amostras dos parafusos para serem lixadas, polidas, atacadas quimicamente e por fim realizar metalografia para analisar a microestrutura do material. Após a análise, constatou-se grande aumento de ferrita, nucleação e crescimento de grãos na amostra do parafuso fraturado. Após a análise metalográfica, foram efetuados os ensaios de tração e de dureza. Para o ensaio de tração, chegou-se a resultados de Limite de Resistência a 1256,53 MPa e 922,42 MPa para o corpo de prova novo e o fraturado, respectivamente. Para o ensaio de dureza, obtiveram-se, para o corpo de prova novo os valores de 37,8 e 38,3 Rockwell C (HRC) para meio e borda, respectivamente; e para o corpo de prova fraturado, 26,3 e 13,5 HRC respectivamente meio e borda. Assim sendo, indicou-se que o material estava aumentando sua ductilidade e diminuindo sua dureza, por meio de um tratamento térmico não intencional, o Recozimento.

Palavra Chave: Ponte Rolante; Tenaz; Metalografia; Ensaio de tração; Ensaio de Dureza.

1. INTRODUÇÃO

Na usina siderúrgica considera integrada, a produção vai desde o tratamento do minério e carvão vegetal ou mineral, até o produto final. Para seu funcionamento íntegro, é necessário o trabalho conjunto da equipe de manutenção e da produção. Isso para a redução dos custos, uma vez que é de conhecimento geral que custo e disponibilidade de equipamentos estão relacionados. O desempenho no ambiente das usinas siderúrgicas integradas depende inteiramente que todos os processos produtivos tenham máquinas operando em sua melhor forma.

Na siderurgia, na área de aciaria, o equipamento principal de transporte de cargas são as Pontes Rolantes. Dentre tais pontes, é possível encontrar as de carregamento de cargas líquidas, que utilizam barras de carga e moitões, pontes que utilizam eletroímãs e tenazes para transporte de produtos como placas, blocos e tarugos.

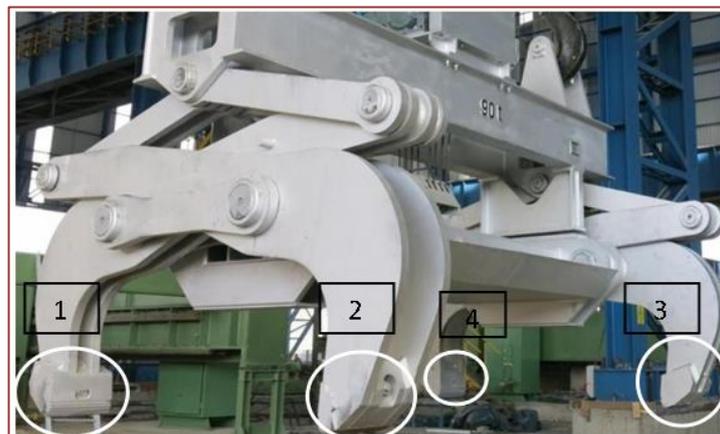
Portanto, paradas não programadas das pontes rolantes na área da aciaria demandam elevados custos e indisponibilidade do equipamento, que impacta diretamente nos resultados da empresa. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo realizar ensaios mecânicos de dureza e de tração, além da análise metalográfica, em parafusos de fixação das garras da tenaz eletromecânica do Lingotamento Contínuo de Placas de uma ponte rolante para compreender as causas das manutenções corretivas.

2. PONTE ROLANTE COM TENAZ

Pontes rolantes são equipamentos instalados em indústrias, designados para elevação e transporte de cargas. São construídas em uma ou duas vigas principais, apoiadas sobre vigas testeiras móveis. Sua capacidade varia, geralmente, entre 2 e 350 toneladas (DIAS, 1993).

Cherem (2007) complementa as ideias apresentadas por Dias (1993) ao informar que tenaz é um equipamento utilizado em pontes rolantes, cujo projeto e fabricação são realizados para que as mesmas elevem e movimentem as cargas. A Figura 1 ilustra uma tenaz eletromecânica, destacando suas quatro garras.

Figura 1 – Representação de uma Tenaz Eletromecânica destacando suas quatro garras.



Fonte: Cherem (2007).

A tenaz eletromecânica é operada por guincho elétrico de posicionamento fixo, com diversas capacidades de carregamento. Em uma siderurgia, esse equipamento faz o transporte dos produtos semiacabados da aciaria para a conformação mecânica.

No entanto, paradas não programadas do tenaz demandam elevados custos e uma indisponibilidade do equipamento que impacta diretamente no processo produtivo. A quebra de um ou mais componentes do equipamento, como os parafusos de fixação das garras, devem ser evitados, para isso deve controlar e analisar a qualidade e a aplicação dos mesmos.

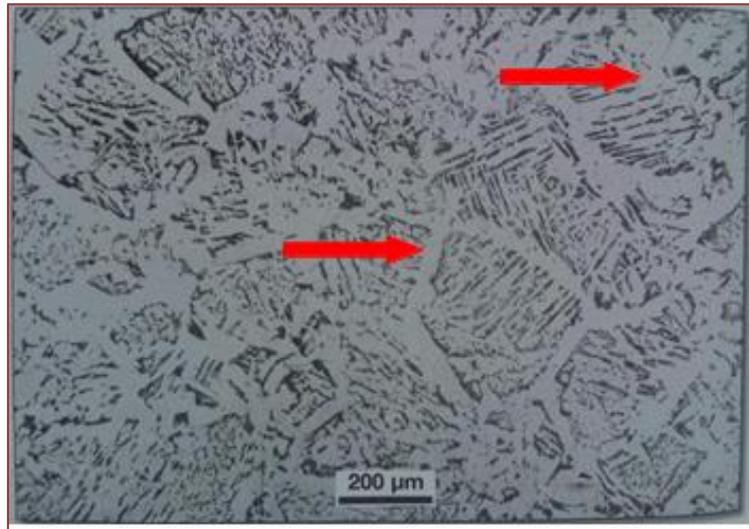
2.1 METALOGRAFIA E PROPRIEDADE DOS MATERIAIS

O estudo da metalografia é uma ferramenta para a caracterização dos materiais. Asseguram a associação entre propriedade, estrutura e defeitos; projeção de novas ligas com novas propriedades, determinação do tratamento térmico que o material foi submetido, análise de tamanho de grão e fases presente, dentre outras. De acordo com a resolução e aumento necessários para a análise, o estudo é feito com microscópio óptico ou eletrônico (CALLISTER, 2008 e ROHDE, 2010).

Van Vlack (2003) e Callister (2008) relatam que a microestrutura está diretamente relacionada ao tratamento térmico que o material foi submetido. O aço é a liga metálica mais trabalhada no mundo, com diversas variações de composição química para diferentes propriedades e aplicações. Normalmente, o resfriamento rápido, tratamento térmico de têmpera, proporciona a formação da microestrutura martensítica, com propriedade de alta dureza e baixa ductilidade. O resfriamento lento promove uma microestrutura dúctil e de baixa dureza, sendo este o tratamento térmico de recozimento. Outros tratamentos térmicos com resfriamentos intermediários proporcionam microestrutura e propriedades mecânicas intermediárias nos materiais.

A microestrutura representada pela Figura 2 mostra a presença de ferrita ao longo de contornos de grãos centrados com a microestrutura perlítica, característico de um material com alta ductilidade, resfriado lentamente como em um tratamento térmico de recozimento (COLPAERT, 2008).

Figura 2 - Micrografia de um aço de baixo carbono, destacando a ferrita em contornos de grãos indicada pelas setas em vermelho.

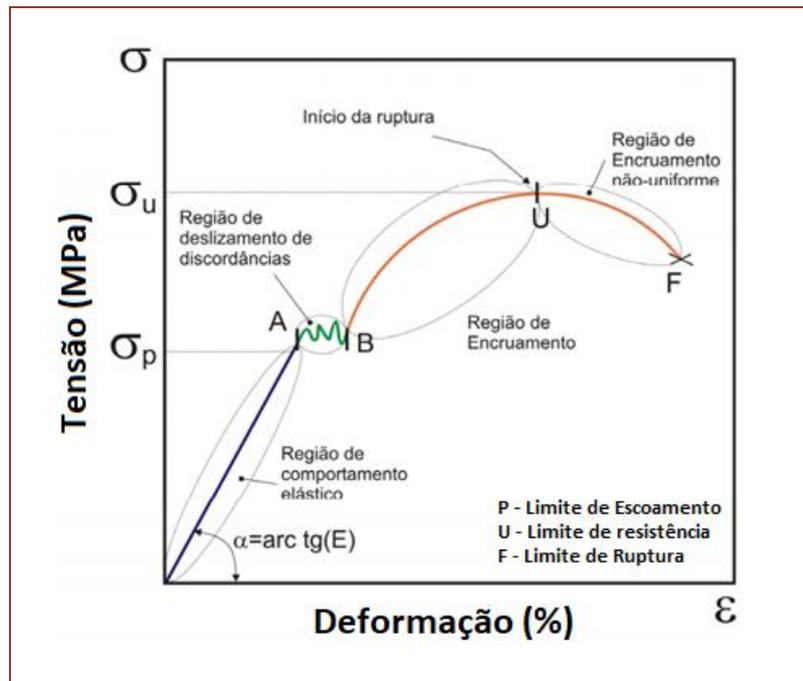


Fonte: Colpaert (2008)

Segundo Van Vlack (2003), Callister (2008) e Colpaert (2008), tenacidade de um material é a medida de energia que o mesmo absorverá antes e durante a evolução da fratura. Para que o material seja considerado tenaz, ele terá de absorver uma quantia considerável de energia no decorrer da deformação. O dano a ocorrer no material, dependerá diretamente em sua capacidade de absorver energia e deformar plasticamente. Desta forma, qualquer outro efeito que possam afetar a deformação plástica afetarão as características que o material possui sobre sua capacidade de fraturar. Para distinção de uma fratura, é analisada a capacidade que um material possui em sofrer deformação plástica. Materiais dúcteis resistem a uma grande absorção de energia antes de acontecer a fratura, exibindo uma deformação plástica substancial. Em fraturas frágeis, a absorção de energia antes da fratura é pequena ou não possui deformação plástica alguma.

Além da análise metalúrgica, Callister (2008) comenta que para obter as propriedades mecânicas é necessário entender o comportamento do material quando empregado. O ensaio de dureza Rockwell é a ferramenta mais utilizada para fazer medições de dureza em amostras, por se tratar de um método muito simples. Diferentes escalas de trabalho poderão ser utilizadas, com diferentes penetradores e também cargas distintas, permitindo o ensaio dos materiais mais duros aos mais macios. A dureza é atingida pela diferença da profundidade de penetração de uma aplicação de baixa carga, seguida por uma penetração de intensidade maior. O ensaio de tração determina propriedades como módulo de elasticidade, limite de escoamento e resistência, ductilidade, dentre outras.

Segundo Hibbeler (2010), a resistência de um material estará ligada de forma direta a capacidade que o mesmo possui em resistir a uma carga sem que ocorra rompimento ou alguma deformação excessiva. A Figura 3 mostra um gráfico tensão x deformação e a indicação das principais propriedades obtidas em sua análise.

Figura 3 – Gráfico tensão x deformação de um ensaio de tração.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho propõe apresentar um estudo de caso realizado em uma indústria siderúrgica, na Região do Alto Paraopeba em Minas, para identificar a causa das fraturas dos parafusos da tenaz de uma ponte rolante utilizada para transporte de placas na área de Lingotamento Contínuo. O estudo ocorreu no período de janeiro a dezembro de 2020.

A pesquisa possui natureza exploratória, experimental, explicativa e descritiva. No desenvolvimento, como dito anteriormente, buscou identificar a causa das trocas constantes dos parafusos de uma ponte rolante utilizada para transporte de placas na área de Lingotamento Contínuo. Isso, com a finalidade de diminuir tais paradas das pontes rolantes de tenaz, aumentar a sua disponibilidade, melhorar a produtividade do processo, diminuir perdas, reduzir o trabalho repetitivo de colaboradores, aumentar lucros, e conseqüentemente, a competitividade da empresa.

Os dados de manutenção foram coletados do sistema integrado de gestão empresarial, SAP, que apresentou o número de manutenção corretivas na ponte rolante no período de 1º de janeiro de 2018 a 20 de março de 2019. Esses dados têm natureza quantitativa e foram analisados por meio de estatística aplicada e análise descritiva.

Também foram coletados dados para análise metalográfica, ensaio de tração e de dureza. Para a análise e ensaios teve-se como amostra dois parafusos, um novo e outro fraturado. A escolha da amostra ocorreu pelo método de julgamento.

A análise metalográfica gerou dados de natureza qualitativa; e por meio dos ensaios de tração e de dureza foram obtidos dados quantitativos. Todos os dados foram tratados pelo método de análise descritiva.

4. ESTUDO DE CASO

A ponte rolante de tenaz realiza o transporte das placas incandescentes, e isto faz com que os parafusos de fixação das garras sofram aumento de temperatura, chegando a ser registrado 200°C, com posterior resfriamento lento, até atingir a temperatura ambiente. A oscilação de temperatura promove dilatação e contração dos parafusos e porcas, necessitando que os reparos deles tenham que ser realizados de forma contínua, aumentando a quantidade de manutenção corretiva. Porém, por se tratar de uma ocorrência cíclica, devido a afrouxamentos e torqueamentos seguidos nos parafusos, ocorria fratura prematura.

Por meio do programa SAP, um sistema integrado de gestão empresarial, que descrevem as ordens de serviço realizadas, o motivo das paradas para manutenção corretiva foi descrito, observando que no período analisado, 1º de janeiro de 2018 a 20 de março de 2019, praticamente 90% do tempo gasto é para torquar ou substituir parafusos no equipamento.

O parafuso analisado foi um Sextavado M30, que de acordo com o manual do fabricante é o material de liga 42CrMo4V, que segundo Luz (2018) e a norma ASTM A490, tem composição química contendo de 0,3 a 0,53%C, 0,45%Cr, entre 0,15% a 0,2% de Ni ou Mo, mínimo de 0,4%Mn, máximo de 0,4%S e 0,35%P.

Para realização da análise metalográfica em um parafuso novo e em um fraturado, a amostra foi cortada utilizando um disco abrasivo com refrigeração para evitar aquecimento e mudança na microestrutura. As amostras tiveram as superfícies de corte planificadas, para facilitar o processo de lixamento, passando pelas lixas de granulometria 400, 600, 1200 e 2000 micrometros. Após o lixamento, foi utilizado uma cuba ultrassônica para realizar a limpeza das peças, conforme descrito por (SPLABOR, 2019). Por dois ciclos, cada um de 8 minutos foi utilizado álcool isopropílico e um último ciclo, também de 8 minutos, utilizando acetona, finalizando com aplicação de água destilada para eliminar os resquícios de sujeira e acetona, e feito a secagem respeitando a posição da peça para evitar o aparecimento de manchas.

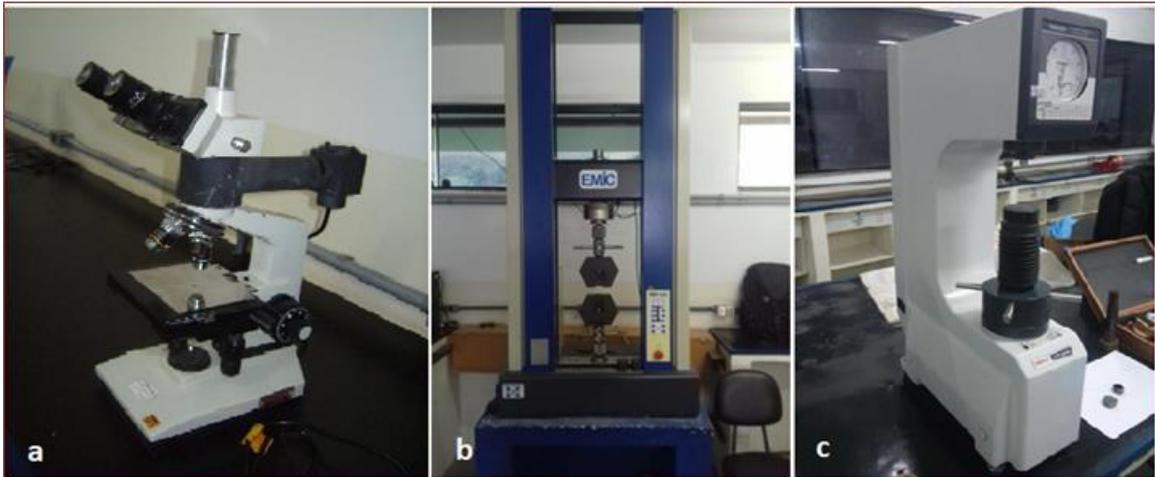
Em sequência, foi realizado o polimento, que de acordo com Rohde (2010), tem a função de realizar um acabamento superficial com o intuito de deixar a superfície isenta de marcas e também com alta refletividade. O polimento foi realizado em uma politriz com pasta de alumina 1µm.

Por fim, foi realizado o ataque químico para revelar a microestrutura do material a ser analisado. Para aços o reagente mais comum é o Nital 2% em álcool. O tempo de imersão no ataque foi baseado em Colpaert (2008), que indica de 5 a 15 segundos para aços e ferros fundidos comuns. O ataque químico possui como função fazer com que a superfície perca uma parte da alta refletividade da peça polida, deixando a amostra mais opaca. Desta forma, o material irá revelar detalhes importantes de sua microestrutura (CALLISTER, 2008). Após o ataque, as amostras foram lavadas com álcool e secadas, estando prontas para serem analisadas no microscópio óptico, que pode ser observado na Figura 4a.

Para complementar a análise do material, foi realizado o ensaio de tração, seguindo a norma ASTM E8, em uma máquina Emic DL10000 do Laboratório de Materiais da Unipac Lafaiete, mostrada na Figura 4b. A partir da análise do gráfico tensão x deformação obtém-se diversas propriedades mecânicas, como tenacidade, módulo de

elasticidade, limite de escoamento e limite de resistência. Além disso, o material foi submetido ao ensaio de dureza Rockwell, utilizando o durômetro, mostrado na Figura 4c, e o resultado pode ser correlacionado com o limite de resistência encontrado no ensaio de tração.

Figura 4 – a) Microscópio Óptico; b) Máquina Emic DL 10000 de tração; c) Durômetro.



Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

Após o preparo das amostras, sua microestrutura foi analisada em microscópio óptico. Na Figura 5a tem-se o parafuso novo, e na Figura 5b o material fraturado, ambas com aumento de 500x.

Figura 5 - Microestrutura dos corpos de prova com aumento de 500x:
a) Novo; b) Fraturado.

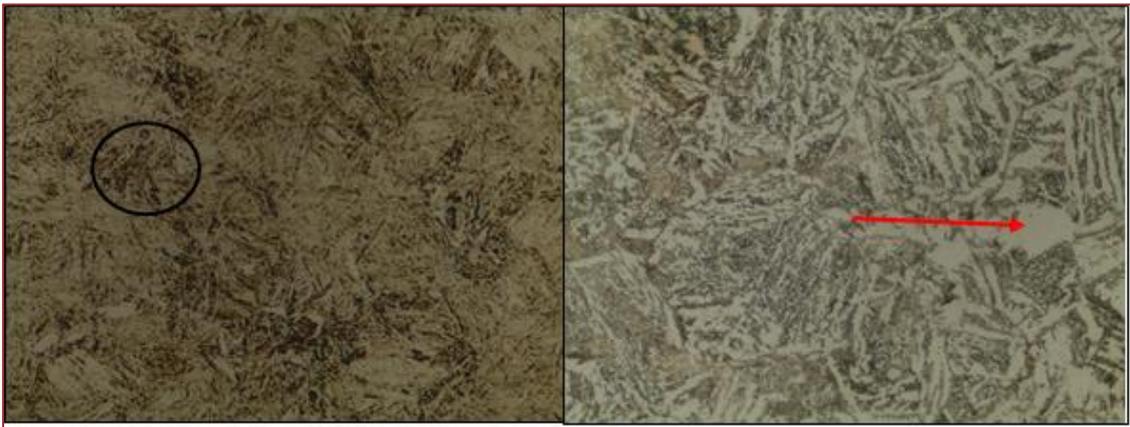


Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

Por meio da Figura 5, percebe-se na microestrutura do corpo de prova novo, que há grande incidência de perlita por toda a estrutura, exemplificada pelo círculo na cor preta. Porém para o corpo de prova fraturado é possível perceber a presença de perlita aglomerada em diversos pontos da microestrutura, exemplificado pelo círculo vermelho, mas com grande incidência de ferrita em meio à estrutura perlítica predominante do corpo de prova novo

A Figura 6a e 6b apresenta a microestrutura dos corpos de prova novo e fraturado, respectivamente, com aumento de 1000x.

Figura 6 - Microestrutura dos corpos de prova com aumento de 1000x:
a) Novo; b) Fraturado.

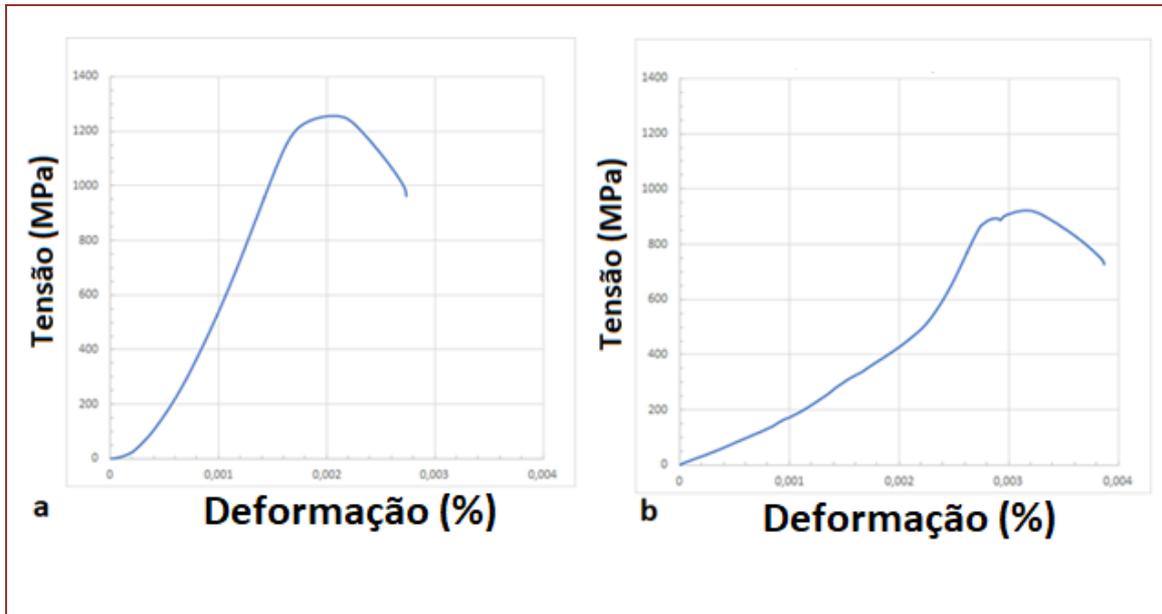


Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

Na Figura 6, observou-se o aparecimento de ferrita (coloração clara, indicada pela seta) em meio aos contornos de grãos por toda a estrutura do corpo de prova fraturado, esta sendo ainda mais evidente. De acordo com Colpaert (2008), pode-se observar que a microestrutura do parafuso fraturado tem características que indicam a presença de ferrita ao longo da estrutura perlítica. Tal fato evidencia que o material está passando por um tratamento térmico não intencional, onde existe alteração de sua microestrutura, tendo nucleação, crescimento de grãos e aumento na sua ductilidade.

Após a confecção dos corpos de prova com os parafusos, de acordo com a norma ASTM E8, os mesmos foram submetidos ao ensaio de tração. A Figura 7a apresenta a curva tensão x deformação para o corpo de prova feito a partir do parafuso novo, e a Figura 7b a mesma curva para o corpo de prova com o parafuso fraturado.

Figura 7 – Curva tensão x deformação para o parafuso analisado
a) Novo; b) Fraturado.



Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

É importante informar que o primeiro gráfico (parafuso novo) suportou uma carga de aproximadamente 35kN tendo um aumento de comprimento em deformação de aproximadamente 7mm. O corpo de prova com o parafuso fraturado suportou uma carga de aproximadamente 25,5kN e um aumento de comprimento de 10mm.

O comportamento inicial da curva pode ser explicado devido a um possível escorregamento da garra no início do ensaio. Além disso, pode-se observar um maior valor de limite de resistência para o parafuso novo, além de este apresentar uma menor ductilidade se comparado ao parafuso que já tinha sido aplicado em sua função. A diminuição do limite de resistência e aumento de ductilidade do material evidencia a mudança de sua microestrutura indicada anteriormente, pois a formação de ferrita em um material perlítico tende a maleabilizar a estrutura do material. Devido ao fato do material passar por aquecimento e resfriamento lento durante a sua aplicação, fica caracterizado que o mesmo passou por um tratamento térmico não intencional de recozimento subcrítico.

Para complementar as análises e caracterização do material, foi realizado o ensaio de dureza, no meio e borda dos corpos de prova que tiveram a estrutura metalográfica analisada. Foi feito três medidas de dureza Rockwell C (HRC), em cada região analisada de cada corpo de prova. Para o corpo de prova com o parafuso novo, foi obtida uma média de dureza nos valores de 37,8 e 38,3 (HRC) para meio e borda respectivamente, enquanto para o corpo de prova do parafuso fraturado foi obtido os valores de 26,3 e 13,5 HRC, para o meio e borda respectivamente. A variação dos valores de dureza para os dois corpos de prova é mais um indício que o material fraturado passou por uma mudança em sua microestrutura de forma que houvesse uma diminuição da dureza da borda para o centro, ou seja, evidenciando que o aquecimento dos parafusos devido ao aumento da temperatura do equipamento pode ser o motivo que ocasiona a diminuição da resistência mecânica e consequentemente fratura do material.

O aquecimento e resfriamento lento indica um possível recozimento subcrítico do material. Colpaert (2008) diz que recozimento é um tratamento térmico onde o material é exposto de forma constante a altas temperaturas e um resfriamento lento. O processo pode levar a formação da estrutura ferrítica, aumento de grão, diminuição da dureza e limite de resistência mecânica e aumento da ductilidade do material.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ao constante trabalho em transporte de placas, ainda incandescentes, no Lingotamento Contínuo de Placas da Aciaria de uma empresa siderúrgica na região do Alto Paraopeba, foi possível notar um alto índice de afrouxamentos e fraturas prematuras dos parafusos de fixação das garras da Tenaz de uma de suas pontes rolantes.

A análise feita com os dois parafusos, um novo e outro após ter sido utilizado no equipamento, evidenciaram alterações na microestrutura do parafuso em trabalho, sendo observado o crescimento de ferrita ao longo da estrutura perlítica original mostrada pelo parafuso novo, que pode ter sido formada pelo processo de aquecimento e resfriamento durante o processo de trabalho do equipamento, que se assemelha ao tratamento térmico de recozimento subcrítico. Esses resultados vão de acordo com que apresenta Colpaert (2008), que cita que o recozimento pode favorecer o aumento de grão, aparecimento de ferrita, diminuição da resistência mecânica e dureza, além do aumento da ductilidade do material.

Foram realizados também os ensaios de tração e de dureza. A partir do ensaio de tração foi observado, de acordo com as curvas tensão x deformação, uma diminuição do limite de resistência mecânica e aumento da ductilidade do parafuso aplicado no equipamento em relação ao novo. O ensaio de dureza mostrou uma diminuição desta quando o parafuso é aplicado no equipamento, com maior intensidade na borda do parafuso se comparado à região central do mesmo, evidenciando que o maior aquecimento acontece na região externa deste parafuso.

Os resultados dos ensaios mecânicos complementaram a análise metalográfica, evidenciando que o material tenha passado por um tratamento térmico não intencional de recozimento subcrítico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CALLISTER JR, W.D. Ciência e Engenharia dos Materiais: Uma introdução. 7ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- [2] CHEREM, C. Tenaz para placas swl 60t Classe 6. Operada por guinchos. Instruções de Operações e Manutenção. Manual de Operação e Manutenção. Heppenstall Technology AG. Bardella. Gerdau. Cumbica SP. 2007.
- [3] COLPAERT, H. Metalografia dos Produtos Siderúrgicos Comuns – 4 ed. São Paulo: Editora Blucher, 2008.
- [4] DIAS, M. A. P. Administração de Materiais. 4ª edição, São Paulo, atlas 1993. 399 páginas.
- [5] GARCIA, A.; SPIM, J. A.; SANTOS, C. A. Ensaio dos Materiais. Engenharia Mecânica. LTC, Campinas, São Paulo. 1999.
- [6] HIBBELER, R. C. Resistência dos Materiais. 7ª edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2010.
- [7] LUZ, G. ASTM A490 Propriedades mecânicas e composição química. Disponível em: <<https://www.materiais.gelsonluz.com/2018/11/astm-a490-propriedades-mecanicas-e.html>> Acesso em 03 out. 2019.
- [8] ROHDE, R. Metalografia Preparação de Amostras. Uma abordagem prática. Santo Ângelo: URI, 2010.
- [9] SPLABOR, Cuba ultrassônica - Limpeza eficiente em vários segmentos de mercado. Disponível em: <<http://www.splabor.com.br/blog/lavadora-ultra-sonica-2/cuba-ultrassonica-limpeza-eficiente-em-varios-segmentos-de-mercado/>>. Acesso em 18 nov. 2019.
- [10] VLACK, L. H. V. Princípios de Ciência e Tecnologia dos Materiais. 4. Ed. Rio de Janeiro. Editora Elsevier. 2003.

Capítulo 3

Análise da liderança: Um Estudo de Caso em Uma Oficina Mecânica

Ricardo Alexandre Simões Vieira

Luciano José Vieira Franco

Jussara Fernandes Leite

Maurício Vieira

Bruno Silva Alencar

Resumo: Com as constantes mudanças no mercado, o aumento da competitividade, o fenômeno da globalização e a busca contínua por resultados positivos, liderança e motivação são vistas como uma estratégia que as grandes organizações devem adotar para identificar seus talentos e extrair suas vantagens. Este estudo teve como objetivo identificar as características e o papel dos líderes em uma oficina mecânica. Para tanto, foi necessário apresentar na literatura as principais teorias e os diversos conceitos de liderança e motivação nas organizações, na perspectiva de autores especialistas no assunto, para entender como é a gestão de um líder no trabalho. Esta pesquisa constitui um estudo de caso com características bibliográficas, descritivas e exploratórias com método de análise de dados quantitativos e qualitativos. O Estudo foi realizado em uma oficina central de uma siderúrgica situada na região do Alto Paraopeba em Minas Gerais. Para a coleta dos dados foi aplicado um questionário a todos os 25 líderes setoriais da oficina central, com perguntas alusivas à liderança e motivação. Os resultados foram apresentados graficamente para melhor visualização. Em suma, verificou-se que existe uma clara associação entre a liderança e /a motivação das equipes, dado que estas, para serem eficazes, têm de conhecer exatamente qual o caminho a seguir e, individualmente, qual o lugar de cada elemento no interior da organização (expectativa vs. recompensa). No caso concreto da manutenção, o incentivo a boas práticas seguras e uma mensagem correta, que reflita as reais condições existentes, é fundamental para o líder realizar os “estímulos” necessários à motivação dos seus trabalhadores. Nessa pesquisa, foi possível perceber que a liderança se adapta a realidades diferentes e que indiferente do estilo, teoria ou traço de liderança utilizado, o que de fato influi no resultado de uma equipe é a motivação que o líder tem em seu liderado e vice-versa.

Palavras-chave: Liderança. Motivação. Organizações.

1. INTRODUÇÃO

No ambiente econômico altamente competitivo e em constante mudança, as empresas estão sempre em busca de estratégias para aumentar a produtividade. As organizações estão começando a perceber que não são apenas os altos salários que motivam os funcionários, mas o bom treinamento e a educação de todos envolvidos na empresa podem atingir, de forma mais eficaz, todo o potencial de cada funcionário e torná-los profissionais excepcionais, fazendo com que as empresas alcancem seus objetivos e transformando estes em objetivos individuais de cada um (ADAIR, 2017).

Segundo Hersey e Blanchard (2016), a organização que deseja sobreviver no mundo de hoje, precisa investir mais no seu capital intelectual, ou seja, precisa despertar nos seus funcionários a consciência de que eles devem buscar as informações para poderem se tornar mais competitivos. Cabe a organização oferecer subsídios para que os mesmos possam desenvolver seu potencial dentro da empresa. No entanto, nesse meio, entra o papel do líder para promover e atuar junto à equipe, para a empresa alcançar os resultados almejados.

Na visão de Maramaldo (2014), liderança é o cumprimento de metas por meio da gestão e dos funcionários. O entusiasmo dos colaboradores tornou-se o fator decisivo para a sobrevivência da organização e é um desafio que os gestores enfrentam todos os dias. A motivação dos funcionários deve ser considerada antes da melhoria da qualidade do trabalho e do relacionamento da equipe que fornece o suporte necessário.

No processo de motivação no local de trabalho, é importante determinar quais funcionários têm melhor desempenho em suas atividades. O diálogo com o líder de cada equipe é estratégico e visa evitar que profissionais que deveriam ser motivados sejam ignorados.

Ao implementar estratégias e verificar os resultados, os líderes podem reconhecer oportunidades de melhorar a motivação no ambiente de trabalho e ganhar mais segurança e habilidades na ação e na prática. Seja por meio de cartas e e-mails ou de reconhecimento por conquistas pessoais. É importante destacar que um membro da equipe motivado alcançará bons resultados se trabalhar com alegria (MARINHO E OLIVIERA, 2005).

Nesse contexto, esta pesquisa tem como objetivo identificar as características e o papel do líder em uma oficina mecânica.

2. LIDERANÇA

Maramaldo (2014) explica que liderança é a função, papel, tarefa ou responsabilidade de qualquer pessoa quando ela é responsável pelo desempenho da equipe. Os líderes são fundamentais para o melhor desempenho, crescimento e gestão das equipes dentro da organização. Portanto, liderança é a capacidade de comandar um grupo de pessoas para realizar tarefas voluntariamente, a fim de atingir os objetivos da organização e da equipe.

Deep e Sussman (2017) definem liderança como a capacidade de influenciar um grupo para atingir objetivos. As organizações precisam de liderança e gerenciamento fortes para alcançar sua melhor eficiência. No mundo em rápida mudança de hoje, precisa-se de líderes que desafiem sua posição, que criem visões para o futuro e que possam inspirar os membros da organização a realizar essas visões.

Se o líder estiver motivado de alguma forma, todos na equipe ficarão motivados. Júlio e Salibi Neto (2016) abordam que se a instituição possui um líder ativo e tem ideias positivas sobre o futuro e as pessoas que lidera, este acrescentará algo a todos com quem interagir, agregando algum valor a cada troca de informações. Até mesmo cada e-mail (o que é positivo) acrescenta algo à vida do destinatário.

Os líderes são essenciais no processo de motivação. Quando o líder estiver motivado, ele transmitirá credibilidade, força e coragem aos seus subordinados, para que todos da equipe cumpram a tarefa de forma mais satisfatória.

2.1 TEORIAS DA LIDERANÇA

Existem vários conceitos de liderança, com diferentes visões e pensamentos.

2.1.1 TEORIA DO TRAÇO DE PERSONALIDADE

De acordo com Robbins (2002), teoria do traço de personalidade apresenta que a liderança distingue líderes de não líderes com base em qualidades e características pessoais. O fato de um indivíduo ter certas características que o define como um líder, não significa necessariamente que ele liderará com sucesso uma equipe para atingir seus objetivos.

Portanto, esta teoria considera a liderança algo inerente ao indivíduo, ou seja, a liderança inerente a uma pessoa. É uma combinação de aspectos físicos e intelectuais, sem possibilidade de desenvolvimento pessoal (BADAROCCO, 2018).

2.1.2 TEORIA DO ESTILO DE LIDERANÇA

Essa teoria estuda a liderança com base nos estilos de comportamento dos líderes e seus subordinados (CHIAVENATO, 2015). Os líderes devem usar os três estilos de liderança: autocracia, democracia e liberdade de acordo com o povo. A situação e as tarefas a serem desempenhadas, como enviar e executar ordens, tomar decisões e designar e consultar os subordinados, são necessárias ao desempenho das tarefas a serem desempenhadas pelos colaboradores.

Segundo Bergamini (2017), a liderança e sua composição característica é o conjunto de comportamentos das chamadas habilidades de liderança que pode ser configurado. Os tipos descritos abaixo são os mais famosos:

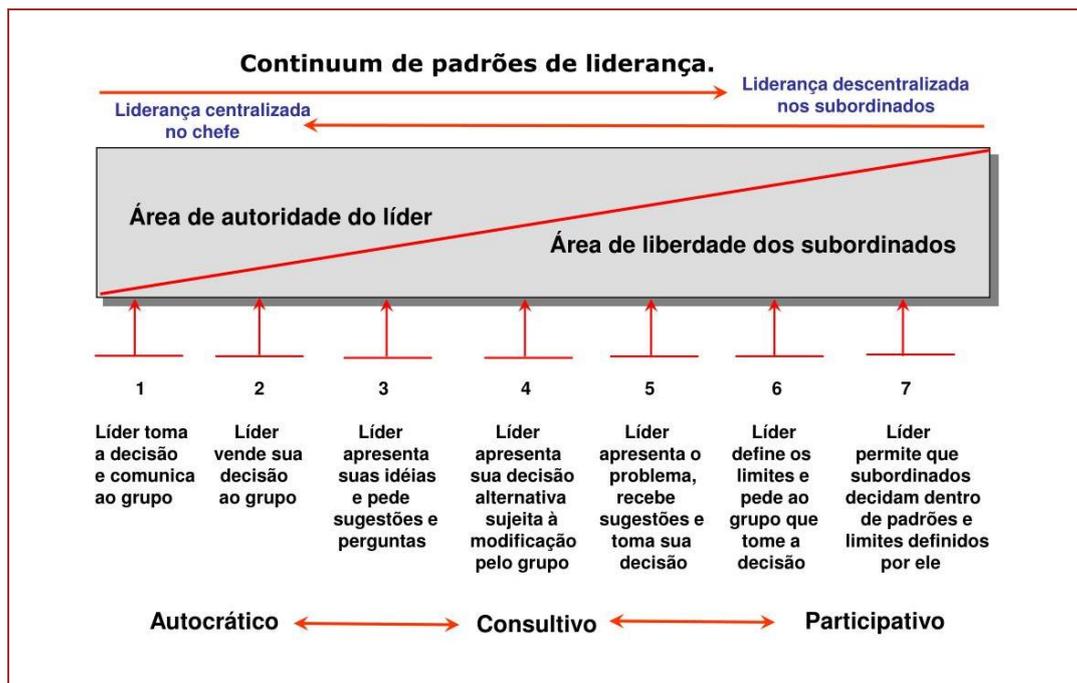
- a. Liderança autocrática: nesse estilo de liderança, o líder se concentra apenas na tarefa e nenhuma equipe participa efetivamente da tomada de decisões. Liderança autocrática envolve controle absoluto e tirania de um grupo, centralizando todas as tomadas de decisão;
- b. Liderança democrática: também conhecida como liderança participativa ou consultiva, é a pessoa que orienta a equipe no desempenho de tarefas para o líder e a faz participar do processo de tomada de decisão;
- c. Laissez-faire liderança ou laissez-faire: esse estilo de liderança se reflete na participação do líder na execução de tarefas e na tomada de decisões. A equipe toma suas próprias decisões sem supervisão do líder.

2.1.3 TEORIA SITUACIONAL

Robbins (2002) afirma que essa teoria reconhece a importância dos seguidores na lógica, e o líder pode compensar as limitações e motivações dos seguidores. O comportamento mais eficaz dos funcionários depende do comportamento do líder. A liderança situacional é aquela que é moldada de acordo com as necessidades, conflitos, crises e desvantagens. Nesse sentido, os líderes coordenam um processo, fazem os ajustes necessários ao ambiente apresentado, estimulam a flexibilidade, a maturidade e o senso de responsabilidade de sua equipe para o alcance dos objetivos a serem alcançados.

O “continuum” de comportamento de liderança proposto por Tannenbaum e Schmidt define a mudança de um líder no comportamento de sua equipe, que depende das condições da própria equipe. (MARINHO E OLIVEIRA, 2015). A Figura 1 ilustra o “continuum” de padrões de liderança.

Figura 1 - Continuum de comportamentos de liderança



Fonte: Marinho e Oliveira (2015)

Sobre o continuum de comportamento de liderança, Chiavenato (2013) esclarece que cada tipo de comportamento está relacionado ao grau de autoridade usado pelo líder e ao grau de liberdade disponível para os subordinados dentro do padrão de liderança. O comportamento de liderança na extrema esquerda indica um gerente que mantém alto grau de controle sobre seus subordinados, enquanto na extrema direita indica um gerente que permite que seus subordinados tenham plena liberdade de ação.

2.2 MOTIVAÇÃO

A motivação é definida como a intensidade, direção e persistência dos esforços de uma pessoa para atingir um determinado objetivo. Embora de um modo geral, a motivação está relacionada ao esforço para atingir qualquer objetivo (CERVO E BERVIAN, 2012).

Segundo Dubrin (2013), a palavra motivação vem do latim *motivus*, *movere*, que significa mover, que contém uma série de ações que estimulam os indivíduos a atingir metas por meio do comportamento humano. Em outras palavras, é um processo essencial na vida de qualquer pessoa.

Júlio e Salibi Neto (2016) esclarecem que a motivação é um dos assuntos mais discutidos no ambiente organizacional, pois as organizações estão começando a perceber que, para permanecer em um mercado tão competitivo, é necessário compreender as necessidades humanas para manter um bom relacionamento com os colaboradores. As pessoas têm necessidades diferentes e é mais importante entender o que é essencial a todos.

Segundo Adair (2017), existe dois grupos de "causas" que podem afetar o desempenho da equipe: motivos internos que partem da própria pessoa, como talentos, interesses, valores e habilidades; e motivações externas, que são causadas pela situação ou ambiente do indivíduo.

Depois de analisar vários autores, pode-se concluir que a motivação é muito importante para atingir qualquer objetivo. Hoje, as organizações buscam profissionais motivados, mas muitas vezes não sabem como desenvolver estratégias para mantê-los no ambiente organizacional.

A motivação é um impulso interno que leva a realizar certas ações. Os fatores de motivação estão essencialmente relacionados ao comportamento de todos. Nesse sentido, as pessoas são essencialmente movidas pelas necessidades humanas, uma vez que essa necessidade seja atendida, sua motivação se esgotará até que se sintam obrigados a repetir esse comportamento novamente (BADAROCCO, 2018).

Para Deep e Sussman (2017), a motivação é expressa pela teoria das necessidades. O autor também acredita que o comportamento humano é impulsionado por um determinado estado de necessidade, e as pessoas agem nas mais diferentes situações para atender às suas necessidades.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa constitui um estudo de caso com características bibliográficas, descritivas e exploratórias com método de análise de dados quantitativos e qualitativos.

A realização deste estudo deu-se a partir de uma revisão bibliográfica baseada no conhecimento de diversos autores, teve como abrangência a leitura, análise e interpretação de dados e textos de livros, artigos, monografias, pesquisas à internet, dentre outros, paramentadas sobre ótica de diversos autores renomados para a construção do referencial teórico. Vale ressaltar que no estudo bibliográfico, houve uma exploração das informações para compreensão e familiarização do tema.

Este estudo tem a finalidade de colocar o pesquisador em contato direto com o máximo possível do que a literatura determina sobre o tema, que possibilitou a abordagem dos aspectos essenciais referentes à liderança.

A coleta de dados da pesquisa foi realizada por meio de um questionário, aplicado a 25 (vinte e cinco) gestores de manutenção de uma oficina central. O questionário é composto por questões abertas (questões subjetivas) e questões fechadas (questões objetivas de assinalar) que se baseiam na influência da confiança no exercício da liderança na percepção de líderes. Foi realizado por meio de uma lista ordenada de perguntas que foram respondidas na forma escrita.

Esse instrumento de coleta de dados foi enviado por e-mail no dia 15 de agosto de 2019 aos gestores e foi respondido por todos e devolvidos até o dia 30 de agosto de 2019, data final de coleta de dados da pesquisa.

A análise dos dados do questionário foi realizada pelos métodos qualitativo e quantitativo, isto é, as perguntas fechadas foram quantificadas. Os dados das questões fechadas foram mensurados por meio do número de repostas correspondentes a cada questão, sendo assim, a definição dos resultados se deu por meio do método quantitativo.

As questões abertas foram realizadas por meio de análise de conteúdo, que é um método qualitativo de análise e uma analogia com as informações de diversos autores apresentadas no referencial teórico. Desta forma, esta pesquisa caracteriza-se como quali-quantitativa.

Nesse sentido, os resultados obtidos foram analisados, sendo apresentados em forma de gráficos e também análise discursiva para facilitar a visualização e o entendimento das informações.

4. O ESTUDO DE CASO

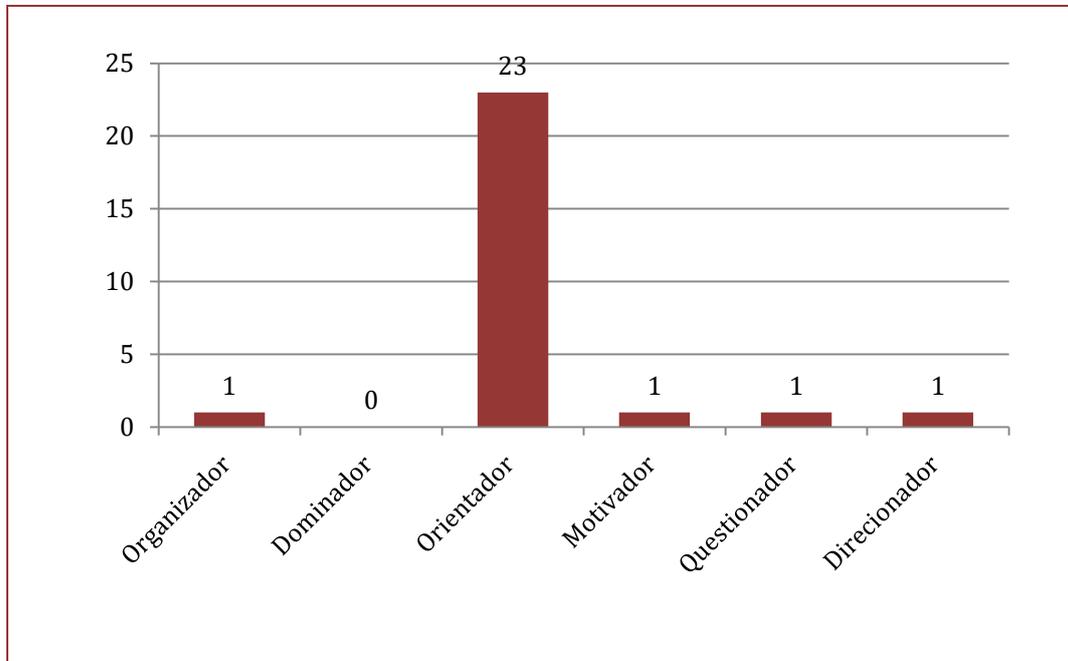
Como dito anteriormente, a fim de facilitar a análise dos dados, as questões foram elaboradas e estruturadas em perguntas objetivas e subjetivas, divididas em três categorias distintas. Desta forma, a apresentação dos resultados foi construída segundo as categorias: 1. Liderança; 2. Características do líder; 3. Desafios do Gestor.

4.1 CATEGORIA 1: LIDERANÇA

Esta primeira categoria diz respeito à liderança, foi estruturada em 2 (duas) perguntas e tem como objetivo demonstrar, na visão dos gestores de manutenção da oficina central, qual o papel do líder para sua equipe e quais características são essenciais para que ele alcance os resultados almejados.

A primeira pergunta desta categoria buscou identificar qual o papel do líder e os resultados são mostrados no Gráfico 1.

Gráfico 1 – O papel do líder



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Por meio do Gráfico 1 verifica-se que 85% dos entrevistados acreditam que o líder deva ser orientador; 4% acreditam que ele deva ser motivador; 3% acreditam que o líder deva ser organizador, e 4% direcionador.

De acordo com os entrevistados, o líder deve ser orientador, esta ideia está em consonância com o informado por Ferreira (2010), que aponta que ser líder significa indivíduo que chefia, comanda e/ou orienta, em qualquer tipo de ação, empresa ou linha de ideias, sendo o chefe ou condutor que representa um grupo, sendo aquele que chefia.

Optaram também, como papel do líder ser motivador. Esta visão está conforme discorrem Wright, Kroll e Parnell (2007, p. 305), que relatam que “o líder transformacional motiva os seguidores a fazer mais do que eles originalmente esperavam fazer, esticando suas habilidades e aumentando sua autoconfiança”. O líder consegue desenvolver no liderado a vontade de fazer e realizar ações de forma extrovertida e natural.

Em suma, os entrevistados acreditam que líder tem como papel ser motivador, mas principalmente orientador, pois, ele carrega consigo a responsabilidade de gerir e sinalizar os caminhos que os liderados devem seguir e faz isso buscando a satisfação do subordinado por meio da motivação.

Na pergunta 2, é questionado qual a sua opinião pessoal sobre a melhor definição de liderança.

De acordo com os 25 entrevistados, 58% acreditam que “liderança é um conjunto de fatores que se transformam em ações para o sucesso coletivo, transformando o talento que cada um possui em habilidade, conhecimentos e atitudes para o alcance de resultados que satisfaça o grupo” (LUCK, 2006 apud SILVA, 2012, p.18).

Ainda de acordo com a questão 2, 19% acreditam que “liderança é a habilidade de influenciar pessoas para trabalharem entusiasticamente, visando atingir objetivos comuns, inspirando confiança por meio da força do caráter” (HUNTER, 2004, p.11).

Tem-se ainda que 19% acreditam que “liderança é um processo de influência que se tem sobre as outras pessoas, incentivando-as a trabalhar por um objetivo comum” (MOTA, 1997, p.206).

Por fim, 4% acredita que liderança é, simplesmente, a capacidade de influenciar um grupo de pessoas (CHIAVENATO, 2013).

Em suma, os questionados em sua maioria concordam com as visões de Luck (2006) apud Silva (2012) e Hunter (2004), pois, acreditam que a liderança engloba uma série de atributos que influenciam as pessoas a dar o melhor de si.

4.2 CATEGORIA 2: CARACTERÍSTICAS DO LÍDER

Esta categoria visa descrever, na visão dos entrevistados, quais os atributos fundamentais de um líder.

Na pergunta 3, são questionados quanto a necessidade de um líder utilizar mais de um estilo de liderança.

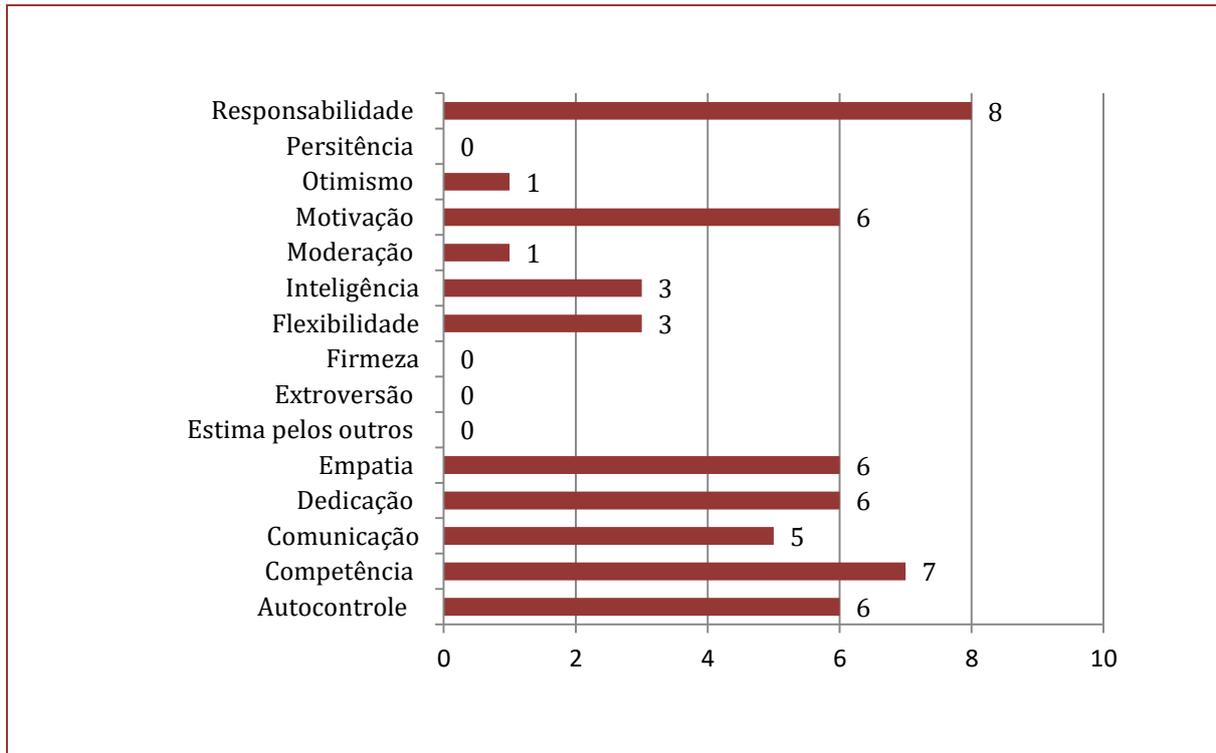
Os entrevistados marcaram que 88% acreditam ser necessária a utilização de mais de um estilo de liderança. Em contrapartida, 12% acreditam que apenas um estilo de liderança é o suficiente.

Os dados acordam com o exposto pelos autores nas teorias de liderança comportamental e situacional. Mais explicitamente com o demonstrado na teoria de intercâmbio entre líderes e membros e na abordagem situacional. As teorias comportamentais e situacionais expressam que o líder agirá conforme a situação e as características de cada liderado. Ou seja, um líder será mais autoritário com um liderado mais disperso, em que confie menos; e será mais liberal com um liderado mais responsável, em que confie mais.

Na pergunta 3.1, é questionado quais os motivos justificam o fato de os líderes tenderem a utilizar mais de um estilo de liderança.

Acordando com as respostas anteriores, 78% dos entrevistados responderam que os líderes acreditam que a maneira de liderar é situacional, 10% não justificaram a resposta, 12% discordam das respostas anteriores e acreditam na teoria de estilos de liderança ou não opinaram.

Na pergunta 4 são questionados sobre quais as características fundamentais para um líder. Eles foram orientados a marcar no máximo 2 opções entre 15 possíveis características. O Gráfico 2 mostra essas 15 opções e o percentual das respostas indicadas no questionário.

Gráfico 2 – As características fundamentais de um líder

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

De acordo com o Gráfico 2, na opinião dos entrevistados, as principais características de um líder são expressas na seguinte ordem: responsabilidade competência, motivação, empatia, autocontrole, dedicação, comunicabilidade, firmeza, otimismo, persistência, flexibilidade, estima pelos outros, inteligência, dedicação e moderação.

4.3 CATEGORIA 3: DESAFIOS DO GESTOR

A categoria 3 tem como finalidade retratar o paralelo entre a liderança e sua intervenção em uma equipe. Por meio de 2 perguntas objetivas e 1 pergunta subjetiva investigou-se se a interferência do líder na motivação dos seus liderados e indagou-se quais são os fatores que influenciam na liderança de uma equipe.

Na pergunta 5, foram solicitados a responder se os líderes influenciam na motivação de seus subordinados.

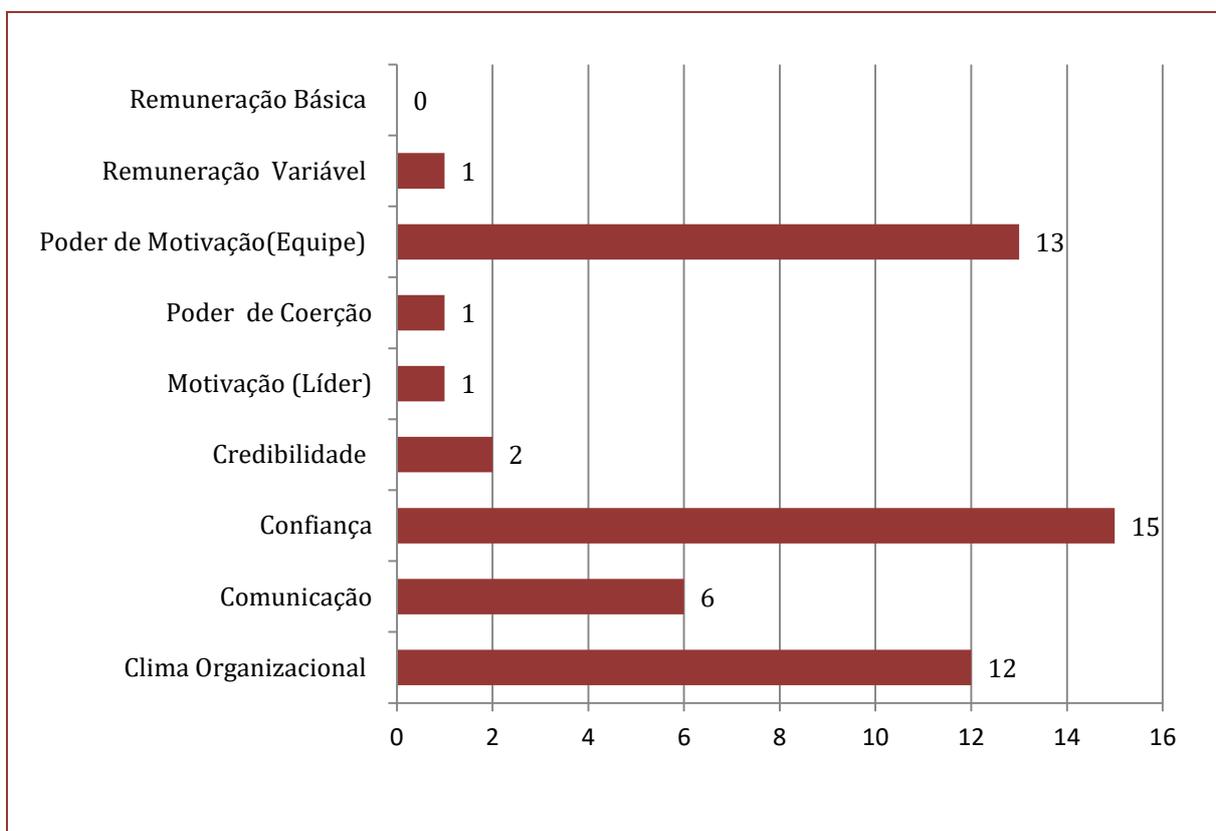
Os resultados apontam que 98% dos gestores acreditam que o líder influenciam na motivação de sua equipe, no entanto, 2% discordam e acreditam que a motivação dos subordinados não é influenciada. Isso corrobora com as ideias de Kwasnicka (2003), ressaltando que a alta significância das características desses grupos é visível. A liderança é a responsável por auxiliar no processo de sinergia em uma equipe.

Na pergunta 5.1, foram questionados sobre o motivo pelo qual os líderes influenciam ou não na motivação de sua equipe.

A maioria dos entrevistados (86%) justificaram os motivos pelos quais o líder influencia na motivação da equipe e de acordo com o transcrito entram em consonância com Robbins (2002, p.287): “A liderança vem acontecendo cada vez mais no contexto das equipes. À medida que as equipes crescem em popularidade, aumenta a importância do papel do líder que orienta seus membros”. Ou seja, ao ato de liderar, está implícita a satisfação das necessidades dos liderados e esta satisfação depende intrinsecamente do incentivo que alicerça a ambiência nas instituições.

A pergunta 6 buscou identificar quais os fatores que influenciam no exercício da liderança. O Gráfico 3 apresenta os resultados deste questionamento.

Gráfico 3 – Fatores que influenciam na liderança de uma equipe



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

No Gráfico 3 está explicitado que 29% dos líderes acreditam que a confiança influencia no exercício da liderança; 25% acreditam que o poder de motivação do outro influencia no exercício da liderança; 24% acreditam que o clima organizacional influencia no exercício da liderança; 12% acreditam que a comunicação influencia no exercício da liderança; 2% acreditam que a motivação do próprio líder influencia no exercício da liderança; 0% acreditam que a remuneração básica influencia no exercício da liderança; 2% que a remuneração variável influencia no exercício da liderança; e 2% que o poder de coerção influencia no exercício da liderança.

A liderança está condicionada a diversos fatores para que obtenha sucesso. O exposto no Gráfico 3 evidencia o que o clima organizacional e a motivação influenciam na liderança de maneira implícita e explícita.

Em suma, verifica-se que existe uma clara associação entre a liderança e /a motivação das equipes, dado que estas, para serem eficazes têm de conhecer exatamente qual o caminho a seguir e, individualmente, qual o lugar de cada elemento no interior da organização (expectativa vs. recompensa). No caso concreto da manutenção, o incentivo a boas práticas seguras e uma mensagem correta, que reflita as reais condições existentes, é fundamental para o líder realizar os “estímulos” necessários à motivação dos seus trabalhadores.

Uma boa visão vai mudar as crenças das pessoas sobre o que é possível ou não, fazendo com que elas saiam de suas zonas de conforto. Porém, para uma visão ser compartilhada, um líder também precisa de credibilidade.

Quando líderes possuem credibilidade aos olhos dos colaboradores, não é preciso trabalhar tão duro para influenciá-los. Eles ficam menos resistentes a mudanças, são convencidos mais facilmente e levantam menos objeções. Isso não significa que não vai haver certa resistência, uma vez que é parte essencial de qualquer mudança organizacional. No entanto, as pessoas vão perder menos tempo se perguntando se aquilo é “para valer” ou se vai funcionar.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio das informações coletadas com o questionário, pode-se afirmar que na visão dos pesquisados, o papel do líder é ser orientador e motivador, e, o entendimento dos gestores está em consonância com os autores referenciados. A liderança é a habilidade de influenciar pessoas para trabalharem visando atingir objetivos comuns, inspirando confiança.

O estudo identificou que as principais características de um líder são: autocontrole, competência, responsabilidade, empatia e comunicação. Na visão dos gestores pesquisados, o fato de um líder não possuir todas as habilidades, não significa, necessariamente, que o mesmo não obterá sucesso. Significa que terá de ser preparado para ocupar o cargo de gestão, podendo ser através de um PDI - Plano de Desenvolvimento Individual, que auxilia o desenvolvimento de possíveis características que não lhe são natas.

Foi possível observar que os gestores acreditam que é possível oferecer estímulos a equipe. Ressalta-se que os resultados estão contextualizados e que os gestores acreditam que a confiança, o clima organizacional e a comunicação são fatores que influenciam na gestão da equipe.

É fundamental que as empresas conheçam seus integrantes em seus diversos níveis hierárquicos e percebam o que é importante para seus indivíduos. E partindo desta premissa, consigam visualizar, inserir, atender e traduzir os anseios de suas equipes apoiadas pela liderança, que por meio da relação de confiança poderão analisar qual a melhor relação custo-benefício para ambas as partes nos diversos aspectos empresariais.

Compreender o comportamento dos integrantes de uma equipe é o que gera os laços de confiança; é um diferencial competitivo imprescindível para todo engenheiro que deseja se estabelecer através da gestão no mercado e sobreviver às adversidades do mundo globalizado.

Por fim, foi possível perceber que a liderança se adapta a realidades diferentes e que indiferente do estilo, teoria ou traço de liderança utilizado, o que de fato influi no resultado de uma equipe é o nível de confiança que o líder tem em seu liderado e vice-versa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ADAIR, John. Como se Tornar Um Líder. 1 ed. São Paulo: Nobel, 2017.
- [2] BADAROCCO JR, Joseph L. O Sucesso dos Líderes: um guia não ortodoxo para fazer a coisa certa. 1 ed. Rio de Janeiro: Campos, 2018.
- [3] BERGAMINI, C. W. Motivação nas organizações. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- [4] CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. Metodologia Científica. 5 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2012.
- [5] CHIAVENATO, Idalberto. Comportamento Organizacional: a dinâmica do sucesso das organizações. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- [6] CHIAVENATO, Idalberto. Administração de Recursos Humanos: fundamentos básicos. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2013.
- [7] DEEP, Sam; SUSSMAN, Lile. Torne-se um líder eficaz: 130 dicas para você resolver seus problemas de liderança. 1 ed. Rio de Janeiro: Campos, 2017.
- [8] DUBRIN, Andrew J. Fundamentos do comportamento organizacional. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2013.
- [9] FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. Dicionário: Aurélio da Língua Portuguesa. 5ªed. Curitiba: Positivo, 2010.
- [10] GONDIM, S. M. G. Motivação no trabalho. In: ZANELLI, J. C.; BORGES-ANDRADE, J. E.; BASTOS, A. V. B. (Orgs.). Psicologia, organizações e trabalho no Brasil. Porto Alegre: Artmed, 2014.
- [11] HERSEY, Paul; BLANCHARD, Kenneth H. Psicologia para administradores: a teoria e as técnicas da liderança situacional. São Paulo: EPU, 2016.
- [12] HUNTER, James C. Como se tornar um líder servidor: Os princípios de liderança de o monge e o executivo. 6ªed. Rio de Janeiro: Sextante, 2004.
- [13] JÚLIO, Carlos Alberto, SALIBI NETO, José. Liderança e Gestão de Pessoas: autores e conceitos imprescindíveis. 2 ed. São Paulo: Pimplifolha, 2016.
- [14] KWASNICKA, Eunice Lacava. Teoria geral da administração - Uma síntese. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- [15] MARAMALDO, Dirceu. Teoria da Competitividade Total. 1 ed. Campinas, SP: Alínea, 2014.
- [16] MARINHO, Robson M.; OLIVEIRA, Jair Figueiredo de. Liderança: uma questão de competência. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- [17] MOTA, Paulo Roberto. A ciência e a arte de ser dirigente. 8ª ed. Rio de Janeiro: Record, 1997.

- [18] ROBBINS, Stephen Paul. Comportamento Organizacional. 9 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- [19] SILVA, Renato Coelho da. O líder como gestor de pessoas nas organizações: Um estudo sobre a importância da liderança. 2012, 72 f. Graduação em Engenharia de Produção – Faculdade Presidente Antônio Carlos – FUPAC. Barão de Cocais, Minas Gerais, 2012.
- [20] WRIGHT, Peter. KROLL, Mark J. PARNELL, John. Administração Estratégica. São Paulo: Atlas, 2007.

Capítulo 4

As relações interpessoais entre contratada e contratante: Uma análise da gestão de processos como principal ativo na produtividade e alcance de resultados

Jackson Matheus dos Santos Silva

Jussara Fernandes Leite

Luciano José Vieira Franco

Maurício Vieira

Fernando Marinho

Resumo: Indústrias e siderurgias têm utilizado com grande frequência a terceirização de serviços de manutenção para reduzir custos e se garantir competitiva no mercado. A terceirização é formalizada através de contratos de serviços, nesse sentido esta pesquisa tem como objetivo analisar a gestão dos contratos que possuem o indicador Acordo de Nível de Serviço (SLA) e identificar oportunidades de melhorias no processo de prestação de serviços de uma siderurgia da região do Alto Paraopeba em Minas Gerais. E para sustentar este estudo foi apresentado um referencial teórico que aborda o indicador de SLA na Gestão de Contratos. Desta forma, esta pesquisa é um estudo de caso de natureza bibliográfica, exploratória, explicativa e documental, por meio da análise quantitativa e qualitativa de dados. A partir do resultado desta pesquisa, pode-se afirmar que a gestão de contratos deve ser uma combinação assertiva das gestões de processo, segurança, qualidade, custo, pessoas, solução de problemas e melhoria contínua. Nas observações e oportunidades de melhoria identificadas, foi abordado sobre a extensão de aplicabilidade do método de SLA para os demais contratos e o acompanhamento diário da performance do fornecedor por meio da tecnologia. Por fim, concluiu-se que gerir contratos que possuem no seu escopo a análise do indicador de SLA permite garantir, de forma mais assertiva, os recursos contratos, influenciando positivamente nos interesses da organização.

Palavras-chave: Acordo de Nível de Serviço. Performance. Produtividade. Resultado

1. INTRODUÇÃO

Com o propósito de fornecer produtos de qualidade aos seus clientes e se manter competitiva no mercado, as indústrias de manufatura evoluíram seus processos e buscaram novas alternativas para otimizar a produção. Nesse sentido, para alcançar melhores resultados, perceber que as organizações têm investido no desenvolvimento de estratégias com ênfase em inovação, tecnologia e terceirização.

E neste último conceito, a terceirização pode ser tratada como um “processo pelo qual a empresa, objetivando alcançar maior qualidade, produtividade e redução de custos, contrata um terceiro para realizar atividades que não constituem o seu objeto principal”. (FELÍCIO e HENRIQUE, 2004, apud LEITE, COUTINHO e NOVIKOFF, 2015, p.4)

Para que a utilização da terceirização seja assertiva, ela deve ser estruturada através de contrato, e por conseguinte se apropriar de processos de gestão. A gestão de contratos pode ser definida como o conjunto de técnicas, procedimentos, medidas e controles que visam à administração correta, eficiente e eficaz de todas as variáveis envolvidas na contratação, desde a proposta negocial, passando pela negociação do contrato, cautelas na formalização do contrato, até a execução, acompanhamento e entrega do bem ou serviço. (SEBRAE, INS Nº 11, 2018, p. 2)

Assim, é importante pontuar que durante a execução do contrato existem processos que precisam ser controlados. Logo, se faz necessária a utilização da gestão de processos, em que “se divide em três grupos de tarefas – planejar, organizar e controlar – e inclui mensurar ou medir e melhorar os processos, com o interesse principal de se usar metas e métricas para assegurar que estes funcionem como devem”. (PAIM et al., 2009, p.114).

Tendo em conta que os processos passam a ser mensurados e controlados, se torna essencial o envolvimento da liderança da contratada e contratante, que por sua vez, no uso das suas responsabilidades, conseguem estipular indicadores de performance e avaliar se a prestação do serviço está alcançando os resultados desejados pela organização que optou pela terceirização.

Com isso, é relevante mencionar que os indicadores de performance devem ser desenhados de acordo com o cenário das organizações, levando em conta os resultados corporativos, presença de mercado e papel na sociedade. Porém, é muito comum as indústrias optarem pela utilização do indicador SLA – Service Level Agreement (Acordo de Nível de Serviço) nos contratos de prestação de serviço.

Desta forma, este estudo traz como objetivo analisar a gestão dos contratos que possuem o indicador de SLA e identificar oportunidades de melhorias no processo de prestação de serviços.

2. INDICADOR DE SLA NA GESTÃO DE CONTRATOS

Dentro da gestão de contratos, os indicadores de performance estão diretamente ligados as atividades que os terceiros executam. E neste contexto, é notório a frequência de utilização do indicador de SLA pelas organizações, em que Neto (2014, p.102) o coloca da presente forma

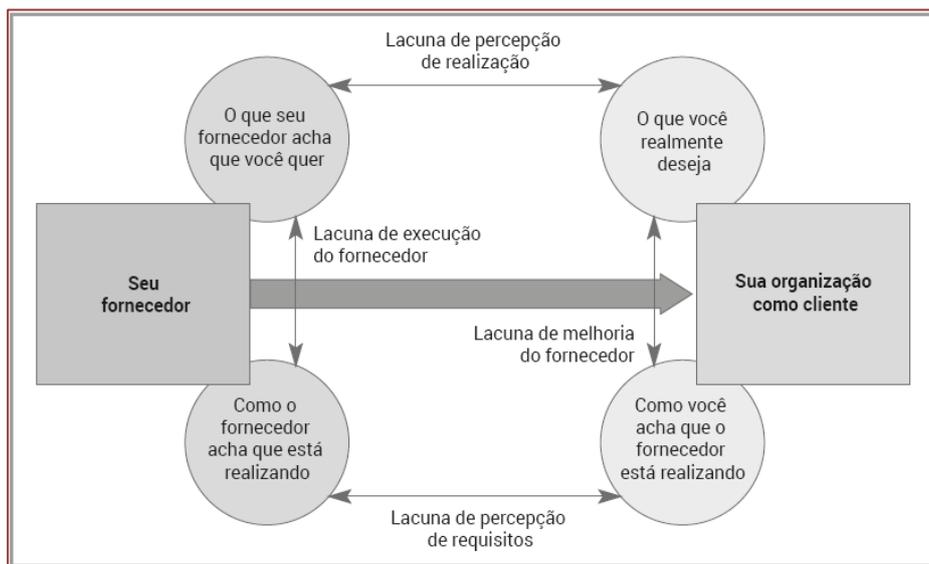
“refere-se ao estabelecimento de um conjunto de indicadores ou métricas que, de forma acordada (consensuada) entre cliente e fornecedor do serviço, deverá servir como referência para a gestão dos contratos de prestação ou fornecimento de serviços. Em outras palavras, um acordo do nível de serviço é um acordo formal de negociação entre duas partes, ou seja, um contrato que existe entre clientes e seus fornecedores de serviço ou entre fornecedores de serviço.”

Em complemento, Neto (2014, p.102) ainda aborda de maneira breve sobre as finalidades do SLA como

“principal objetivo registrar o entendimento comum sobre serviços, prioridades, responsabilidades, garantias e outros parâmetros relevantes no fornecimento de um dado serviço, com finalidade principal de acordar o nível do serviço esperado. Esse acordo pode especificar, por exemplo, os níveis da disponibilidade, da utilidade, do desempenho, da operação, outros atributos do serviço, ou também as penalidades, no caso da violação do acordo do nível de serviço preestabelecido entre as partes.”

Mas é importante ressaltar que o SLA não garante a efetividade na relação da organização com os terceiros. E, com base na Figura 1, Slack, Jones e Johnston (2018, p. 465) fazem uma abordagem sobre os desajustes em que tanto o fornecedor e o contratante podem ter na visão do que realmente deve ser necessário para um bom desenvolvimento. Afirmando por seguinte que, se os desajustes forem explorados da maneira correta podem acarretar exercícios esclarecedores para ambos.

Figura 1 – Desajustes de percepção em potencial para compreender as necessidades de desenvolvimento do fornecedor.



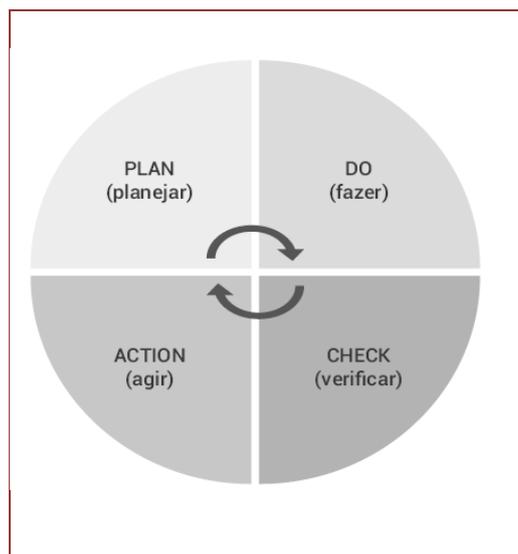
Fonte: Slack, Jones e Johnston (2018, p. 460)

Mesmo o SLA não sendo uma prática perfeita na execução quando fornecedores e clientes estiverem com a visão diferente, Assi (2018, p.111) coloca que o SLA deve ser instrumento para assegurar a qualidade com base na confiança e transparência. Em que as partes responsáveis, que são celebrantes do contrato, devem se familiarizar com os relacionados ao contratante e tomador do serviço, além dos assuntos oriundos deste meio, formalizando dessa maneira o processo de gerenciamento do fornecedor.

E como meio de gerenciar o fornecedor, é necessário acompanhar o seu desempenho ao longo da vida do contrato, de forma que “após todos terem sido esclarecidos quanto à visão e à direção organizacionais, tem início o planejamento do desempenho. Nesse período, os líderes devem estabelecer, com seus colaboradores diretos, as metas e os objetivos nos quais irão se concentrar.” (BLANCHARD, 2019, p.89)

Partindo desta natureza, é possível utilizar a ferramenta PDCA, criada por Deming, para gerenciar os contratos. Ballesterro-Alvarez (2019, p.80) contextualiza que “a sigla PDCA vem do inglês e quer dizer plan, do, check e action, o que significa que tudo deve ser planejado (plan), executado (do), verificado (check) e, quando for necessário, corrigido ou melhorado (action)”. A ferramenta PDCA é mostrada na Figura 2.

Figura 2 – Ferramenta da Qualidade - Ciclo PDCA.



Fonte: Ballesterro-Alvarez (2019, p.80)

Com base nos conceitos apresentados, foi criado um entendimento comum sobre o indicador de SLA. Desta forma, é possível entender com clareza o ambiente em que o estudo de caso foi realizado.

3. METODOLOGIA

Este estudo foi elaborado com base na revisão de literatura através de pesquisa bibliográfica realizada em livros e publicações de trabalhos científicos que abordam a gestão de serviços terceirizados nas organizações. Logo, este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa bibliográfica e de estudo de caso, com natureza

exploratória, explicativa e documental por meio da análise quantitativa e qualitativa de dados, buscando explorar os processos em questão e analisá-los.

O estudo de caso foi realizado em uma empresa situada na Região do Alto do Paraopeba em Minas Gerais, com forte atuação na siderurgia e fabricação de produtos especiais como aço, no período de janeiro a julho de 2020. Por questões de sigilo, a empresa é mencionada como Empresa Beta+. Para o desenvolvimento do estudo de caso, foram estipulados três métricas de coleta e análise de dados, sendo:

1ª) Informações coletadas por meio de observações dos processos de gestão dos contratos que possuem, em que foi gerado dados de natureza qualitativa. Nessa etapa, bucou-se entender a função de gestão dos contratos.

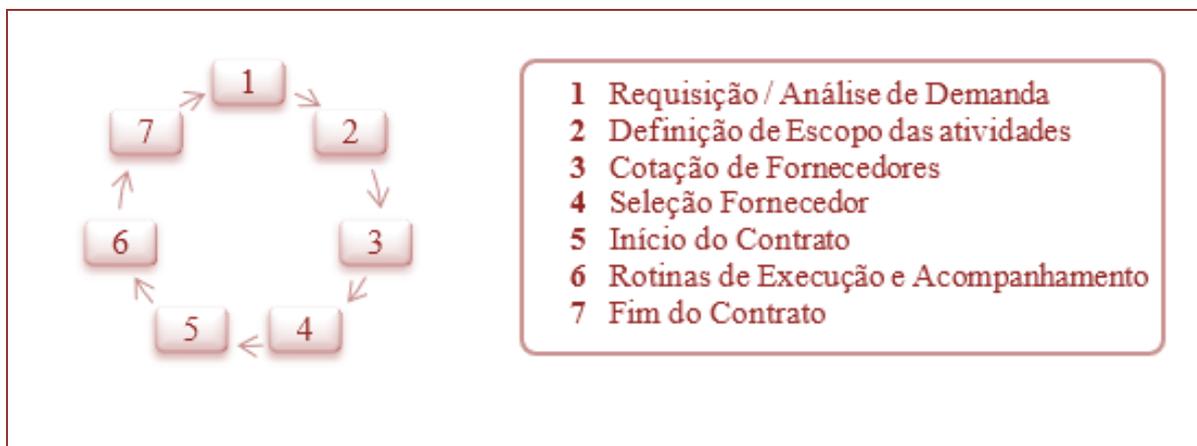
2ª) Levantamento das ferramentas utilizadas pela célula na gestão dos contratos, que são utilizadas para medir o desempenho realizado pelo fornecedor durante a execução dos serviços. As ferramentas possuem aspecto qualitativo, pois a sua essência está diretamente ligada na qualidade dos serviços prestados.

3ª) A partir das ferramentas, extrair os dados quantitativos em números gerados pela sua aplicação. Através destes foram criados documentos e relatórios com dados e informações para análise de desempenho do fornecedor. Logo, a natureza desta análise se adequa ao aspecto quantitativo.

4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS E RESULTADOS

A Beta+ utiliza dos serviços terceirizados como estratégia nos processos de manutenção industrial. E para realizar a Gestão dos contratos, ela possui na sua estrutura uma célula específica com esta finalidade. Com isto, este estudo foi desenvolvido dentro da célula em questão, tomando como base de análise todos os contratos fixos que possuem no seu escopo de atividades a aplicação do método de SLA. Desta forma, é preciso pontuar que, os contratos fixos possuem um ciclo de vida com 7 (sete) fases, conforme pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 – Macrofluxo do Ciclo de Vida de um Contrato Fixo.



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Conforme apresentado na Figura 3, é possível perceber que os contratos fixos passam por um processo de planejamento até a execução propriamente dita. Sendo assim, o planejamento é um dos requisitos essenciais para a realização da gestão dos contratos, que por sua vez, ciente desta importância, o método de gestão pelo ciclo PDCA pode ser ligado à gestão de contratos, que pode ser verificado no Quadro 1.

Quadro 1 – Gestão de Contratos – PDCA.

| <i>Plan / Planejar</i> |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Recebimento da Solicitação de Serviço das Áreas; ▪ Análise da Demanda e definição do tipo de contratação; ▪ Definição do escopo do Contrato. ▪ Cotação de Mercado; ▪ Análise de propostas e equalização técnica; |
| <i>Do / Fazer</i> |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Definição do Fornecedor e Formalização da Contratação; ▪ Mobilização do fornecedor e Instalação de Canteiro; ▪ Realização de Reunião de Pré Trabalho; ▪ Integração dos terceiros na cultura da Beta+ e nas regras específicas de áreas de risco ▪ Treinamentos de Segurança do Trabalho, padrões de tarefas e rotinas operacionais; ▪ Início das atividades e acompanhamento de sua execução. |
| <i>Check / Verificar</i> |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Durante o acompanhamento, ocorre a realização de inspeções de segurança, auditorias de padrões e fiscalização, sendo averiguado nas frentes de serviço se os colaboradores e a liderança dos terceiros têm executado o escopo do contrato. Logo, sendo constatado que existiu algum desvio ou descumprimento de regras, de padrões e de comportamento, é preciso analisar se cabe aplicação penalidade financeira ou sistêmica. ▪ Conforme estipulado no contrato, existe o período de medição. Processo este que o responsável da Beta+ verifica, consolida e analisa a performance do fornecedor, nos seguintes aspectos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Através dos dados materializados em documentos, é possível quantificar o serviço como um todo e fornecer o Boletim de Medição para pagamento do fornecedor pela prestação do serviço; 2. Analisar as métricas do SLA e se faz necessário aplicar alguma penalidade em função de descumprimento; 3. Quantificar o desempenho do fornecedor através da prática de avaliação do fornecedor; |
| <i>Act / Agir</i> |
| <p>Com base nos resultados obtidos e analisados, é que se conclui sobre como está a performance do fornecedor e quais as ações devem ser implementadas para corrigir ou melhorar os desvios encontrados. Assim, destaca-se:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ O Tratamento de falhas para as ocorrências de segurança, descumprimentos de regras, padrões e comportamentais. ▪ Implementação de melhorias que possam suprir os déficits encontrados na fiscalização das frentes de serviço; ▪ Estruturação de ações e desenvolvimento para que o fornecedor consiga, dentro da linha do contrato, cumprir com a métrica do SLA; ▪ Reuniões junto ao fornecedor, em que é colocado em pauta o seu desempenho. ▪ Revisão dos padrões, onde é verificado se as atividades padronizadas contemplam a real necessidade do processo ou se estão obsoletas. |

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Ao analisar o PDCA apresentado no Quadro 1, é importante pontuar que na fase do planejamento a etapa mais crucial é a definição do escopo. Afinal, é por meio dele que são deliberadas todas as orientações para a execução do serviço. E trazendo a atenção ao SLA, ele é um indicador que através de métricas estipuladas, possibilita a análise do desempenho de serviço, sendo possível averiguar em períodos determinados se o fornecedor está atendendo ao escopo de serviços que foi contratado. E em função da sua criticidade, precisa estar previamente estruturado na contratação.

Esta atenção ao indicador de SLA se deve ao fato dele definir os critérios de performance do serviço, uma vez que são criados de acordo com a necessidade dos processos de produção da Beta+. E quando se trata de resultados, é levado em consideração os índices de qualidade e retorno financeiro. Por isto, é essencial à utilização do SLA na gestão dos contratos fixos, pois possibilita de forma eficaz um nível mínimo de performance a ser cumprido.

4.1 ANÁLISE DOS DADOS DE SLA NA GESTÃO DOS CONTRATOS FIXOS DA BETA+

A célula de contratos da Beta+ possui uma carteira diversificada de contratos de prestação de serviço, porém, foi tomado de base os 12 contratos fixos que possuem no seu escopo de contratação o indicador de SLA. Em que, a partir do Quadro 2, pode ser observado o escopo resumido dos fornecedores e a periodicidade de verificação deste indicador. Por questões de sigilo e confidencialidade, os nomes dos fornecedores foram preservados.

Quadro 2 – Análise de SLA por Fornecedor

| Nome | Escopo Resumido | Periodicidade |
|---------------|---|---------------|
| Fornecedor 1 | Locação de Rádios | Mensal |
| Fornecedor 2 | Manutenção Civil | Mensal |
| Fornecedor 3 | Movimentação Logística de Equipamentos Moveis | Mensal |
| Fornecedor 4 | Manutenção eletromecânica | Mensal |
| Fornecedor 5 | Serviço de Topografia | Mensal |
| Fornecedor 6 | Serviço de Montagem e Desmontagem de AndAIMES | Mensal |
| Fornecedor 7 | Execução de Ensaios Não Destrutivos | Mensal |
| Fornecedor 8 | Locação de Carretas / Guindastes | Mensal |
| Fornecedor 9 | Serviços de alpinismo industrial | Mensal |
| Fornecedor 10 | Locação de Plataforma Elevatória | Mensal |
| Fornecedor 11 | Locação de Empilhadeiras | Mensal |
| Fornecedor 12 | Manutenção Ferrovia | Mensal |

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Cada um dos fornecedores mencionados no Quadro 2 atendem a uma especificação de serviço, logo, os SLA's são definidos de acordo com o ambiente em que eles executam os serviços, levando em conta o impacto que pode ser gerado nos processos de produção. Afinal, o propósito dos SLA's serem desenhados desta maneira vem com a intenção de alcançar o melhor desempenho do fornecedor na execução dos serviços, de forma a impactar positivamente nos resultados da organização.

Outro ponto importante a ser mencionado, é que os fornecedores mencionados no Quadro 2 são arranjados de acordo com a natureza dos seus serviços. Isto é feito pela

célula como forma de organizar os processos de gestão e gerenciamento dos fornecedores que possuem similaridades nos serviços que estão sendo executados. Em função disto, pode ser observado no Quadro 3, como estes fornecedores são divididos.

Uma vez que os processos de gestão são organizados pela natureza do contrato, é possível definir estratégias de atendimento uniforme e meio de controle padronizados. Logo, o indicador de SLA também pode ser padronizado como caminho de definição para os níveis de qualidade. Então, entendidos desta necessidade, podem ser delineados aos fornecedores SLA's que são proporcionais a natureza de contrato.

Quadro 3 – Relação de Fornecedores por Natureza de Contrato

| Natureza do Contrato | Nome | Escopo Resumido |
|----------------------|---------------|---|
| Transporte Pesado | Fornecedor 3 | Movimentação Logística de Equipamentos Moveis |
| | Fornecedor 8 | Locação de Carretas / Guindastes |
| | Fornecedor 10 | Locação de Plataforma Elevatória |
| | Fornecedor 11 | Locação de Empilhadeiras |
| Eletromecânica | Fornecedor 4 | Manutenção eletromecânica |
| | Fornecedor 5 | Serviço de Topografia |
| | Fornecedor 7 | Execução de Ensaios Não Destrutivos |
| | Fornecedor 9 | Serviços de alpinismo industrial |
| | Fornecedor 12 | Manutenção Ferrovia |
| Infraestrutura | Fornecedor 1 | Locação de Rádios |
| | Fornecedor 2 | Manutenção Civil |
| | Fornecedor 6 | Serviço de Montagem e Desmontagem de Andaimos |

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Diante desta possibilidade, foi definido pela célula da Beta+, os SLA's que são pertinentes para alcançar bons resultados nos serviços de eletromecânica, transporte pesado e infraestrutura. Assim, o Quadro 4 apresenta exemplos de SLA que são utilizados, bem como a regra de cálculo que norteia a análise da performance realizada, pelos terceiros na execução do serviço.

Quadro 4 – Natureza do Serviço, SLA e Regra de Cálculo.

| Natureza Do Serviço | Tipo de SLA | Regra de Cálculo |
|---------------------|--|---|
| Transporte Pesado | % Disponibilidade de Equipamentos | Somatório das Horas indisponíveis do equipamento / Total de Horas Disponíveis para Trabalho no Mês = % de Disponibilidade |
| Eletromecânica | Disponibilidade de Equipe nas Frentes de Serviço | Apuração realizada através do RDO, em que para cada colaborador ausente ocorre penalidade financeira, conforme escopo de contratação. |
| Infraestrutura | % de Horas Ociosas – Mão de Obra | Somatório de Horas Ociosas / Total de horas Disponíveis para Trabalho no Mês = % Horas Ociosas |

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

A divisão mencionada no Quadro 3, e os SLA's apresentados no Quadro 4, foram adotados como forma de proporcionar solidez e uniformidade na gestão destes contratos. Porém, não existe uma regra específica de obrigatoriedade em que novos fornecedores ou os demais contratos devam adotar o mesmo SLA, pois cada contrato possui uma finalidade única de atendimento.

Além dos SLA's mencionados, a Beta+ utiliza outros SLA's que compõem a gestão deste indicador nos contratos que se encaixam em qualquer modalidade de serviço, sendo eles:

- Aderência as práticas de segurança e ocorrência de desvios;
- Gestão Documental;
- Percentual de atraso na entrega dos relatórios de serviço/medição;
- Percentual de retrabalho nas frentes de serviço.

É importante pontuar que, quando adotado o indicador de SLA na gestão de contratos, a meta a ser cumprida é uma informação indispensável e que deve estar presente no escopo de contratação. Desta maneira, fica formalizado entre a contratada e contratante as expectativas de resultado e como o seu desempenho será acompanhado durante a execução dos serviços.

Uma vez iniciada a execução dos serviços pelos terceiros, cabe aos administradores de contrato da Beta+ realizar a apuração dos SLA's conforme os períodos de medição estipulados em escopo. Logo, é necessário consolidar as informações do período de execução do serviço para analisar se o desempenho obtido atendeu às metas estipuladas. Para isso, a célula de contratos possui sistemas que dão suporte na consolidação de informações sem a necessidade de controle manual, onde se destaca:

- O sistema de rastreamento e telemetria para os equipamentos de movimentação logística que compõem os contratos de transporte pesado;
- Relatório Diário de Obra Eletrônico (RDO-E) para apontamentos de mão de obra operacional dos contratos de infraestrutura e eletromecânica.

Com base nas informações consolidadas das medições dos contratos, o administrador do contrato toma conhecimento do desempenho final realizado e compara com o estipulado em SLA. Para fins de contexto, a análise deste indicador pode ser verificada no seguinte exemplo:

Para o Fornecedor 3, que possui um SLA em que estipula no mínimo 93% de disponibilidade dos equipamentos contratados, um equipamento em regime administrativo, que trabalha 8 horas por dia de segunda a sexta, tem que disponibilizar 176 horas/mês, conforme cálculo apresentado a seguir:

22 dias mensais X 8 Horas de Trabalho = 176 Horas Disponíveis

Com isso, se o equipamento apresentar um total de 10 horas indisponíveis, seja com manutenção, reparos ou absenteísmo, a análise de performance fica da seguinte forma

10 Horas Indisponíveis / 176 Horas Disponíveis = 5,68 % de indisponibilidade

Logo, o equipamento apresentou uma disponibilidade de aproximadamente 94,32 % no mês, ficando acima do mínimo estipulado no SLA. Caso o mesmo equipamento apresentasse um total de indisponibilidade maior que 12 horas e 13 minutos ele ficaria com uma disponibilidade inferior a 93%, e neste caso ocorreria a penalidade.

Assim, a partir do exemplo acima, é preciso apontar que para realizar as apurações de SLA é necessário verificar as variáveis que estão envolvidas no indicador, por exemplo, tempo ou mão de obra. Com isso, tomar de base o índice de desvios ocorridos e o total de recurso disponível contratado. Com esses dois dados, é possível aplicar os cálculos necessários para analisar se o desempenho está dentro ou fora da métrica estipulada no SLA do contrato. A partir desta análise, é decidido e quantificado qual será a penalidade, seja ela financeira ou sistêmica. Por isso, a necessidade de o SLA estar no ato da contratação.

Com base no conteúdo já apresentado, toma-se de base a Ferramenta do Book de SLA's, que foi desenvolvida pela célula de Serviços Contratados, para acompanhamento e análise destes dados. O Book consiste em uma ferramenta desenvolvida no programa Microsoft Office Excel, com a finalidade de centralizar e consolidar todas as informações necessárias para proporcionar uma gestão mais assertiva, em que é possível observar a sua aparência na Figura 4.

Figura 4 – Visual do Book de SLA.



Fonte: Dados da Pesquisa (2020).

Conforme pode ser observado na Figura 4, a página inicial do Book, no lado esquerdo, apresenta um menu de navegação que permite acesso a seis funcionalidades, sendo:

- O painel de Consulta, que apresenta os dados do contrato e os SLA's vigentes no escopo;
- Catálogo de SLA's, é o ambiente criado para cadastrar e atualizar os SLA's dos contratos;
- Painel de Aplicação de SLA, ambiente em que é inserido os dados de aplicação de SLA ao longo do tempo, permitindo gerenciar o índice de recorrência no contrato;
- Acompanhamento de Nota, espaço onde são colocadas as informações do desempenho propriamente dito, bem como as penalidades aplicadas.
- Gráficos, que consiste em um dashboard visual com gráficos para acompanhamento de dados e resultados;
- Modelos, que consiste em um painel de consulta de modelos de SLA's criados que podem ser utilizados para novas contratações.

Ao apurar a base de dados do Painel de Aplicação dos SLA's do período de janeiro a setembro de 2020, podem-se observar os fornecedores que atingiram a meta de SLA e os que não, sendo verificadas na Tabela 1.

Diante dos dados da Tabela 1, é possível identificar os fornecedores que não atenderam ao indicador de SLA. Uma vez que o indicador não é cumprido, existe a ocorrência de aplicação de penalidades, que podem ser:

- Financeiras, em que a sua quantificação é dada de acordo com a regra do SLA, proporcional ao nível do desvio;
- Sistêmicas, em que são tratativas baseadas em ações planejadas para que o fornecedor regularize alguma situação de desvio.

Tabela 1 – Contagem de Aplicação de SLA's.

| Mês / Fornecedor | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Total |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Fornecedor 1 | OK | 0 |
| Fornecedor 2 | OK | 0 |
| Fornecedor 3 | NOK | 9 |
| Fornecedor 4 | OK | OK | NOK | NOK | NOK | OK | OK | NOK | NOK | 5 |
| Fornecedor 5 | OK | 0 |
| Fornecedor 6 | OK | OK | OK | OK | OK | OK | NOK | OK | OK | 1 |
| Fornecedor 7 | OK | 0 |
| Fornecedor 8 | OK | NOK | NOK | NOK | NOK | OK | OK | OK | NOK | 5 |
| Fornecedor 9 | OK | 0 |
| Fornecedor 10 | OK | 0 |
| Fornecedor 11 | OK | OK | NOK | OK | OK | NOK | OK | OK | NOK | 3 |
| Fornecedor 12 | NOK | OK | 8 |

Legenda: OK – Houve aplicação de SLA / NOK – Não Houve aplicação de SLA

Fonte: Dados Pesquisa (2020)

Logo, na Tabela 2, é apresentada a estratificação das penalidades aplicadas nos fornecedores que não atenderam ao indicador de SLA, permitindo assim que seja avaliada a recorrência de aplicação por tipo de penalidades, e possibilitando analisar a necessidade de ações mais robustas para que o fornecedor cumpra este indicador.

Tabela 2 – Penalidades dos SLA's.

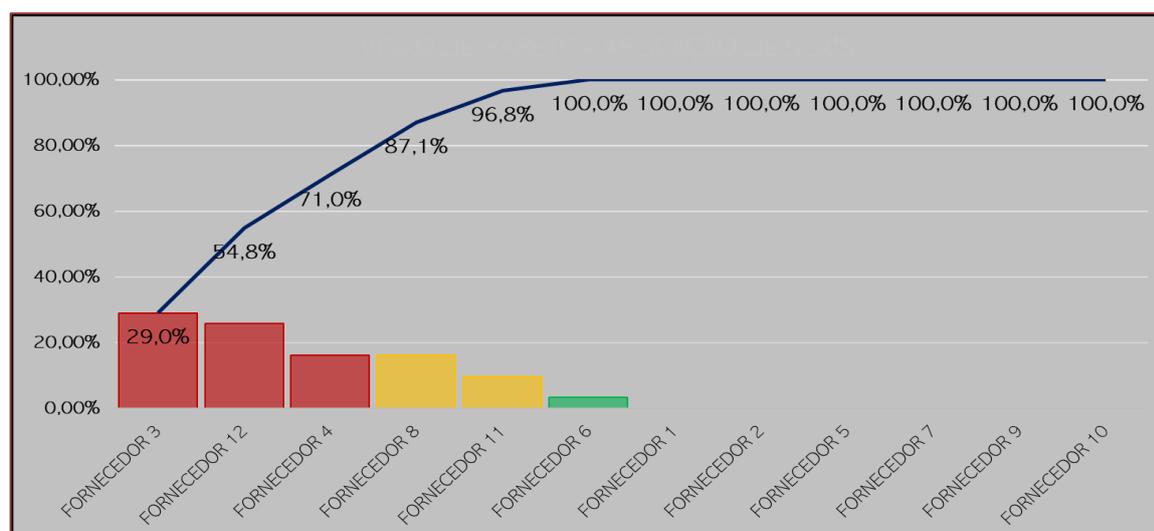
| Fornecedor / Mês | Fornecedor 3 | Fornecedor 4 | Fornecedor 6 | Fornecedor 8 | Fornecedor 11 | Fornecedor 12 |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Janeiro | PF | | | | | PF |
| Fevereiro | PF | | | PF | | PF |
| Março | PF | PF | | PF | PF | PF |
| Abril | PF | PF | | PF | | PF |
| Mai | PF | PF | | PF | | PF |
| Junho | PF | | | | PF | PF |
| Julho | PF | | PS | | | PF |
| Agosto | PF | PF | | | | PF |
| Setembro | PF | PF | | PF | PF | |
| Total de PF | 9 | 5 | 0 | 5 | 3 | 8 |
| Total de PS | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

Legenda: PF - Penalidade Financeira / PS - Penalidade Sistêmica

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

De acordo com os dados apresentados nas Tabelas 1 e 2, foi possível analisar os fornecedores mais críticos relacionados ao descumprimento do SLA. Logo, uma vez que se tem a recorrência dentro deste aspecto, pode-se identificar e mensurar quais os fornecedores detêm o maior percentual de descumprimento. E para isso, pode-se utilizar a regra de Pareto para apresentar a participação de cada um no ambiente deste indicador, que pode ser verificado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Aplicação de SLA's na visão do Método de Pareto.



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

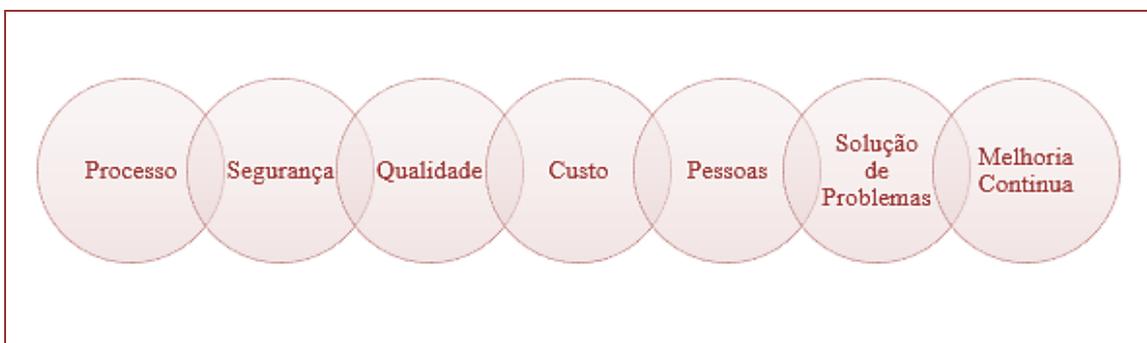
Neste cenário, uma vez que os fornecedores tiveram aplicação de penalidades por motivo de SLA, significa que apresentaram uma performance aquém do estipulado. Logo, pode-se afirmar que ao longo da execução das atividades, independente da natureza, ocorreu desvios que influenciaram no desempenho produtivo, e consequentemente, no resultado do indicador.

Desta forma, ainda com base nos expostos, foi interessante verificar a recorrência de aplicação do SLA no período em questão. Uma vez que o fornecedor vem apresentando resultados consecutivos abaixo do estipulado, evidência que existem falhas constantes no processo, seja na percepção real do que deve ser entregue, ou em novos desvios originados de modificações aplicadas para solucionar um problema.

Em adição, é importante mencionar que a atitude dos executantes é fundamental na performance realizada nas frentes de serviço, pois impacta diretamente na qualidade dos serviços. Desta forma, apenas a criação de métodos de trabalho em forma de padrões, regras de execução e ferramentas de segurança, não garantem que o resultado seja atingido, nem tão pouco alcancem a performance desejada se não houver uma gestão clara e objetiva.

Então, neste caminho, fica eminente o propósito da Gestão do Contrato e do vínculo de parceria entre contratada e contratante. Uma vez que ambos possuem representação de liderança, cabe a eles utilizarem das suas atribuições para se fazer cumprir o que foi contratado e analisar as causas dos problemas que impactaram na baixa performance. E quando começa a ser permeado todo este trabalho, é possível desenhar o processo como uma combinação precisa de gestões, conforme ilustra a Figura 5.

Figura 5 – As Gestões Existentes dentro da Gestão de Contratos



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Uma vez esclarecido o papel de cada parte na relação e entendidos os resultados a serem entregues, os laços de parceria começam a ser construídos. O propósito da gestão do contrato, além de garantir os recursos contratados, é permitir que o fornecedor se desenvolva dentro das suas atribuições e expertise de acordo com os valores da Beta+. Assim, contribui com processos que respeitam a integridade das pessoas, redução de custo, produtividade e excelência na qualidade, que por sua vez, agrega valor a organização.

4.2 OPORTUNIDADES DE MELHORIA IDENTIFICADAS

Através do conhecimento teórico, dos dados coletados, e da análise de processos realizados na Célula de Serviços Contratados da Beta+, foi possível extrair conclusões desta prática e pontuar as oportunidades de melhoria, sendo:

- O método de SLA permite análises eficazes na performance do fornecedor;
- Estender esta prática aos demais contratos da célula pode influenciar na garantia dos recursos contratados;
- Estratificar os dados de SLA por cada item específico, permite tomar decisões mais eficazes;
- Através da tecnologia, automatizar a alimentação de dados para acompanhamento diário da performance do fornecedor;
- Desenvolver um método de avaliação com base na ferramenta de percepção de SLA criada por Slack;
- Adotar SLA's padronizados que abrangem a análise de qualidade, segurança e performance, para outras modalidades de contrato;
- Utilizar do ciclo do PDCA para revisitar e avaliar se os SLA's, que compõem o contrato, estão condizentes com o cenário em que atuam.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa traz, brevemente em sua composição, conceitos teóricos sobre terceirização e SLA, que por sua vez, permite endossar o estudo de caso e evidenciar que a gestão de contratos precisa de planejamento e uma estrutura bem definida. Assim, se na gestão de contratos for adotado o método de SLA, se torna possível analisar a performance do fornecedor dentro dos parâmetros de desempenho estipulados no escopo e se contribuem para os resultados da organização.

E em virtude disto, surge o propósito da gestão dos contratos, que é viabilizar a execução das gestões de processo, segurança, qualidade, custo, pessoas, solução de problemas e melhoria contínua, em que estas devem ser executadas em conjunto, visando a excelência operacional dentro do ciclo de melhoria contínua. A partir deste contexto é possível criar os vínculos de parceria entre contratada e contratante, pois somente através desta relação é que se torna possível garantir os recursos dos contratados, desenvolver pessoas, solucionar problemas e definir novas estratégias de atendimento.

Ainda em complemento, uma das formas que podem e devem ser utilizadas é o desenvolvimento de ferramentas para acompanhar os resultados dos fornecedores. Pois, estruturar e criar ferramentas que centralizam as informações envolvidas nos aspectos de análise de resultados resulta em proporcionar um controle mais assertivo dentro de todos os cenários que o fornecedor está envolvido. E assim, definir estratégias de atuação se torna mais eficaz e produtivo quando o intuito é sanar desvios ou melhorar o desempenho.

Por fim, considera-se que a gestão do SLA nos contratos de terceiros permite identificar se os recursos contemplados em contrato estão sendo executados de fato. E com isso é possível mensurar o nível de produtividade do fornecedor e dimensionar os elementos envolvidos que contribuíram para os resultados. Assim, esta análise permite tomar ações que contribuam para o desenvolvimento do fornecedor, que pode impactar diretamente no papel assumido pela organização nas metas de produção e competitividade do mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSI, Marcos. Compliance: como implementar, 1ª edição. São Paulo, Editora Trevisan, 2018, Pág. 28, 29, 62, 111.
- [2] BLANCHARD, Ken. Liderança de Alto Nível: Como Criar e Liderar Organizações de Alto Desempenho, 3ª Edição. Porto Alegre, Bookman Editora LTDA, 2019, Pág. 89.
- [3] BALLESTERO-ALVAREZ, Maria Esmeralda. Gestão de Qualidade, Produção e Operações. 3ª Edição. São Paulo, Editora Atlas Ltda Grupo GEN, 2019, Pág. 80.
- [4] FELÍCIO, Alessandra Metzger; HENRIQUE, Virgínia Leite. Terceirização: Caracterização, origem e evolução jurídica. In: COUTINHO, Rhanica Evelise Toledo, LEITE, Renier Graziani Ferronato e NOVIKOFF, Cristina. Gestão de Terceiros: Uma Decisão Estratégica para Controle e Análise da Terceirização. Resende, RJ, 2015, Pág. 04. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/19122416.pdf>> Acesso em: 31 de maio de 2020.
- [5] NETO, Amato João. Gestão estratégica de fornecedores e contratos: uma visão integrada. 1ª Edição. São Paulo; Editora Saraiva, 2014, Pág. 102.
- [6] PAIM, Rafael; CARDOSO, Vinícius; CAULLIRAUX, Heitor; CLEMENTE, Rafael. Gestão de Processos: Pensar, Agir e Aprender, São Paulo, Artmed Editora S.A., 2009, Pág. 114, 298.
- [7] SEBRAE. Instrução Normativa INS 11. Gestão De Contratos. Porto Velho, RO, 2018. Pág. 2. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/RO/Anexos/INS%2011.05%20-%20Gest%c3%a3o%20de%20Contratos.pdf>>. Acesso em: 28 de maio de 2020.
- [8] SLACK, Nigel; JONES, Alistair Brandon; JOHNSTON, Robert. Administração da Produção. 8ª edição. São Paulo, Editora Atlas Ltda Grupo GEN, 2018, Pág. 460,465.

Capítulo 5

Manutenção em caminhões fora de estrada: Estudo de Caso para Redução do Tempo de Manutenção

Roberto Junior Ferreira Vieira

Bruno Silva Alencar

Luciano José Vieira Franco

Jussara Fernandes Leite

José Dimas Arruda

Resumo: Como consequência de um mercado cada vez mais competitivo e crescente valorização das necessidades dos clientes, muitas empresas têm adotado políticas de gestão da qualidade como forma de garantir a satisfação dos seus clientes e stakeholders. Para isso, os gestores utilizam as ferramentas da qualidade nos processos organizacionais para eliminar falhas e melhorar os resultados. Com o intuito de diagnosticar e resolver os problemas, o presente estudo propôs utilizar ferramentas da qualidade na manutenção de uma empresa mineradora, com o objetivo de reduzir o tempo médio de manutenção de uma frota de caminhão fora de estrada, Caterpillar 775. Esta pesquisa caracteriza-se como bibliográfica, exploratória, documental e com método de análise de dados qualitativos e quantitativos. Foram desenvolvidas ações com foco nos problemas externos e internos, referente ao ganho na confiabilidade da frota desses caminhões fora de estrada. Na condução do trabalho utilizaram-se ferramentas da qualidade de engenharia, sendo possível identificar os pontos críticos dos processos organizacionais, bem como os fatores de descontentamento dos clientes. Com isso, obtiveram-se resultados positivos desde o início do projeto, por meio da motivação dos colaboradores do setor, que aderiram às mudanças e a distribuição da rotina de tarefas. Assim, passou a serem utilizados adequadamente os recursos físicos e humanos da empresa. O maior ganho com as alterações e melhorias foi a garantia de confiabilidade, que, através da otimização do processo, pôde usufruir de serviços com maior agilidade e qualidade, pela readequação dos recursos e dos procedimentos, garantindo maior satisfação nos serviços prestados pela equipe interna de manutenção.

Palavras-chave: Qualidade. Desperdício. Eixo Âncora.

1. INTRODUÇÃO

A mineração corresponde a uma atividade econômica e industrial que consiste na pesquisa, exploração, lavra (extração) e beneficiamento de minérios. As atividades são grandes responsáveis pela atual configuração da sociedade, visto que diversos produtos e recursos utilizados são provenientes de suas atividades, como por exemplo: computadores, cosméticos, estradas, estruturas metálicas, entre outros.

Santiago (2017) explica que a mineração no Brasil é peça fundamental para os alicerces da economia, responsável, principalmente, para o equilíbrio da balança comercial, haja vista que a grande parte do que é produzido na mineração é demandada pelo exterior.

Nessa lógica, as mineradoras de minério de ferro situadas no Brasil encontram-se em um cenário cada vez mais competitivo devido à globalização. O cenário, levam-nas a buscarem a redução de custos para se manterem competitivas no mercado.

Com o objetivo de diminuição dos custos de produção, essas mineradoras procuram cada vez mais a atenuação das intervenções na manutenção, e a melhora da confiabilidade dos seus equipamentos. Para melhorar esses processos e aumentar a lucratividade, gestores e funcionários analisam os processos com a utilização das ferramentas da qualidade para reduzir perdas e tempo de manutenções, que, por sua vez, diminuem os impactos causados diretamente na produção e custos.

Kardec & Nascif (2009) comentam que “nos últimos 30 anos, a manutenção desenvolveu-se bastante, e com grandes inovações fez com que superasse as outras atividades existentes”. Essas alterações são consequências do aumento rápido do número e da diversidade dos itens físicos como, equipamentos e instalações, o que tornou a manutenção não mais uma função estratégica, pois passou a ser focada na busca por melhoria dos resultados e aumento da competitividade das organizações no mercado globalizado. Assim, o índice de qualidade de serviço alcança um nível bem mais alto que em um ambiente alicerçado somente por intervenções corretivas e ou preventivas.

Neste estudo, apresentam-se ferramentas da qualidade que servem como um recurso na análise da parte do conjunto denominado “Eixo âncora”, dos Caminhões Fora-de-estrada, Caterpillar 775, de uma empresa de extração e beneficiamento de minério de ferro, da região do Alto Paraopeba em Minas Gerais. Desta forma, este trabalho tem como objetivo diminuir o custo de manutenção, aumentar a disponibilidade física dos caminhões fora-de-estrada e otimizar o processo de manutenção dos equipamentos de transporte de grande porte na Mineração.

2. CAMINHÃO FORA DE ESTRADA

Lopes (2010) relata que os caminhões acompanharam o porte das escavadeiras, mas por falta de tecnologia, foram barrados pelo tamanho dos pneus. No entanto, nas últimas décadas, a tecnologia de fabricação de pneus avançou e o tamanho dos caminhões e carregadeiras foi ampliado, atingindo as capacidades atuais de produção, o que provocou a possibilidade de ajuste de tamanho das escavadeiras para as novas dimensões dos equipamentos de transporte.

Segundo Silva (2009), a seleção e a utilização dos equipamentos podem frequentemente tornar uma operação mineira lucrativa ou inviabilizá-la e, em outros casos, ocorrer uma operação marginal. De acordo com o autor, definir o tipo de equipamento e sistema a ser utilizada para o manuseio de minérios, a média ou longa distância, deve ser considerado e avaliado diversos aspectos, dentre os quais, a capacidade manuseada, a distância de transporte, a topografia do terreno, a infraestrutura disponível na região, as interferências com o meio ambiente e a economicidade.

2.1 METODOLOGIA PARA A QUALIDADE

Teixeira e Fonseca (2006) afirmam que a qualidade é um dos métodos existentes na administração de empresas, que podem ser aplicados à gestão social, tendo o apoio dos colaboradores através da implantação do círculo de controle de qualidade (CCQ). Este programa, idealizado pelos japoneses, é um bom exemplo de que a união de superiores e colaboradores pode gerar resultados positivos dentro das empresas.

Pinto (2004) explica que CCQ foi criado por Ishikawa, a fim de que pudessem contribuir com os objetivos dos gestores das grandes, médias e pequenas organizações japonesas, que era aumentar a qualidade dos produtos/processos, para que estas fossem referência em termos de qualidade a nível mundial.

Para melhor entendimento, Imai (1994) esclarece que o CCQ é um pequeno grupo de colaboradores que desempenham atividades de controle da qualidade em seu ambiente de trabalho, de forma contínua, como parte de um programa que envolve toda a empresa. A finalidade dessa metodologia é garantir a qualidade dos produtos e processos, proporcionando um desenvolvimento individual do colaborador, contribuindo para melhor o local de trabalho e a empresa. Esse grupo de colaboradores, segundo Ishikawa (1998), se encarrega de autodesenvolvimento e de desenvolvimento mútuo como parte das atividades do Controle de Qualidade por Toda a Empresa (CQTE), ou, em inglês, Company Wide Quality Control (CWQC). Estes usam as ferramentas do controle da qualidade para melhorar seus locais de trabalho continuamente, com o envolvimento de todos.

Nesse sentido, Metri (2006) afirma que os CCQs implicam em desenvolvimento de habilidades, capacidades, confiança e criatividade das pessoas por processo cumulativo de educação, treinamento, experiência e participação. A contribuição do CCQ, tornando o Japão uma superpotência econômica, levou muitos países a adotarem esse conceito. A referida metodologia produz resultados de sucesso, pois respeita e envolve as pessoas nas decisões que se referem a suas vidas. Para a obtenção dos resultados, o grupo do CCQ aplica diferentes ferramentas de qualidade.

2.1.1 BRAINSTORMING

O Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2005) informa que o método brainstorming foi desenvolvido por Alex F. Osborn em 1938. A ferramenta consiste na reunião de várias pessoas, sendo uma técnica de ideias em grupo que envolve a contribuição espontânea de todos os participantes para identificar problemas no processo e produzir ideias de melhoria. É uma ferramenta associada à criatividade e preponderantemente usada na fase de planejamento.

No mesmo sentido, Meireles (2001) apresenta que a palavra brainstorming significa tempestade cerebral ou tempestade de ideias, sendo empregada em várias organizações que a utiliza como um plano de ação participativo. Com o enfoque a estimular a utilização do potencial criativo dos envolvidos, para que as pessoas criem o maior número de ideias acerca de um tema previamente selecionado. O brainstorming pode ser utilizado com o objetivo de exercício da livre criatividade para a detecção de problemas e suas soluções. Uma das vantagens desta ferramenta é a possibilidade de ter o mérito das soluções dos problemas distribuído entre o grupo, o que gera maior comprometimento com a ação e um sentimento de responsabilidade compartilhado por todos os participantes.

2.1.2 MATRIZ GUT

Daychoum (2011) define a Matriz GUT como uma ferramenta que serve para priorizar os problemas e tratá-los. Para tanto, considera os fatores gravidade, urgência e tendência, e para cada qual atribui uma pontuação numa escala de 1(um) a 5 (cinco), em que gravidade diz respeito a não resolução do problema, e indica o impacto, principalmente, em relação aos resultados e processos que surgirão em longo prazo. A urgência é a variável relacionada com a disponibilidade de tempo necessário para resolução de determinada situação, e a tendência analisa o padrão da evolução, redução ou eliminação do problema.

Héki et. al (2013) complementam e corroboram com as ideias expressas por Daychoum (2011) ao explicar que a Matriz GUT responde racionalmente às questões “o que se deve fazer primeiro?”, e “por onde se deve começar?”. Os autores comentam que num primeiro passo é necessário qualificar os problemas, e na sequência atribuir uma pontuação correspondente às variáveis estabelecidas na matriz, cujo objetivo é priorizar as ações de forma racional, levando em consideração a gravidade, urgência e tendência de um determinado problema.

Essa ferramenta foi desenvolvida por Kepner e Tregoe, que são especialistas na solução de questões organizacionais, de acordo com Bastos (2014). O objetivo desta técnica é orientar decisões mais complexas, para tanto é empregada para definir as prioridades dadas às diversas alternativas de ações.

2.1.3 SETE DESPERDÍCIOS

Robinson e Schroeder (1992) comentam que dois motivos são responsáveis por tornar os desperdícios invisíveis aos integrantes do sistema produtivo: a falta de conhecimento ou a dificuldade de mudança de perspectiva. A eliminação ou redução dos desperdícios no sistema produtivo permite um fluxo mais contínuo de produção, produzindo-se mais no mesmo intervalo de tempo, aumentando a produtividade e reduzindo estoque e custos.

Da mesma forma que Robinson e Schoreeder (1992), Shingo (1996) menciona que existe certa dificuldade em perceber a ocorrência de problemas na manufatura sob as condições normais de trabalho, por isso, os desperdícios não são notados, pois se tornaram eventos naturais do trabalho. O autor afirma que as maiores perdas são as perdas imperceptíveis.

Antunes (2008) ressalta que a noção de perdas nas empresas não é algo novo, pois tem sua origem nas ideias desenvolvidas por Frederick Taylor e Henry Ford, no início do século XX. Taylor enfatizava que as perdas estavam vinculadas a evitar o desperdício dos materiais e, por outro lado Ford, em 1927, trabalhava na abundância de recursos que na época não gerava preocupação com desperdícios.

2.1.4 TESTE DO POR QUÊ'S

Outra ferramenta da qualidade utilizada neste estudo é o “teste do Por Quê's”. Essa metodologia parte do princípio que após questionar por cinco vezes o porquê de um problema estar ocorrendo, sempre tomando como referência a resposta anterior, será descoberta a causa fundamental deste problema (WERKEMA, 1995). Ainda segundo este autor, esse método é muito utilizado na área da qualidade, mas se aplica em qualquer ambiente onde exista um problema que necessita de uma solução. Sua aplicação é muito simples, podendo ser aplicada em qualquer sistemática de análise de problemas.

2.1.5 DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO

Werkema (1995) informa que o diagrama de causa e efeito é uma ferramenta utilizada para identificar, explorar, ressaltar e mapear fatores que influenciam no problema analisado. Podendo pontuar as causas principais que serão abordadas mediante os 6 M (matéria-prima, máquina, mão-de-obra, método, medida e meio ambiente). A partir dessas, avaliam-se as causas secundárias e terciárias. O autor acrescenta que essa ferramenta pode ser usada para ampliar a visão e mostrar as possíveis causas do problema, enriquecer a análise para identificar soluções e determinar as medidas corretivas que deverão ser adotadas.

Miguel (2001) complementa as ideias de Werkema (1995) ao esclarecer que o Diagrama de Causa e Efeito, também conhecido como diagrama de espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa, consiste em uma forma gráfica usada como metodologia de análise para representar a relação de fatores de influência do problema ou processo (causas) sobre um determinado problema ou resultado de um processo (efeito) que possam afetar o resultado final a ser considerado.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

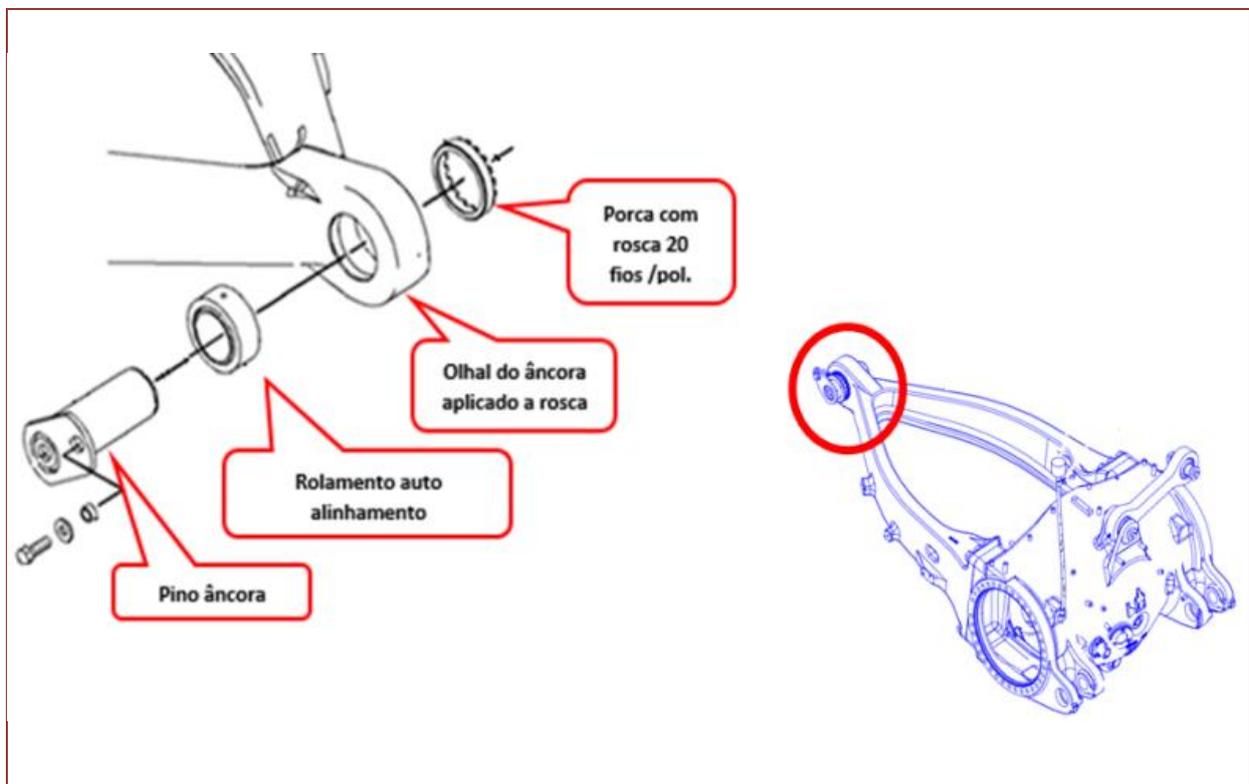
Este trabalho é um estudo de caso realizado em uma empresa de extração e beneficiamento de minério de ferro da região do Alto Paraopeba em Minas Gerais. A pesquisa teve como objetivo diminuir o custo de manutenção, aumentar a disponibilidade física dos caminhões fora-de-estrada e otimizar o processo de manutenção dos equipamentos de transporte de grande porte na Mineração.

A pesquisa caracterizou-se como bibliográfica, exploratória, documental e com método de análise de dados qualitativos e quantitativos. Foi desenvolvido com os operadores que convivem com a real situação, com a finalidade de avaliarem as verdadeiras necessidades e sugerirem melhorias para o processo de manutenção dos caminhões fora-de-estrada.

A primeira etapa da coleta de dados, ocorreu a partir de documentos internos e relatórios gerados pelo software de gestão integrada GPVmin. Na segunda etapa os dados coletados foram analisados junto à gestão econômica, por meio de relatórios de custos para ser realizado o apuramento de todos os gastos discriminados ao subconjunto do estudo em questão, para assim, serem distribuídas as despesas de forma mensal e anual. A terceira etapa foi realizada na área de manutenção, momento que aconteceu a apuração das ocorrências de substituição do eixo âncora, os tempos necessários para substituição deste subconjunto, bem como a necessidade de mão obra para realização da atividade.

Para melhor entendimento e visualização, a Figura 1 ilustra o eixo âncora de um caminhão fora de estrada.

Figura 1 - Eixo âncora



Fonte: Dados da Pesquisa (2019).

Os dados levantados foram analisados e discriminados, utilizando ferramentas da qualidade, métodos estatísticos, conhecimentos técnicos e estes confrontados com as referências bibliográficas do fabricante Caterpillar. Acrescenta-se ainda que, pelo fato de refletir nos resultados de indicadores de desempenho, ações foram propostas e implementadas para reduzir o custo de manutenção e aumentar a disponibilidade física dos caminhões fora-de-estrada.

4. ESTUDO DE CASO

Por meio do acompanhamento dos indicadores de confiabilidade dos caminhões fora de estrada, observou-se o comportamento do tempo médio entre falhas e o tempo médio de reparo através do Perfil de Perdas. Isso consiste na estratificação das perdas do processo produtivo por meio de gráficos de Pareto com a finalidade de identificar quais foram as maiores oportunidades de ganho na manutenção. Cada equipamento é atribuído a uma classe de falha, que permite classificar de acordo com uma estrutura. Desta forma, foi possível comparar o desempenho dos diversos equipamentos da Mina e identificar quais classes de falhas, sistemas, conjuntos, itens ou modos de falhas que mais afetam a disponibilidade dos equipamentos.

Em sequência, foi reunido um grupo com sete especialistas multidisciplinares da empresa para listar os possíveis pontos de atuação. Nessa etapa foi feito um Brainstorming com essa equipe e foram identificados 12 problemas, que foram:

1. Elevado número de falhas nos comandos elétricos dos implementos da frota de escavadeiras, Caterpillar 390D;
2. Elevado número de falhas nos sistemas de lubrificação automática da escavadeira, Caterpillar RH170;
3. Elevado número de ocorrências de alta temperatura nos sistemas hidráulicos na frota de escavadeira, Caterpillar 365C;
4. Elevado número de problemas nas suspensões da frota de caminhões, Caterpillar 775G;
5. Elevado número de quebras dos pinos de báscula na frota de caminhões, Caterpillar 775G;
6. Riscos ergonômicos na substituição dos motores de partida dos tratores, Caterpillar D10T;
7. Elevado número de ocorrências de quebra das escadas dos caminhões, Caterpillar 785C;
8. Risco de esmagamento dos membros superiores durante manutenção preditiva (coleta de vibração);
9. Risco de projeção de partículas durante a troca de capa de dente das escavadeiras;
10. Riscos ergonômicos durante a substituição dos alternadores dos tratores de esteira;
11. Tempo elevado para manutenção do eixo âncora dos caminhões, Caterpillar 775 F e G;
12. Riscos ergonômicos para a substituição de baterias do caminhão, Caterpillar 775G.

Após o levantamento dessas 12 falhas, a equipe analisou as possíveis causas. Assim, foi realizado debate sobre os prós e contras de cada falha apresentada, isso para testar sua eficácia com foco nos objetivos e chegou-se ao consenso de doze possíveis problemas.

A partir dos resultados levantados, foi utilizada a ferramenta GUT para a avaliação dos doze problemas. Nessa análise foi utilizada as numerações dos 12 problemas, e cada integrante da equipe preencheu a ferramenta GUT. Após o preenchimento foi compilado todas as ferramentas em uma única planilha. Essa planilha pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1 - Matriz de priorização GUT

| MATRIZ | G | U | T | TOTAL | G | U | T | TOTAL | GERAL | | | | | | | | | |
|-----------|----|---|---|-------|----|---|---|-------|----|---|---|-------|----|---|---|-------|-----|---|---|-------|-------|---|---|---|-----|---|---|---|-----|-----|
| PROBLEMAS | 1 | 2 | 3 | 5 | 30 | 5 | 2 | 5 | 50 | 3 | 4 | 2 | 24 | 2 | 3 | 3 | 18 | 3 | 2 | 5 | 30 | 2 | 4 | 4 | 32 | 2 | 2 | 5 | 20 | 204 |
| | 2 | 1 | 5 | 2 | 10 | 1 | 3 | 4 | 12 | 4 | 3 | 3 | 36 | 5 | 3 | 5 | 75 | 3 | 5 | 5 | 75 | 4 | 3 | 3 | 36 | 4 | 3 | 3 | 36 | 280 |
| | 3 | 4 | 5 | 2 | 40 | 1 | 2 | 2 | 4 | 1 | 4 | 3 | 12 | 1 | 5 | 3 | 15 | 3 | 4 | 3 | 36 | 3 | 3 | 5 | 45 | 3 | 4 | 1 | 12 | 164 |
| | 4 | 3 | 3 | 3 | 27 | 2 | 3 | 2 | 12 | 3 | 3 | 3 | 27 | 1 | 4 | 2 | 8 | 2 | 5 | 5 | 50 | 4 | 2 | 1 | 8 | 2 | 3 | 5 | 30 | 162 |
| | 5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 2 | 3 | 4 | 24 | 1 | 3 | 3 | 9 | 4 | 3 | 2 | 24 | 2 | 1 | 3 | 6 | 3 | 2 | 4 | 24 | 2 | 1 | 5 | 10 | 107 |
| | 6 | 2 | 1 | 3 | 6 | 5 | 2 | 3 | 30 | 4 | 4 | 2 | 32 | 2 | 4 | 4 | 32 | 3 | 2 | 3 | 18 | 2 | 3 | 3 | 18 | 3 | 2 | 4 | 24 | 160 |
| | 7 | 4 | 2 | 3 | 24 | 2 | 4 | 4 | 32 | 1 | 3 | 5 | 15 | 5 | 5 | 2 | 50 | 2 | 4 | 3 | 24 | 4 | 2 | 4 | 32 | 2 | 3 | 5 | 30 | 207 |
| | 8 | 1 | 2 | 3 | 6 | 2 | 3 | 3 | 18 | 3 | 3 | 5 | 45 | 5 | 4 | 2 | 40 | 2 | 3 | 3 | 18 | 4 | 2 | 4 | 32 | 2 | 3 | 4 | 24 | 183 |
| | 9 | 3 | 2 | 4 | 24 | 2 | 4 | 4 | 32 | 3 | 3 | 3 | 27 | 4 | 4 | 2 | 32 | 2 | 4 | 3 | 24 | 3 | 2 | 3 | 18 | 2 | 3 | 1 | 6 | 163 |
| | 10 | 2 | 4 | 5 | 40 | 4 | 2 | 3 | 24 | 5 | 5 | 2 | 50 | 2 | 3 | 5 | 30 | 3 | 2 | 5 | 30 | 2 | 4 | 3 | 24 | 5 | 2 | 3 | 30 | 228 |
| | 11 | 4 | 4 | 5 | 80 | 5 | 3 | 5 | 75 | 5 | 4 | 4 | 80 | 5 | 5 | 5 | 125 | 4 | 4 | 4 | 64 | 5 | 4 | 5 | 100 | 5 | 5 | 5 | 125 | 649 |
| | 12 | 2 | 4 | 2 | 16 | 4 | 2 | 3 | 24 | 4 | 4 | 2 | 32 | 2 | 3 | 4 | 24 | 5 | 2 | 3 | 30 | 2 | 1 | 4 | 8 | 3 | 2 | 4 | 24 | 158 |

Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

De acordo com os resultados apresentados, estes foram priorizados e organizados, respeitando os conceitos sobre matriz GUT. Dentro da priorização, o problema que obteve o maior valor foi o número 11 - Tempo elevado para manutenção do eixo âncora dos caminhões, Caterpillar 775. Por meio do estudo de perfil de perdas, verificou-se que o envio do eixo âncora para a representante da fabricante (Dealer) para serviços de manutenção demanda um tempo de 624 horas (26 dias).

Essa análise possibilitou uma avaliação quantitativa dos problemas de uma área como um todo, viabilizando a priorização na ação em que houve um maior número de manutenção corretiva. Além disso, gerou gravidade no problema crônico, no qual há uma urgência em ser resolvida para diminuir a tendência de reparo corretivo.

Em sequência, a partir dos resultados, a equipe utilizou a metodologia QCAMS (qualidade, custo, atendimento, moral e segurança) para identificar as perdas referentes ao tempo elevado para manutenção do eixo âncora dos caminhões, Caterpillar 775. Os resultados da aplicação da metodologia QCAMS podem ser verificados a seguir:

Qualidade:

- Perda de disponibilidade física do ativo devido ao elevado tempo médio para reparo (MTTR).

Custo:

- Custo de reparo elevado para a manutenção do eixo âncora.

Atendimento:

- Elevada perda de produção devido ao tempo elevado de manutenção do eixo âncora.

Moral:

- Insatisfação das equipes de manutenção devido à demora em liberar o equipamento para a produção.

Segurança:

- Nível de risco Médio (25-70) para a realização da manutenção do eixo âncora.

A partir dessa análise, foi percebida que a qualidade do produto deve ser alcançada com um bom controle dos custos, podendo-se garantir o lucro, caso seja possível realizar a entrega na hora, no local e na quantidade certa, atendendo a expectativa dos trabalhadores na aplicação do produto no ativo, garantindo a segurança do emprego e a segurança do meio ambiente em que são aspectos essenciais da sustentabilidade.

Com os resultados encontrados, foi aplicada a metodologia dos sete desperdícios da qualidade. Essa metodologia permitiu a identificação de quatro desperdícios relacionados ao tempo elevado para manutenção do eixo âncora dos caminhões Caterpillar 775. Os resultados dessa metodologia podem ser observados a seguir:

Transporte:

- Perda de tempo no deslocamento do eixo âncora para o representante do fabricante, Dealer.

Movimento:

- Deslocamento excessivo durante a manutenção do eixo âncora.

Espera:

- Tempo elevado de espera para o reparo do eixo âncora pelo Dealer.

Processamento Excessivo:

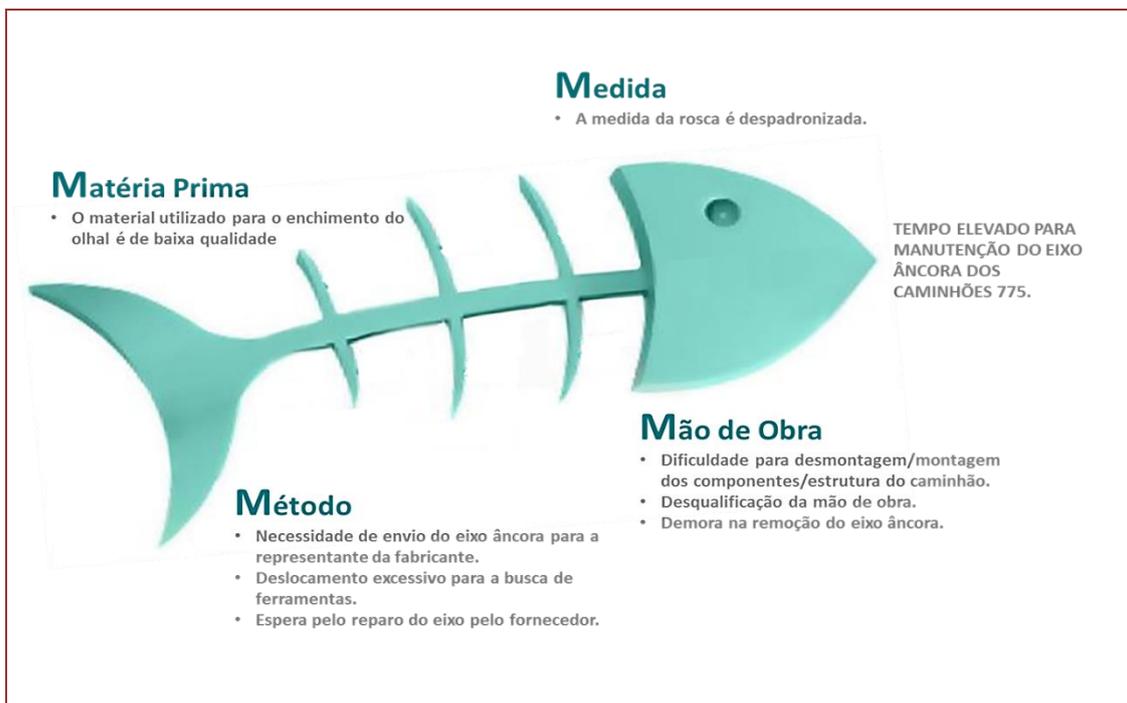
- Número elevado de desmontagem/montagem de componentes/peças para manutenção do eixo âncora.

No caso apresentado, foi possível observar onde há a necessidade de eliminação de quatro atividades que geram desperdício. Essas são pré-requisitos para a redução de custo e otimização de recursos mais importantes para a construção de um sistema de manutenção.

A eliminação dessas quatro atividades de desperdício é crucial para o sucesso da manutenção. Elas podem diminuir a lucratividade, aumentar os custos e baixar a qualidade e, até mesmo, afetar a satisfação dos funcionários. Por esta razão, foram identificadas as quatro atividades que não agregam valor para melhorar o processo que elas aparecem.

Pelo exposto, a partir dos dados encontrados, empregou-se o diagrama de causa e efeito, com a finalidade de levantar as causas-raízes. O problema é o tempo elevado para manutenção do eixo âncora dos caminhões 775, o resultado da aplicação dessa ferramenta pode ser observado na Figura 2.

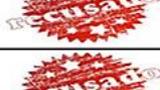
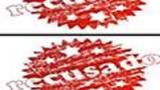
Figura 2 – Tempo Elevado para Manutenção do Eixo âncora dos Caminhões 775



Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

Os resultados gerados da aplicação do diagrama de causa e efeito foram analisados e colocados em uma Matriz que identificam quais das causas estão impactando diretamente no problema. Assim, foi possível identificar e atuar no problema para solucioná-lo. No Quadro 1, pode-se verificar a matriz desenvolvida com os resultados do diagrama de causa e efeito.

Quadro 1 – Matriz - Causas e Efeitos

| 6M | POSSÍVEIS CAUSAS | JUSTIFICATIVA | VALIDAÇÃO |
|----------------------|--|--|--|
| Matéria prima | O material utilizado para o enchimento do olhal do eixo âncora é de baixa qualidade? | Não, o material utilizado é o material recomendado pela fabricante. |  |
| Medida | Elevado diâmetro do olhal do eixo âncora? | Sim, devido o diâmetro do olhal do eixo âncora ser elevado dificulta a confecção da rosca do olhal. |  |
| Método | Deslocamento excessivo para a busca de ferramentas? | Não, o deslocamento excessivo contribui com o nosso problema, mas é devido a uma falta de procedimento/padronização da atividade. Não é a causa fundamental do problema. |  |
| | Espera pelo reparo do eixo âncora pelo fornecedor? | Não, a espera pela manutenção do eixo âncora pelo fornecedor é um fator contribuinte, mas não é a causa fundamental do nosso problema |  |
| | Necessidade de envio do eixo âncora para a representante da fabricante? | Sim, a necessidade de envio do eixo âncora para a representante da fabricante contribui com o nosso problema. |  |
| Mão de Obra | Dificuldade para desmontagem/montagem dos componentes/estrutura do caminhão? | Não, o processo de desmontagem/montagem é feito conforme recomendação da fabricante. |  |
| | Desqualificação da mão de obra? | Não, a mão de obra recebe qualificação periodicamente pela representante da fabricante. |  |
| | Demora na remoção do eixo âncora? | Não, o tempo gasto para a remoção do eixo âncora é compatível com a atividade. |  |

Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

A par disso, foram identificadas as duas possíveis causas fundamentais no método e medida. Nessa etapa, foi implementado o teste dos Por Quê's para verificar as possíveis razões para achar a causa raiz. A aplicação do teste é apresentada com as seguintes questões:

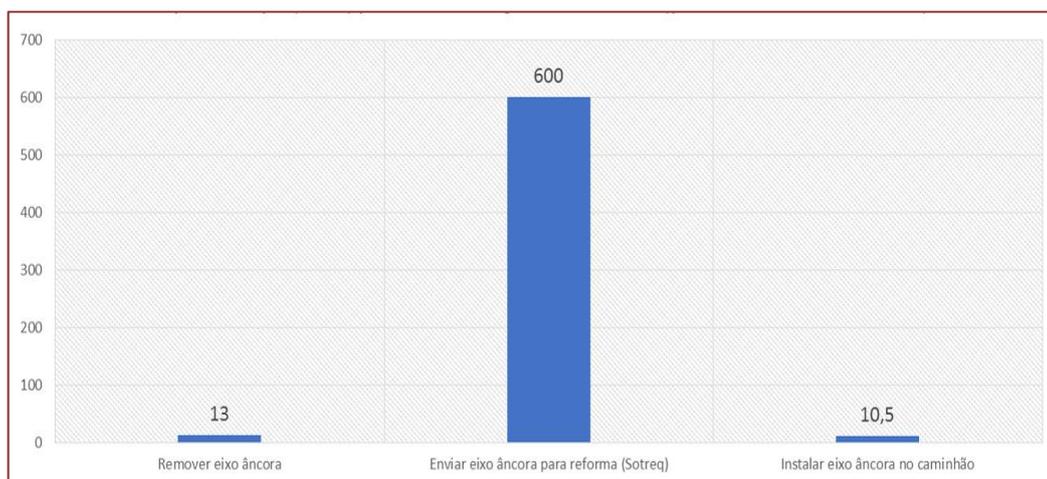
- Por que há a necessidade de envio do eixo âncora para o Dealer?
- Por que, devido o diâmetro do olhal do eixo âncora, a rosca só pode ser confeccionada com máquinas operatrizes fixas?
- Por que não existe no mercado uma ferramenta portátil com a tecnologia capaz de abrir a rosca no olhal do eixo âncora no equipamento?

Por meio da aplicação da técnica dos 5 Por quês, identificou-se que a causa fundamental do tempo elevado de reparo está relacionada com a indisponibilidade de uma ferramenta portátil capaz de realizar a manutenção no equipamento. Diante dessa causa raiz encontrada, analisou-se as atividades do processo para manutenção do eixo âncora. A seguir são apresentadas as atividades do processo para a manutenção do eixo âncora.

1. Remover eixo âncora do caminhão Caterpillar 775;
2. Enviar o eixo âncora para o Dealer (representante da fabricante);
3. O Dealer executa a manutenção no eixo âncora;
4. Retornar com eixo âncora para a unidade;
5. Instalar o eixo âncora no caminhão Caterpillar 775.

Sendo assim, foi verificado que para realizar as atividades 2, 3 e 4 é necessário o tempo de 600 horas. O Gráfico 1 ilustra os tempos das atividades 1; das atividades 2, 3 e 4 (somadas); e da atividade 5.

Gráfico 1 – Tempo de execução das atividades do processo de manutenção do eixo âncora



Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

Diante dessas informações, foram analisadas as tarefas da atividade de executar a manutenção no eixo âncora, realizada pelo fabricante. A descrição dessas tarefas é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Tarefas para manutenção do eixo âncora

| Passos | Passo a passo manutenção do eixo âncora conforme Fabricante | Subconjunto | Passos por subconjunto |
|---------------|---|----------------------|------------------------|
| 1 | Limpeza do eixo âncora | Estrutura | 3 |
| 2 | Realizar Inspeção estrutural | | |
| 3 | Realizar pintura | | |
| 4 | Remover porca de fixação e rolamento do eixo âncora | Olhal do eixo âncora | 6 |
| 5 | Realizar enchimento de solda no olhal do eixo âncora | | |
| 6 | Realizar usinagem no olhal do eixo âncora | | |
| 7 | Realizar abertura da rosca no olhal do eixo âncora | | |
| 8 | Instalar rolamento no olhal do eixo âncora | | |
| 9 | Instalar porca de fixação no olhal do eixo âncora | | |
| Totais | | | 9 |

Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

Observam-se na Tabela 2 que são necessárias nove tarefas para a realização da manutenção do eixo âncora. Dessas nove tarefas, seis são executadas no olhal do eixo âncora.

Frente aos estudos realizados, a proposta foi a realização de manutenções dentro da empresa, que diz respeito à utilização de uma sobre bucha para reparo do olhal. No entanto, foi observado um ponto positivo e dois negativos, sendo:

Ponto positivo:

- Não ser necessário o envio do eixo âncora para a representante da fabricante.

Pontos negativos:

- Tempo médio para reparo (MTTR) ainda elevado para manutenção do eixo âncora (120h);

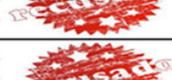
Reincidências de manutenções do eixo âncora por não ser possível seguir o procedimento de rosca no olhal do eixo.

Devido aos pontos negativos, com a sugestão proposta de realizar a manutenção do olhal dentro da empresa, o grupo realizou um novo *brainstorming* para listar as possíveis soluções do problema. Assim, foram levantadas outras oito novas sugestões que podem ser verificadas a seguir:

1. Criar procedimentos de inspeção;
2. Gerar uma nova ferramenta para realizar a correção com menor tempo e menor custo;
3. Trocar rolamento auto alinhador e pino a cada 4000h;
4. Realizar reciclagem com os operadores para efetuar o carregamento com o peso adequado de trabalho do equipamento;
5. Fazer a reciclagem com os operadores para realizar as manutenções de pista com maior qualidade;
6. Trocar âncora a cada 5000h;
7. Substituir os bicos injetores de graxa por outros mais eficientes;
8. Modificar os procedimentos para verificar a folga no eixo âncora.

Desta forma, a partir das ideias apresentadas pela equipe, foi desenvolvido um teste de hipóteses, e os resultados, que é a análise de viabilidade das ações, podem ser observados no Quadro 2.

Quadro 2 – Análise de Viabilidade das Ações

| AÇÕES | JUSTIFICATIVA | VALIDAÇÃO |
|--|---|--|
| Substituir o eixo âncora a cada 500 horas? | Não, substituir o eixo âncora a cada 500 horas é inviável financeiramente. |  |
| Modificar os bicos de lubrificação do olhal do eixo âncora por outros mais eficientes? | Não, os bicos utilizados atualmente são eficientes. |  |
| Substituir rolamento auto alinhador e pino a cada 4000 horas? | Não, custo elevado para substituição dos componentes a cada 4000 horas. |  |
| Criar novos procedimentos de inspeção? | Não, procedimento atual atende. |  |
| Projetar/confeccionar uma ferramenta portátil capaz de confeccionar a rosca do olhal do eixo âncora? | Sim, a solução apresentada eliminaria a causa raiz do problema. Com a ferramenta não será necessário o envio do eixo âncora para a representante da fabricante. |  |
| Realizar reciclagem com os operadores para realizar as manutenções de pista com maior qualidade? | Não, as reciclagens são realizadas periodicamente. |  |
| Realizar reciclagem com os operadores para não ultrapassar o peso de carga limite do caminhão? | Não, as reciclagens são realizadas periodicamente. |  |
| Modificar o procedimento para verificar a folga no olhal do eixo âncora? | Não, o procedimento atual atende. |  |

Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

O teste de hipóteses consiste em verificar por meio de uma amostra se a ação atende aos parâmetros da manutenção, gerando ideias para realizar as contramedidas eficazes para manutenção. No teste realizado, a ação viável foi o projeto/confeção de uma ferramenta portátil capaz de confeccionar a rosca padrão no olhal do eixo âncora.

No caso presente, foi criado o croqui da Ferramenta e levantado o orçamento dos materiais que teve o custo de R\$8.667,23. Em sequência, foi contratada uma empresa especializada em análises e projetos de ferramentas, em que foi aplicada a análise metalográfica no olhal do eixo âncora, e a partir deste dado conseguiu-se projetar uma ferramenta compatível pela dureza do olhal.

Após a fabricação foram realizados testes e ajustes para o desenvolvimento técnico e construtivo da ferramenta. Os testes foram realizados em dois equipamentos para atestar a sua aplicabilidade e performance.

4.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS GERAIS DO ESTUDO

Este tópico apresenta os resultados obtidos, levando-se em consideração a relação das atividades realizadas anteriormente ao estudo, com visão de ângulos diferentes.

Tendo em vista que pode haver dois tipos de manutenção, com ou sem a execução de rosca, foram contabilizados os custos, e os valores podem ser observados no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Custo de Reparo do Eixo Âncora pela Representante da Fabricante

Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

Verifica-se no Gráfico 2 que o custo de reparo do eixo âncora sem execução de rosca é de R\$ 47.508,62, e com execução de rosca atinge os R\$ 56.226,96. O custo médio de reparo do eixo âncora conforme o fabricante é de R\$51.867,79.

Outra análise realizada foi a partir do histórico de manutenção do eixo âncora, em que foi identificado, entre 2016 e 2019, que foram realizadas 93 manutenções no eixo âncora. Em análise desses resultados, observou-se que o maior número de manutenção de eixo âncora ocorreu no período chuvoso.

Trinta e cinco manutenções no eixo âncora que ocorreram em 2019, totalizaram 3.836 horas de manutenção. Esse número de horas de manutenção significa um grande desperdício de tempo no processo produtivo. O desperdício onera todo o sistema de gerenciamento da manutenção e contribui para que a empresa se torne menos competitiva no mercado frente aos seus concorrentes.

Entretanto, com a criação da ferramenta, o reparo do eixo âncora pode ser realizado no caminhão, sem a necessidade de removê-lo e enviar para o fabricante *Dealer*. Com a implantação das ferramentas, ocorreu uma redução do tempo médio para reparo de 120 horas para 48 horas, ou seja, constata-se uma redução de 60% do tempo médio para reparo (MTTR).

A partir da redução do tempo de manutenção, estabeleceu-se como meta a elevação em 47% do tempo médio entre falhas (MTBF) do eixo âncora, passando de 353 horas para 518 horas.

Os caminhões que foram reparados internamente com a ferramenta e novo método estão com um MTBF acumulado de 2.160 horas. Esse valor indica quando poderá ocorrer uma falha no eixo âncora que passou por reparo. Quanto maior for esse índice, maior será a confiabilidade no equipamento e, conseqüentemente, a manutenção será avaliada em questões de eficiência.

A implantação do projeto prevê uma economia de R\$ 32.425,90 para cada reparo de eixo âncora. Estima-se, assim, que para o período de 12 meses com as 35 manutenções haverá uma economia de R\$ 1.135.000,55 com o custo de reparo. Ao levar em consideração o novo MTTR (48 horas) e realizar uma estimativa do período de doze meses, poderá ocorrer a economia de R\$ 33.000,000. A Tabela 3 apresenta o retorno financeiro que a empresa terá ao analisar os dados de 2018 e 2019.

Tabela 3 – Retorno financeiro

| Período (8 meses) | Número de manutenções mês período de 12 meses | Número de horas para manutenção do eixo âncora | Capacidade de movimentação 775 Mar Azul (ton/hora) | Produto não movimentado (ton) | REM Médio Mar Azul | Estéril não movimentado (ton) | Minério não movimentado (ton) | Taxa de recuperação da Usina | Produto final(ton) | Preço médio minério janeiro a agosto 2018 (R\$/ton) | Perdas por MTTR |
|---------------------|---|--|--|-------------------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------|---|------------------|
| an. a agos. 2018 | 35 | 3836 | 110 | 421960 | 0,23 | 97050,8 | 324909,2 | 0,9 | 292418 | R\$200,25 | R\$58.556.760,57 |
| set.2018 a set.2019 | 35 | 1680 | 110 | 184800 | 0,23 | 42504 | 142296 | 0,9 | 128066 | R\$200,25 | R\$25.645.296,60 |
| | | | | | | | | | | Economia | R\$32.911.463,97 |

Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

O foco de reduzir o tempo médio de reparo foi alcançado, pois as manutenções do eixo âncora passaram a ser realizadas na empresa. Desta forma, a empresa terá os seguintes ganhos:

- Maior disponibilidade física;
- Segurança na operação do equipamento;
- Aumento da moral da equipe;
- Aperfeiçoamento da mão da obra;
- Maior confiabilidade

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ficou evidenciado que a utilização de uma metodologia para resolução de problemas é o melhor caminho dentro dos vários processos produtivos empresariais. As ferramentas da qualidade fazem parte do processo de implementação de programas de melhorias, e a padronização de atividades vem sendo cada vez mais utilizada pelas empresas que buscam excelência em seus negócios. Com isso, as empresas ganham em credibilidade, qualidade e, conseqüentemente, impacta diretamente nos resultados, pois com todos os processos padronizados e corretos o tempo de entrega dos produtos será menor.

O objetivo proposto foi atingido, uma vez que foi identificado o problema, as causas e, assim, feitas sugestões para o aperfeiçoamento do processo de manutenção do eixo âncora, cujo tempo de espera no processo de reparo era muito alto, em média 600 horas (25 dias). A partir da implantação das sugestões, este tempo de espera reduziu-se, proporcionando um significativo ganho à organização.

Vale ressaltar que para o trabalho proposto foram utilizados recursos próprios da empresa, através do trabalho conjunto entre as equipes de manutenção e engenharia de manutenção. A solução proposta tem como base a mudança de procedimento na rotina de manutenção, que, neste caso, se mostrou adequada para obtenção de bons resultados, dispensando grandes investimentos e viabilizando o projeto.

Como recomendação à empresa, sugere-se à realização de treinamentos aos colaboradores sobre a maneira correta de efetuar a manutenção, com um sistema de gestão visual para maior rapidez na liberação e, também, no controle sobre o motivo e o responsável pela parada dos procedimentos de manutenção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANTUNES, J. Sistemas de Produção: Conceitos e Práticas para Projeto e Gestão da Produção Enxuta. Porto Alegre - RS: Bookman, 2008.
- [2] BASTOS, M. Matriz GUT: Do conceito à aplicação prática. Fonte: Portal Administração, 2014. Disponível em: <https://www.portal-administracao.com/2014/01/matriz-gut-conceito-e-aplicacao.html>. Acesso em: 10/06/2019.
- [3] DAYCHOUM, M. 40 Ferramentas e Técnicas de Gerenciamento. Rio de Janeiro - RJ: Brasport, 2011.
- [4] HÉKIS, H. R., SILVA, Á. d., OLIVEIRA, I. M., & ARAUJO, J. P. Análise GUT e a gestão da informação para tomada de decisão em uma empresa de produtos orgânicos do Rio Grande do Norte. Rev. Tecnol. Fortaleza, 2013.
- [5] IMAI, M. Kaizen – A Estratégia para o Sucesso Competitivo, 5ª Edição. São Paulo - SP: IMAM, 1994.
- [6] ISHIKAWA, K. Introduction to Quality Control. Tokio - Japão: Japan: Juse Press Ltda, 1998.
- [7] KARDEC, A., & NASCIF, J. Manutenção: Função estratégica. 3ª Edição. Rio de Janeiro - RJ: Qualitymark, 2009.
- [8] LOPES, J. R. Viabilização técnica e econômica da lavra contínua de minério de ferro com o uso de sistema de britagem móvel in pit auto propelido. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral. Ouro Preto, MG, Brasil: Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, 2010.
- [9] MEIRELES, M. Ferramentas administrativas para identificar, observar e analisar problemas: Organizações com foco no cliente. São Paulo - SP: Arte e Ciência, 2001.
- [10] METRI, A. B. Disaster mitigation framework for India using quality circle approach. Gurgaon, India: Disaster Prevention and Management: 2006.
- [11] MIGUEL, P. A. Qualidade: Enfoques e Ferramentas. São Paulo - SP: Artliber, 2001.
- [12] ROBINSON, A. G.; SCHROEDER, D. M. Detecting and eliminating invisible waste. Production and Inventory Management Journal. 1992. Vol.33, n.4, p.37-42. Alexandria: Production and Inventory Management Journal, 1992.
- [13] SANTIAGO, A. M. O Contexto do Mínério de Ferro no Brasil: Estudo de caso: Produção da Mina Ponto Verde – Itabirito/Brasil. 2017. Monografia. Ouro Preto, MG, Brasil: Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas, 2017.
- [14] SEBRAE. Manual de ferramentas da qualidade. SEBRAE: 2005.
- [15] SHINGO, S. Sistema Toyota de Produção com estoque zero: O sistema Shingo para melhorias contínuas. Porto Alegre - RS: Bookmam, 1996.
- [16] SILVA, V. C. Carregamento e transporte de rochas. Ouro Preto, MG, Brasil: Escola de Minas da Universidade de Ouro Preto, 2009.
- [17] TEIXEIRA, I. S.; TEIXEIRA, R. C.; FONSECA, E. A. Comprometimento social das empresas uma questão de ética empresarial. XIII SIMPEP. 2006.
- [18] WERKEMA, M. C. As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos - Vol 1. Belo Horizonte - MG: Qfco, 1995.

Capítulo 6

Manutenção em redutores de velocidade: Um estudo de caso para aumentar a disponibilidade física

Moacir Vinicius Ferreira Vieira

Luciano José Vieira Franco

Jussara Fernandes Leite

Alexandre Magno Franco Ferreira

Edilberto da Silva Souza

Resumo: A manutenção é um método de recuperação e preservação de equipamentos que visa o perfeito funcionamento. Este trabalho propõe um estudo sobre a implantação de método de recuperação para aumentar o tempo de disponibilidade do redutor de velocidade. O recurso consiste na troca de método utilizado para método de embuchamento. Desta forma, o objetivo desta pesquisa é aumentar a disponibilidade do redutor de velocidade, através da redução do tempo de recuperação da carcaça. Esta pesquisa é um estudo de caso, que foi desenvolvido em uma siderurgia da Região do Alto Paraopeba em Minas Gerais. O estudo ocorreu no setor oficina, no período de janeiro a novembro de 2020. A pesquisa é de natureza exploratória, metodológica, documental e intervencionista, com método de análise de dados qualitativos e quantitativos. Nesse sentido, foram apresentadas e analisadas as atividades e tempo do método que era utilizado para a recuperação das carcaças dos redutores de velocidade; e sugerido e implementado um novo método que reduziu a carga de trabalho e o tempo de recuperação das carcaças. Entre os benefícios obtidos, destaca-se que foram alcançados ganhos diretos e indiretos. Além da diminuição do tempo de recuperação, há, ainda, a redução de horas de máquinas, mão de obra e, conseqüentemente, retorno financeiro. Por fim, concluiu-se ser benéfica à padronização e utilização do método implementado.

Palavras-chave: Recuperação. Carcaça. Tempo. Manutenção.

1. INTRODUÇÃO

A economia brasileira chegou ao final de 2019 com sinais sólidos de retomada de crescimento, tendo em vista a instabilidade do setor no decorrer do ano. No entanto, 2020 iniciou-se com o surgimento de uma pandemia, a COVID 19, que ocasionou, até o momento, quebras de empresas pelo mundo, como também uma grande crise sociopolítica, isolamento social e redução do volume de produção de diversas empresas em diferentes segmentos do mercado.

A siderurgia, empresa no ramo de fabricação de aço, é mais um dos setores afetados, com a fabricação de aço reduzida e dificuldade de venda de seus produtos, houve a necessidade de realizar um controle ainda mais apurados dos gastos, incluindo na manutenção de máquinas e equipamentos dos processos produtivos.

Para isso, as siderurgias apostam em conhecimento dos profissionais da área da manutenção para evitar gastos além do necessário na execução da manutenção de máquinas e equipamentos do processo operacional. Isso porque esses, normalmente, são os maiores gastos do setor.

No processo operacional de uma siderúrgica situada na Região do Alto Paraopeba em Minas Gerais foi realizado este estudo, em um dos equipamentos que mais necessitam de manutenção, que é a redutora de velocidade. A substituição desse componente tem um custo muito elevado, o que torna a recuperação da carcaça do redutor de velocidade a opção mais viável e recomendada para reduzir custo. O serviço de recuperação deste equipamento é realizado com enchimento de solda e, posteriormente, conclui-se a recuperação dos diâmetros através da usinagem. O processo de recuperação é muito longo, além de ser necessário realizar um alívio de tensão devido ao excesso de solda e calor no equipamento.

Dentro deste contexto a pesquisa tem como objetivo aumentar a disponibilidade do redutor de velocidade, através da redução do tempo de recuperação da carcaça.

2. DEFINIÇÃO E TIPOS DE MANUTENÇÃO

Almeida (2015), de acordo a Associação Francesa de Normalização (AFNOR – em francês, L'Association Française de Normalisation), no item NF 60-010, afirma que “manutenção é o conjunto de ações que permitem restabelecer um bem para seu estado específico ou medidas para garantir um serviço determinado”. Em outras palavras, manutenção significa o cuidado com vistas à conservação e ao bom funcionamento de máquinas, ferramentas e outros equipamentos.

Fonseca et al (2018) complementam as ideias de Almeida (2015), que citou o conceito de manutenção da AFNOR, ao apresentar que a manutenção de máquinas e equipamentos é uma atividade fundamental para que a empresa consiga ser eficiente e, conseqüentemente, competitiva nos mercados em que atua. A falta de manutenção ou uma manutenção realizada de forma incorreta podem acarretar prejuízos para a empresa por máquinas paradas e perdas de produção.

Na mesma linha de pensamento dos autores apresentados, Xenos (1998) explica que num sentido restrito, que as atividades de manutenção estão limitadas ao retorno de um equipamento às suas condições originais. Enquanto, em um sentido mais amplo, as

atividades de manutenção também devem envolver a modificação das condições originais através da introdução de melhorias para evitar a ocorrência ou incidência de falhas, reduzir o custo e aumentar a produtividade.

As manutenções podem ser realizadas de diversas formas, isto é, tipos: corretivas, preventiva, preditiva, e outras. Como a manutenção corretiva ocorre somente quando acontece a quebra de uma máquina, como o próprio nome diz é necessário realizar a correção. Esse tipo de manutenção pode gerar custos alto para as empresas, pois quando uma máquina quebrada (dependendo do maquinário), pode parar a produção, o que consequentemente, reduz o volume de produtos produzidos, com isso receita e lucro. Nesse sentido, a manutenção preventiva foi desenvolvida para evitar os prejuízos causados por paradas imprevistas e evitar que defeitos de pequeno impacto causem danos maiores nas máquinas.

Almeida (2015) esclarece que para a implantação da manutenção preventiva é necessário que o mecânico de manutenção realize um estudo dos registros de manutenção corretiva e da vida útil das peças, para ter uma previsão baseada na realidade da empresa. Esse estudo permite também diagnosticar defeitos que causam a diminuição da vida útil das peças, mas fica omitido por sintomas (efeitos) em outras partes da máquina.

Outra manutenção que pode ser realizada para reduzir custos com defeitos ou quebra de máquina é a manutenção preditiva. Fonseca et al. (2018) explicam que esse tipo de manutenção não é programada com antecedência. A determinação do momento em que ela deve acontecer se dá pelo acompanhamento de partes e peças da máquina com a medição de variáveis que indicam a necessidade de manutenção. As variáveis mais comuns acompanhadas pela manutenção são a vibração, a temperatura, o ruído e a energia elétrica de alimentação das máquinas. Essas variáveis costumam ter um comportamento padrão durante a operação normal dos componentes. Qualquer alteração no valor dessas variáveis que modifique o padrão pode significar perda de rendimento e desgaste acentuado de peças e componentes, indicando proximidade de falhas e necessidade de intervenção nas máquinas.

2.1 REDUTOR

Para Souza (2020), os redutores de velocidade industriais são dispositivos mecânicos utilizados para reduzir a velocidade de rotação de um acionador. Eles podem ser acionados por um motor elétrico, hidráulico, de combustão ou turbina a vapor, e proporcionam alto desempenho de rotação dos equipamentos na indústria.

Os redutores de velocidade normalmente são constituídos por:

- Eixos de entrada e saída;
- Mancais;
- Rolamentos;
- Engrenagens (utilizadas para a transmissão de potência);
- Carcaça (geralmente disponibilizadas em ferro fundido ou alumínio).

Souza (2020) completa que eles possuem um alto desempenho de rotação, baixo nível de ruído e vibração e inúmeras aplicações possíveis.

Sales (2020) explica que a operação de uma indústria é baseada no funcionamento de diversos dispositivos que, trabalhando em conjunto de forma organizada, viabilizam a produção de diversos bens de valor. O redutor de velocidade pode ser listado entre esses dispositivos indispensáveis. Esse autor ainda complementa que, resumidamente, pode-se descrevê-lo como uma série de engrenagens que trabalham em conjunto para realizar tarefas como transmitir potência a um sistema e ajustar a velocidade de rotação de máquinas e equipamentos, tornando-a mais equilibrada. Tudo isso dentro de uma carcaça, uma caixa metálica.

2.2 MANDRILHADORA E MANDRILHAMENTO

Agostinho, Vilella e Button (2004) explicam que mandrilhamento é o processo de usinagem destinado à obtenção de superfícies de revolução com auxílio de uma ou mais ferramentas de barra. Para tanto, a ferramenta gira e a peça ou a ferramenta se deslocam simultaneamente seguindo uma trajetória determinada. A diferença fundamental entre o mandrilhamento e o torneamento interno é que no primeiro, a ferramenta gira e no segundo a peça é que tem o movimento de rotação. O mandrilhamento permite obter superfícies cilíndricas ou cônicas internas, segundo eixos perfeitamente paralelos entre si e dentro de apreciáveis tolerâncias dimensionais. As peças submetidas ao mandrilhamento caracterizam-se por serem de grandes dimensões e, portanto, de manuseio e montagens difíceis nas placas giratórias dos tomos.

Em máquinas como essas usinam-se grandes carcaças de caixas de engrenagens e estruturas de máquinas. Uma peça com forma prismática pode ser usinada em todas as suas quatro faces verticais, porque a mandrilhadora tem uma mesa giratória que possibilita a usinagem em todos os lados.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

Esta pesquisa é um estudo de caso, que foi desenvolvido em uma siderurgia da Região do Alto Paraopeba em Minas Gerais. O estudo ocorreu no setor oficina, no período de janeiro a novembro de 2020.

A pesquisa trata-se de um estudo sobre os redutores de velocidade utilizados para a movimentação do carro que transporta aço líquido, com o objetivo diminuir o tempo gasto para o reparo. Desta forma, para sua realização, foi caracterizada como exploratória, metodológica, documental e intervencionista, com método de análise de dados qualitativos e quantitativos.

Este trabalho utilizou o estudo do plano de manutenção preventiva e histórico corretiva, com o recolhimento de dados quantitativos e qualitativos baseados em dados documentais e técnicos da área. Os métodos foram utilizados para análise e estratificação de dados de operação do redutor, a fim de determinar, a partir da rotina, o tempo de operação até nova parada para manutenção.

A amostragem utilizada baseou-se em todos os redutores do mesmo tipo, que são utilizados na empresa.

A coleta de dados iniciou a partir da análise do tempo que era gasto na recuperação da carcaça e o tempo gasto com a nova forma de recuperação. Posteriormente, foi feita a análise do método e sugerido e implementado um novo método para recuperação das carcaças de redutor de velocidade.

4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS E RESULTADOS

A recuperação da carcaça é realizada totalmente pelo processo de soldagem, um procedimento lento e que desgasta o equipamento, tanto por fadiga, quanto por excesso de usinagem em suas faces. A cada vez que é realizada a recuperação, a carcaça é rebaixada e enchida de solda, isso inclui os diâmetros dos rolamentos, furos roscados das tampas e as faces, além de ser necessária a realização do alívio de tensão.

O alívio de tensão é aplicado por uma empresa contratada, uma vez que a empresa não possui o recurso interno para realizar esta atividade. A empresa contratada cobra o valor de R\$0,85 reais para cada quilo de material. A carcaça recuperada no procedimento estudado pesa, aproximadamente, 575 quilos, totalizando o valor de R\$ 490,00 reais para a realização do serviço.

Para a recuperação da forma habitual, após a carcaça estar sem os seus subconjuntos, as seguintes atividades são realizadas nos tempos indicados:

1. Rebaixar 4mm em todos os diâmetros e rebaixar furos roscados para serem enchidos de solda: 10 horas;
2. Ajustar a usinagem dos furos: 2 horas;
3. Serrar e oxycortar barras para o travamento das partes da carcaça para evitar ao máximo empeno: 3 horas;
4. Dar acabamento nos materiais cortados: 1 hora;
5. Executar a desmontagem da carcaça: 4 horas;
6. Montar travas para o enchimento de solda: 2,5 horas;
7. Realizar o enchimento de solda nas partes da carcaça: 48 horas;
8. Aguardar o tempo de resfriamento: 8 horas;
9. Realizar alívio de tensão, este processo é realizado externamente por uma empresa contratada: 1 semana;
10. Remover as travas: 1,5 horas;
11. Esmerilhar os excessos de solda e nas partes grafitadas: 2 horas;
12. Usinar as faces dos bipartidos da carcaça: 10 horas;
13. Ajustar as faces dos bipartidos: 1 horas;
14. Realizar a montagem da carcaça: 4 horas;
15. Traçar linhas de referência para conferir sobre metal para a usinagem final: 4 horas;
16. Usinagem final dos diâmetros, furos roscados e furos para pinos guias: 40 horas;
17. Usinagem dos novos pinos guias: 4 horas;
18. Ajustagem final da carcaça e repassar todos as roscas: 2 horas.

Ao somar o tempo necessário para realização das atividades de reocupação da carcaça, identifica-se que são necessários 147 (cento e quarenta e sete) horas de trabalho, acrescido o tempo gasto para a realização do alívio de tensão.

Para entendimento e visualização, a Figura 1 ilustra uma carcaça do redutor de velocidade após ser enchida de solda.

Figura 1 - Carcaça após ser enchida de solda.



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

A Figura 2 mostra uma carcaça de redutor de velocidade montada e traçada para conferir o sobremetal da solda.

Figura 2 - Carcaça montada



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Na Figura 3, pode-se verificar uma carcaça do redutor de velocidade recuperada e pronta para ser instalada no processo.

Figura 3 – Carcaça com a recuperação



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

A recuperação da carcaça é realizada quando solicitada pelo setor operação, uma recuperação em caráter de emergência. A oficina não tinha tempo suficiente para a realização da recuperação, conforme processo descrito. Assim, realizou-se contato com o cliente da área em que o equipamento trabalha para análise de qual meio de recuperação seria eficaz. Diante disso, surgiu a ideia de embuchar a carcaça.

Neste novo processo de recuperação, utiliza-se menos volume de solda, pois é necessário soldar apenas as faces externas e internas para o travamento da bucha, excluindo-se a realização do alívio de tensão.

O estudo realizado por técnicos de operação, mandrilhador e pelo analista de redutores tinha como objetivo detectar o esforço que o equipamento sofre durante o funcionamento para determinar as dimensões das buchas. Nesse processo, identificou-se que esse é um equipamento crítico, que trabalha em uma situação de carga e temperatura elevada, ou seja, sofrendo bastante esforço.

Então, foi decidido que iria realizar o processo de forma que a bucha tivesse uma espessura de raio capaz de suportar os desafios da operação, porém os furos roscados das tampas possuíam um raio de furação inferior ao que deveria ser feito na bucha. Para garantir o serviço, foi realizado aumento da dimensão da bucha e feitas as furações das tampas na própria.

Esse método, após análise, detectou que a carcaça seria rebaixada apenas uma vez. Quando voltar para nova manutenção preventiva, irá apenas remover a bucha danificada e substituir por novas e as furações serão refeitas.

Para a recuperação da carcaça do redutor, utilizando o método proposto, as atividades a serem executadas e seus tempos são:

1. Usinar furos na chapa para oxicotar o material para a fabricação das buchas: 2,5 horas;
2. Serrar barras e oxicotar chapas para a usinagem das buchas: 4 horas;
3. Dar acabamento nas chapas: 1,5 hora;
4. Fabricação das buchas: 16 horas;
5. Traçar linhas de centro para bipartir as buchas: 1,5 horas;
6. Usinar bipartindo as buchas e dar acabamento: 3 horas;
7. Usinar a carcaça rebaixando os diâmetros para embuchamento: 20 horas;
8. Montar as buchas na carcaça: 2 horas;
9. Soldar as buchas na carcaça: 3 horas;
10. Dar acabamento no excesso de solda: 1 hora;
11. Usinar o diâmetro interno das buchas, que estão com sobremetal, para a medida final (conforme desenho), usinar furos roscados das tampas e retificar furos de pino guia: 32 horas;
12. Usinar pinos guias: 3 horas;
13. Ajustagem final e repassar todas as roscas: 4 horas.

Com esse novo método para recuperar carcaças dos redutores de velocidade, o tempo de realização das atividades passou a ser de 93,5 horas de trabalho. A Figura 4 ilustra uma carcaça recuperada pelo novo método proposto.

Figura 4 – Carcaça recuperada pelo novo método de trabalho



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Com o novo procedimento de recuperação das carcaças, a empresa passou a ter um menor tempo de manutenção e, com isso, gera menor gasto de tempo de máquina parada. Outro previsto com o novo método é no aumento da vida útil do equipamento, pois ele tende a ter mais recuperações antes da necessidade de troca da carcaça.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do estudo exposto, pôde-se verificar que o novo método de recuperação apresentou retorno satisfatório, pois gerou aumento da disponibilidade do equipamento para o setor de produção. Isso ocorreu devido ao método anterior utilizado para recuperação de carcaça de redutor de velocidade ser de 147 horas e o novo método gasta 93,5 horas. Isso significa um ganho em tempo produtivo do setor operacional de 53,5 horas de trabalho. Fato é que ocorreu uma redução de 36,39% no tempo de recuperação da carcaça, que também implica em menos tempo de trabalho para os funcionários do setor de manutenção, como também em redução de carga de trabalho.

Em análise do novo método, observou-se que ele não compromete a operação e atende aos requisitos de qualidade da manutenção.

Desta forma, houve uma redução de tempo e custo para a recuperação das carcaças dos redutores de velocidade. Além de ganho no volume de produção e conseqüentemente receitas e aumento dos lucros.

Com a padronização do novo método e treinamento dos funcionários da manutenção, esse tempo ainda poderá ser reduzido. A empresa poderá ter bons resultados após a recuperação de todas as carcaças do processo produtivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AGOSTINHO, O. L., VILELLA, R. C., BUTTON, S. T. Processos de Fabricação e Planejamento de Processos. Campinas: UNICAMP, 2004.
- [2] ALMEIDA, P. S. Manutenção Mecânica Industrial. São Paulo: Érica- Saraiva, 2015.
- [3] FONSECA, G., GREGÓRIO, P., SANTOS, D. F., PRATA, A. B. Engenharia de Manutenção. São Paulo: Sagah, 2018.
- [4] SALES, R. Acoplast Brasil. 2020. Disponível em: Acoplast Brasil: <https://blog.acoplastbrasil.com.br/como-escolher-redutor-velocidade/>
- [5] SOUZA, G. Acoplast Brasil. 2020. Disponível em: Acoplast Brasil: <https://blog.acoplastbrasil.com.br/o-que-sao-rolamentos/>
- [6] XENOS, H. G. Gerenciando a Manutenção Produtiva: O Caminho para Eliminar Falhas nos Equipamentos e Aumentar a Produtividade. Rio de Janeiro: EDG 1ª Edição, 1998.

Capítulo 7

Manutenção mecânica em motoniveladoras: Um estudo de caso para elevar a disponibilidade física da frota de motoniveladora

Jeizon Gesnes Gripe da Silva

Everton Moreira Paiva

Jussara Fernandes Leite

Luciano José Vieira Franco

Edilberto da Silva Souza

Resumo: Em meio a um mercado tão competitivo, a redução de custos e a necessidade de se fazer mais com menos se tornou um grande desafio enfrentado para as empresas do setor de mineração. Para manterem-se ativas no mercado, é necessário conseguir bons resultados e engajamento de toda a equipe de todos os setores. O presente trabalho acadêmico tem como objetivo elevar a disponibilidade física (DF) da frota de motoniveladora. Esta pesquisa é de natureza exploratória com dados quantitativos e qualitativos. Os resultados mostram um ganho do indicador de disponibilidade física (DF), gerando uma confiabilidade na frota de motoniveladora, que conseqüentemente a melhoria da sua performance. As falhas de direção e o número de horas corretivas da frota de motoniveladora foram de 70 falhas e 621,11 horas no ano de 2020; e 29 falhas e 92,38 horas no ano de 2021. Até o momento, notou-se uma diminuição das falhas no ano de 2021 devido a implantação da estratégia que foi objeto de estudo deste trabalho. Isso mostra que a empresa está caminhando para um cenário favorável, em que a manutenção tem um papel muito importante e insubstituível nos resultados e objetivos estratégicos.

Palavras-chave: Manutenção. Indicadores. Confiabilidade. Motoniveladora

1. INTRODUÇÃO

O território brasileiro é rico em minérios, sendo um dos mais explorados do mundo. Grande parte das empresas mineradoras não é genuinamente brasileira, tendo em vista que muitas são associadas a outras empresas estrangeiras, oriundas principalmente dos Estados Unidos, Canadá, Japão e Europa. As empresas estrangeiras inseriram tecnologias na extração de minérios e promoveram um significativo aumento da produção.

Para realizar o processo de extração dos minérios, as empresas utilizam máquinas e equipamentos de grande, médios e pequeno porte no processo. Logo, para alcançar o incessante crescimento da produtividade em meio ao cenário atual de pandemia e grande competitividade entre as empresas, é necessário que as mineradoras tenham bom desempenho e maior confiabilidade dos seus equipamentos.

A confiabilidade do equipamento faz parte do papel da equipe de manutenção. Como nas minerações de minérios de ferro, todo o processo operacional depende de máquinas e equipamento para executar as atividades. A função da manutenção é primordial para manterem as máquinas e equipamentos em estado confiável de operação.

Vale destacar que as principais máquinas e equipamentos utilizados na mineração são carregadeiras, caminhões fora de estrada, perfuratrizes, tratores e motoniveladoras. Esta última é importante na movimentação de materiais e na infraestrutura das mineradoras, uma vez que ela é responsável por manter todo o acesso em boas condições para que todo o processo tenha fluidez e não venha impactar no transporte interno de minério, deixando outros equipamentos ociosos, como exemplo os caminhões que transportam os materiais e têm a necessidade de despejar o material na área de embarque.

Para melhor compreensão do estudo, a motoniveladora é um equipamento que possui pneus, e tem uma lâmina integrada justamente para fazer o nivelamento nas estradas e acessos que transitam todos os equipamentos da mineração. Em minerações de grande porte, normalmente, as máquinas e equipamentos são utilizados durante 24h/dia, 365 dias/ano. Portanto, devido às condições críticas de operação dos equipamentos, eles podem ter falhas durante a realização das atividades. Diante do exposto, a pesquisa tem o objetivo de elevar a disponibilidade física (DF) da frota de motoniveladora de uma mineradora de grande porte da Região do Médio Piracicaba de Minas Gerais.

2. PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO

Segundo Tubino (2000), o planejamento e controle da manutenção tem um papel muito importante, pois o mesmo tem como objetivo fazer com que o processo de manutenção funcione da melhor forma possível, com o fim de trazer os resultados mais desejáveis para alcançar os indicadores programados, executando a manutenção desde o seu início até o fim, visualizando uma gestão estratégica de todos os processos e recursos.

Kardec e Nascif (2009) corroboram com as ideias de Tubino (2000), ao esclarecer que estratégia de manutenção é o conjunto de ações necessárias (o que fazer) para garantir a disponibilidade e confiabilidade de uma frota ou equipamento. Acrescentam também que a estratégia de manutenção depende das características dos equipamentos, serviços que precisam ser realizados no tipo de equipamento, e recursos disponíveis para atendimento da demanda requerida.

Kardec e Nascif (2013) explicam que para se tornar uma função estratégica, a manutenção precisa estar voltada para os resultados empresariais. É preciso, sobretudo, deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz; ou seja, não basta, apenas, reparar o equipamento ou instalação tão rápido quanto possível, mas é preciso, principalmente, manter a função do equipamento disponível para a operação, reduzindo a probabilidade de uma parada de produção não planejada.

2.1 CONCEITOS DE MANUTENÇÃO

A manutenção de máquinas e equipamentos de grande porte dentro de uma mineração de minério de ferro contribui com uma maior vida útil dos seus componentes e periféricos, para evitar paradas não programadas dentro do processo de produção. Os planos de manutenção preventiva, corretiva e preditiva são capazes de detectar quando um equipamento ou peça está desgastado ou necessita de certos reparos, por isto, ter um planejamento e uma gestão de manutenção de máquinas e equipamentos é essencial para confiabilidade operacional do equipamento para qualquer empresa, incluindo as minerações.

Segundo Kardec e Nascif (2009), existem seis práticas, tipos ou estratégias de manutenção que cobrem desde a restauração emergencial até a implementação de melhorias junto aos ativos:

- Manutenção Corretiva Não Planejada
- Manutenção Preventiva
- Manutenção Preditiva
- Manutenção Detectiva
- Manutenção Corretiva Planejada
- Engenharia de Manutenção

A manutenção corretiva não planejada, segundo Kardec e Nascif (2013), é também conhecida como manutenção corretiva não programada ou simplesmente emergencial. Caracteriza-se pela atuação da manutenção em fato já ocorrido, seja esta uma falha ou um desempenho menor do que esperado. Não há tempo para preparação do serviço ou não se faz planejamento.

A manutenção preventiva é a manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. Em determinados setores, como na aviação, a adoção de manutenção preventiva é imperativa para determinados sistemas ou componentes, pois o fator de segurança se sobrepõe aos demais.

Os autores citam que a manutenção preditiva é a atuação em um ativo com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática.

A manutenção detectiva é a que atua de forma efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção. A identificação de falhas ocultas é primordial para garantir maior confiabilidade aos processos.

A penúltima manutenção apresentada pelos autores é a manutenção corretiva planejada, que é a atuação realizada junto ao ativo mediante a detecção da falha através de técnicas de monitoramento preditivo. São realizados o planejamento, programação e execução das atividades sem comprometer os níveis de confiabilidade do processo.

Por fim, sobre a engenharia de manutenção, Kardec e Nascif (2013) informam que é uma quebra de paradigma na manutenção. Praticar a engenharia de manutenção significa uma mudança cultural. Implica em perseguir benchmarks, aplicar técnicas modernas e estar nivelado com a manutenção de primeiro mundo.

2.2 INDICADORES DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO

Segundo Viana (2006, p. 139), os indicadores de manutenção, além de acompanhar os seus desafios, acompanham a sua rotina diária. O autor ainda ressalta que devem ser retratados aspectos importantes no processo da planta, e o planejamento e controle da manutenção (PCM) deve avaliar a melhor forma de gerenciar o processo, acompanhando aquilo que agrega valor.

Uma das formas para realizar a avaliação do processo de manutenção é por meio de indicadores, com a utilização do tempo médio entre falha (TMEF), o tempo médio de reparo (TMPR), dentre outros. *Slack, Chambers e Johnston* (2009) esclarecem que o TMEF é o tempo entre uma falha e outra, e o TMPR é o tempo utilizado para corrigir uma falha ou defeito.

Por outra abordagem, Viana (2006) cita em seus estudos os indicadores, que são referências no que tange manutenção, sendo estes:

- Disponibilidade operacional: é a eficácia de um item estar em condições de executar uma determinada função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado. Matematicamente pode-se dizer que é a relação entre as horas trabalhadas e as horas totais no período;
- Custo de manutenção por faturamento: é a associação entre os gastos totais com manutenção, e o faturamento da empresa;
- Custo de manutenção por valor de reposição: é a relação entre o custo total de manutenção de um determinado equipamento com o seu valor de compra;
- Backlog: é a relação entre a demanda de serviços e a capacidade de atendê-los, ou seja, é a soma de todas as horas previstas de HH em carteira, divididas pela capacidade instalada da equipe de executantes;
- Índice de retrabalho: representa o percentual de horas trabalhadas em ordens de manutenção encerradas, reabertas por qualquer motivo, em relação ao total geral trabalhado no período. Tem por finalidade, verificar a qualidade dos serviços de manutenção, se as intervenções são definitivas ou paliativas, gerando um constante retorno ao equipamento.

- Índice de corretiva: é o percentual das horas de manutenção que foram dedicadas em corretivas. Seu objetivo é fornecer a real situação da ação, planejamento e programação;
- Índice de preventiva: é o percentual das horas de manutenção que foram dedicadas em preventivas, sendo o oposto do índice de corretiva;
- Taxa de frequência de acidentes: é o número de acidentes com milhão de HH trabalhado. Mensura a eficiência das ações em busca de um ambiente seguro para o trabalho.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

Esta pesquisa é um estudo de caso caracterizado como exploratório, descritivo, explicativo e aplicado.

O estudo de caso foi realizado em uma mina de céu aberto de minério de ferro, localizada na superfície do quadrilátero ferrífero em um complexo minerador de Minas Gerais na Região do Médio Piracicaba. A empresa possui nessa região, um total de 7 motoniveladoras da marca Caterpillar.

Como exploratória esta pesquisa buscou analisar as atividades de manutenção mecânica, a fim de apresentar melhorias para o aumento da confiabilidade dos equipamentos. Para isso, foi necessário realizar a descrição das atividades e procedimentos de manutenção mecânica da oficina e da manutenção corretiva, que é realizada no campo, o que caracteriza este estudo como descritivo com finalidade explicativa.

Caracteriza-se como aplicada, pois foi dirigida com o intuito de solucionar problemas existentes no processo de manutenção, pessoas e equipamentos.

A opção de escolha da frota pesquisada se deu por questões de acessibilidade, pois o autor deste estudo trabalha na empresa que mantém os equipamentos em condições de uso para as áreas de infraestrutura e operação de mina, no qual o mesmo teve participação ativa direta neste estudo de caso, que teve como objetivo fornecer todo o suporte necessário para a atividade principal de extrair o estéril e/ou minério.

Para realização deste trabalho, foram coletados os históricos de falhas no sistema de direção das motoniveladoras no período de Janeiro de 2020 a Setembro de 2021.

Este trabalho foi caracterizado como uma pesquisa quantitativa, e os dados foram apresentados por meio de gráficos e planilhas. Os dados referem-se à quantidade de paradas em corretiva, tempo para correção, número de falhas e a confiabilidade em uma frota de motoniveladoras.

Os dados coletados neste estudo de caso foram retirados do Sistema Integrado de Acompanhamento de Mina (SIAM), no qual são acompanhados pela equipe de planejamento, que fica responsável por tratar as irregularidades nas ocorrências e gerar relatórios diariamente para divulgação interna entre os setores de manutenção, infraestrutura e operação de mina.

Estes dados viabilizam que a pesquisa também seja qualitativa, pois é possível, por meio de observação do comportamento da manutenção, obter informações para assim melhor ser analisados e desenvolver medidas de atuação e obter melhores resultados.

4. ESTUDO DE CASO

A motoniveladora é um equipamento que serve para deslocar e nivelar uma superfície de terra. Tem uma lâmina que pode inclinar em diversas posições em relação ao seu eixo de marcha e ao plano horizontal. Muito utilizada como item essencial para a realização de terraplenagem, sendo sua principal função a de nivelar determinado perímetro do solo.

O peso de uma motoniveladora é de aproximadamente 12~17 toneladas. Sua velocidade à frente varia de 4 a 35 km/h e à ré 7 a 23 km/h em média. As motoniveladoras têm seis rodas que permitem a movimentação por qualquer tipo de terreno.

Quatro das rodas da motoniveladora são localizadas na parte traseira, com a finalidade de distribuir a carga do motor e componentes mecânicos ao solo, proporcionando maior tração do equipamento. Todo este torque e força dissipada pelas rodas para o deslocamento da máquina é utilizado na lâmina ou escarificador para trabalhar o material desejado. Sua cabine oferece visão em 360°, permitindo o trabalho utilizando aceleração nos dois sentidos, frente e ré. Sua parte frontal tem um contrapeso para aumentar sua estabilidade em territórios instáveis, de aclave ou declive. Com rodas robustas e um motor potente, é capaz de enfrentar qualquer terreno de forma prática e funcional. (ARMAC, 2019).

A Figura 1 ilustra uma motoniveladora modelo 16M da fabricante Caterpillar.

Figura 1 - Motoniveladora 16M Caterpillar



Fonte: Caterpillar (2020)

A motoniveladora Caterpillar 16M é configurada especialmente para operação em minas e desenvolvimento, e manutenção de estradas de transporte. A CAT 16M maximiza a disponibilidade e controla os custos de operação.

4.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO DAS MOTONIVELADORAS

As manutenções preventivas e corretivas das motoniveladoras e demais equipamentos de mina são planejadas e programadas através de uma reunião da equipe de Planejamento e Controle da Produção (PCM). Na reunião, representante de cada setor participa das tomadas de decisões com o intuito de atingir o melhor resultado para a disponibilidade dos equipamentos e também da confiabilidade para atender a demanda da operação de mina e infraestrutura.

As manutenções preventivas são efetuadas conforme os planos de revisão emitidos pelo departamento de Planejamento e Controle da Produção (PCM) e baseiam-se nas recomendações do fabricante. A maior parte das manutenções preventivas dos equipamentos ocorre em um centro de manutenção onde o equipamento é revisado conforme orientação do fabricante, que estabelece que a revisão seja realizada conforme sua periodicidade, ou seja, suas horas trabalhadas e através do relatório de manutenção corretiva, onde fica relatado o motivo da parada de cada equipamento e as intervenções corretivas realizadas na mina.

Desta forma, para manter os equipamentos de mina em perfeito estado de conservação, é realizado dois tipos principais de manutenção: a manutenção preventiva e a manutenção corretiva.

O fluxo do processo da manutenção dos equipamentos se inicia quando o operador do equipamento reconhece que há um defeito impactando na execução da atividade e/ou segurança, em sequência as informações são repassadas para o centro de controle operacional. A partir das informações apuradas sobre a falha/defeito, estas são repassadas para a equipe de manutenção responsável, que faz uma análise de acordo com a emergência da falha e então toma a decisão de intervir para corrigir o defeito ou programar a parada do equipamento em preventiva para sanar o problema.

4.2 PERFIL DE PERDAS E MAPEAMENTO DE FALHAS

De acordo com Almeida (2006), o perfil de perdas é embasado na estratificação das perdas do processo produtivo através de gráficos de Pareto, tendo como principal objetivo identificar quais são as maiores oportunidades de ganho. Para elaborar o perfil de perdas, é necessário definir a natureza da perda a ser tratado, que neste trabalho são a quantidade e tempo total de paradas por falhas no sistema de direção, a confiabilidade e a indisponibilidade física das motoniveladoras. Essas naturezas possibilitam identificar o perfil das paradas de manutenção corretiva ocorridas para identificar os tipos de paradas que mais se repetem, tais como aqueles responsáveis pela maior parte do tempo de parada das motoniveladoras.

A empresa em estudo possui um sistema online de registro denominado Sistema Integrado de Acompanhamento de Mina (SIAM) por onde são registradas as paradas e perdas do processo produtivo dos equipamentos móveis. Esse sistema possui confiabilidade nos valores de datas e durações, mas devido à complexidade de falhas, é necessário que as paradas sejam divididas nos níveis: sistema, conjunto, item e problema.

O sistema de direção é o principal responsável pela perda de DF em corretiva nas motoniveladoras. Estratificando o perfil de perdas de janeiro de 2020 a agosto de 2021,

o conjunto onde ocorreu a maioria das falhas é o eixo dianteiro. As falhas que ocorreram no eixo propriamente dito são as principais, seguido das falhas nos demais componentes do eixo.

Outro fato relevante, pela ótica da repetição, é que o conjunto elétrico da direção é o terceiro maior causador de paradas em corretiva, sendo os itens chicote e sensor dos cilindros de direção apropriados como motivos geradores de parada. Grande parte das falhas é consequência das folgas do conjunto do eixo dianteiro, uma vez que nesta condição, alarmes de direção são gerados com frequência em função de feedback de posição incorreto dos cilindros de direção, levando as equipes a atuar nos chicotes e sensores de forma equivocada. Isto se observa nos registros detalhados das paradas, onde é comum o alarme de direção se repetir várias vezes após atuação na parte elétrica, e finalizar somente após correção paliativa ou definitiva das folgas.

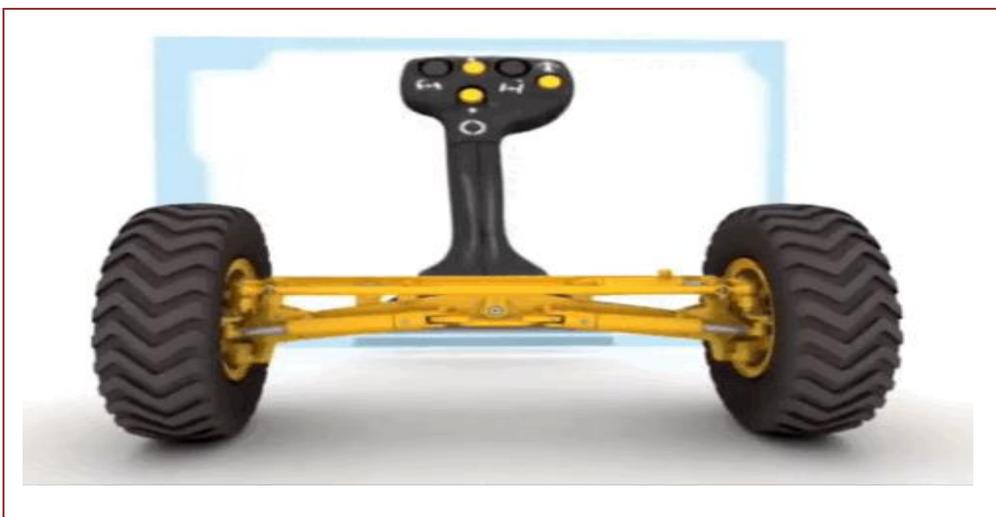
4.3 SOLUÇÕES PROPOSTAS

Com estratégia, foi necessário a implementação de um plano de manutenção específico para as motoniveladoras, devido a frota de esses equipamentos terem demonstrado uma baixa performance por vários meses, não conseguindo manter um indicador estável. Foram realizadas várias reuniões com toda a equipe de manutenção, desde o chão fábrica até o nível gerencial, para fazer o levantamento de tudo que poderia ser melhorado no processo de manutenção para atingir a meta de DF da frota de motoniveladoras.

Realizado o levantamento de falhas dos equipamentos, foi identificado um número elevado de falhas no sistema de direção. Esses eram causados por falta de lubrificação e desgaste excessivo nos eixos dianteiros devido um mal planejamento e programação das manutenções preventivas especificamente nessa frota.

O conjunto do eixo dianteiro é composto por diversos itens dentre estes itens três modos de falhas são comuns: desgaste por atrito; fratura por fadiga e empenamento. O desgaste por atrito é o modo de falha dominante, e ocorre em função da natureza de operação do eixo em direção e tombamento das rodas, conforme se pode observar na Figura 2.

Figura 2 - Eixo dianteiro montado



Fonte: Caterpillar (2020)

O desgaste ocorre em detrimento dos movimentos de articulação do conjunto, depende diretamente do tempo de uso e é influenciado pela lubrificação por graxa. Depois de realizado os levantamentos necessários, foram desenvolvidas algumas ações para tratativas das ocorrências, nas quais foram inseridas um novo plano de manutenção preventiva para as motoniveladoras. Esse plano requer grandes manutenções nos equipamentos antes do mês de setembro, devido a altas ocorrências de chuvas nessa época do ano, e é nesse período que se faz necessária uma alta utilização desse equipamento para garantir um acesso em boas condições de tráfego para os caminhões fora de estrada que fazem o transporte do minério nas áreas internas da mina, diferentemente do que vinha sendo feito.

Foi treinado um empregado na área de mandrilhamento e usinagem para que se pudesse fazer a reforma dos eixos de direção dianteira, encurtando prazo de reforma do mesmo, pois a reforma enviada para se fazer externa durava em torno de 120 dias e com um custo alto. Fazendo a reforma interna, o prazo era de 30 dias, sendo disponibilizados recursos pra reforma do mesmo, ganhando em produtividade e custo, pois com a reforma interna conseguiu-se a redução de 2/3 do custo da reforma externa do eixo. Foi direcionado dois empregados para trabalhar especificamente com lubrificação centralizada nas motoniveladoras para melhorar a confiabilidade das manutenções.

4.4 DADOS DA DISPONIBILIDADE FÍSICA DA MOTONIVELADORA

Nesta pesquisa, foram levantados os dados da disponibilidade física das motoniveladoras. A Tabela 1 ilustra como eram os indicadores programados e reais, mostrando uma grande dificuldade de estabilidade no alcance das metas programadas dos meses devido ao grande número de falhas e paradas em corretivas.

Tabela 1 – Disponibilidade Física

| 2020 | | | | | | | | | | | | |
|---------------|---------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|---------|----------|----------|
| | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Maió | Junho | Julho | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
| DF Programado | 45,67% | 52,34% | 51,80% | 48,56% | 44,86% | 45,75% | 48,65% | 44,45% | 42,00% | 55,75% | 58,90% | 55,95% |
| DF Real | 40,65% | 51,45% | 52,60% | 48,20% | 44,90% | 44,00% | 48,15% | 47,00% | 44,96% | 55,95% | 52,00% | 51,00% |
| 2021 | | | | | | | | | | | | |
| | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Maió | Junho | Julho | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
| DF Programado | 46,75% | 53,00% | 56,75% | 45,22% | 52,50% | 43,76% | 51,65% | 43,75% | 49,65% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| DF Real | 49,65% | 55,50% | 57,89% | 52,56% | 54,58% | 42,22% | 55,51% | 47,98% | 54,76% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |

Fonte: Dados da Pesquisa (2021)

Pode-se observar na Tabela 1, no ano de 2021, uma melhora nos resultados após a implantação da estratégia no processo de manutenção, que repercutiu em melhoria dos resultados e performance da frota, com exceção do junho deste ano, período em que foi identificada e realizada uma parada não programada para a troca de um motor.

4.5 FALHAS E HORAS CORRETIVAS

As falhas de direção e o número de horas corretivas da frota de motoniveladora foram de 70 falhas e 621,11 horas corretivas no ano de 2020; e 29 falhas e 92,38 horas corretivas no ano de 2021. Até o momento, notou-se uma diminuição das falhas no ano de 2021 devido a implantação da estratégia que foi objeto de estudo neste trabalho.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio deste estudo, foi possível demonstrar que a manutenção mecânica atua diretamente no processo de falha relacionada ao sistema de direção das motoniveladoras. Foi possível notar que para haver eficiência na manutenção, é muito importante planejar, estabelecer metas de performance e índices, para que seja possível alcançar os resultados. A partir daí, se torna possível controlar os seus trabalhos com uma combinação de ações estratégicas, buscando aumentar a confiabilidade através de um bom funcionamento de toda a manutenção, a fim de atender o seu cliente final que é a produção.

A pesquisa teve como principal objetivo elevar a disponibilidade física (DF) da frota de motoniveladora. Para isso, foi realizado o levantamento do histórico das manutenções corretivas das falhas no sistema de direção, que totalizaram 70 falhas, e identificadas as principais causas que afetam a confiabilidade e disponibilidade física através da análise e coleta de dados dos equipamentos, totalizando 621,11h de manutenção corretiva. Foi possível relacionar as principais não conformidades e apresentar medidas para reduzir as falhas.

A partir da análise de confiabilidade pôde-se aprofundar o conhecimento referente à análise de falhas e buscar melhorias a fim de aumentar a confiabilidade, e consequentemente, a disponibilidade de equipamentos através das soluções propostas. Com os equipamentos funcionando com maior estabilidade, a produção torna-se mais confiável, podendo contar com maior disponibilidade desses, e a manutenção obtém menor custo na reposição dos componentes e até mesmo eliminação de retrabalhos.

Juntamente com toda a equipe de manutenção, através de um esforço mútuo, foram estipuladas ações de melhoria que podem ser aplicadas facilmente, tendo sido realizado ajustes necessários e treinamento de mão de obra. Por meio de uma profunda análise do processo, foi possível realizar a implantação das melhorias e as ações que possam ter continuidade em trabalhos futuros. Depois de implementadas todas as estratégias, foi possível notar um ganho real em DF da frota de motoniveladora até os meses acompanhados neste estudo, tendo como resultado positivo todas as ações e estratégias planejadas. É importante lembrar que os planos de manutenção devem ser revistos periodicamente, para que se possam identificar novos meios de melhorias, em busca da excelência com ênfase em um processo produtivo mais eficiente de toda a organização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALMEIDA, Sérgio Néri de. Elaboração do Perfil de Perdas. Vitória: Companhia Vale do Rio Doce, 2006.
- [2] ARMAC. O que é uma motoniveladora. 2019. Disponível em:<<https://armac.com.br/blog/maquina/motoniveladoras/o-que-e-uma-motoniveladora/> Acesso em : 31/08/2021
- [3] KARDEC, Alan; NASCIF Júlio. Manutenção: função estratégica. 3.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2009. 384 p.
- [4] KARDEC, Allan; NASCIF, Júlio. Manutenção – Função Estratégica. 4ª Edição: Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2013.
- [5] SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. Editora Atlas. 3ª Edição. São Paulo, 2009.
- [6] TUBINO, D. F. Manual de planejamento e controle da produção. 2. Edição. São Paulo: Atlas, 2000
- [7] VIANA. P. Planejamento e Controle da Manutenção. Rio de Janeiro: Qualitimark, 2006.

Capítulo 8

Manutenção em mancais de laminação de perfis estruturais

Raí Pontes Leite

Luciano José Vieira Franco

Jussara Fernandes Leite

José Sebastião dos Reis Silva

Fernando Marinho

Resumo: Para as siderúrgicas manterem-se competitivas e com bons resultados, é necessário que seus processos sejam otimizados e os equipamentos estejam em perfeito estado de operação. Para isso, os serviços de manutenção têm que operar de forma a atender os processos operacionais buscando criar métodos para reduzir os custos de manutenção. Nesse contexto, esta pesquisa é um estudo realizado em mancais verticais de um laminador universal em uma empresa siderúrgica da região do Alto Paraopeba em Minas Gerais. O objetivo é reduzir custos com manutenção dos mancais verticais, desenvolvendo e padronizando um novo método de manutenção para manter os mancais em perfeita operação. A pesquisa realizada é caracterizada como bibliográfica, exploratória, metodológica, documental e com método de análise de dados qualitativos e quantitativos. A partir do seu desenvolvimento, foi propostas e implementadas ações que levaram a empresa a obter ganhos de R\$ 61.120,00 devido a não ter que arcar com os gastos de recuperação da rosca M 42 e fabricação do tirante M 42. Outro ganho verificado foi com a redução de custo com a manutenção dos mancais, pois diminuiu o tempo de montagem e aumentou a confiabilidade dos mancais no processo operacional.

Palavras-chave: Laminações. Manutenção. Mancais.

1. INTRODUÇÃO

O mercado está cada vez mais competitivo em todos os seguimentos. Um desses é a produção de aço, sendo fundamental para a fabricação de peças, máquinas, estruturas metálicas, entre outros produtos. A maioria das siderurgias fabrica aço que servem como matéria prima para outras indústrias, que por sua vez produzem diversos produtos a partir do material.

Para as siderúrgicas manterem-se competitivas e com bons resultados, é necessário que seus processos sejam otimizados e os equipamentos estejam em perfeito estado de operação, isto é, mantendo um alto índice de disponibilidade e confiabilidade. Nesse contexto, os serviços de manutenção têm que operar de forma a atender os processos operacionais, buscando criar métodos para reduzir os custos.

De acordo com Kardec e Nascif (2009, p. 23) a manutenção deve “garantir a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos e instalações de modo a atender um processo de produção ou serviço, com segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados”.

Assim sendo, a principal maneira de aumentar a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos utilizados para entrega dos produtos e/ou serviços com qualidade e preço competitivo é a manutenção. A disponibilidade continua sendo uma das medidas de desempenho mais importantes, juntamente com a confiabilidade, que é um fator de busca da manutenção.

Nesse sentido, esta pesquisa é um estudo realizado em mancais verticais de um laminador universal em uma empresa siderúrgica da região do Alto Paraopeba em Minas Gerais. O objetivo foi reduzir custos com manutenção de mancais verticais, desenvolvendo e padronizando um novo método de manutenção para manter os mancais em perfeita operação.

2. MANUTENÇÃO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a partir da Norma Brasileira Regulamentadora (NBR 5462, 1994), define que a manutenção é a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

Segundo Kardec e Nascif (2009), a consolidação da atividade de Engenharia de Manutenção, dentro da estrutura organizacional, tem na garantia da disponibilidade, confiabilidade e da manutenibilidade as três maiores justificativas da sua existência.

Kardec e Nascif (2009) ainda afirmam que uma das maneiras encontradas para obtenção dos resultados esperados é a prática da análise de falhas, que “é uma metodologia consagrada como uma prática capaz de melhorar a performance dos equipamentos e da empresa.”

Nessa linha de pensamento, Kardec e Nascif (2009) apresentam diversos tipos de manutenções. Cada uma delas possui uma forma e momento certo de aplicabilidade para serem realizadas. Dentre elas existem algumas que possuem maior destaque e aplicação: a manutenção corretiva não planejada, a manutenção corretiva planejada, a manutenção preventiva e a manutenção preditiva.

Xenos (1998) explica em seus estudos que a manutenção corretiva é a intervenção necessária para retornar um equipamento para condição original de funcionamento, seja total ou parcial. Naturalmente “a manutenção corretiva é feita sempre após que a falha ocorreu”;

Sobre manutenção preventiva, Kardec e Nascif (2009) a conceitua como a “atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, observando a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo”. Xenos (1998) complementa as ideias apresentadas por Kardec e Nascif (2009), ao citar que a manutenção preventiva possui um custo elevado devido à troca de peças que ainda poderiam trabalhar.

Em relação à manutenção preditiva, Xenos (1998) esclarece que ela permite otimizar a troca das peças e estender o intervalo de manutenções, isso porque permite prever quando o componente estará próximo ao seu limite de funcionamento. Consequente, Kardec e Nascif (2009) complementam dizendo que essa manutenção “é a que oferece melhores resultados, pois intervém o mínimo possível na planta”.

2.1 ELEMENTOS DE FIXAÇÃO

De modo geral, é necessário realizar a união de componentes para a montagem de máquinas e/ou equipamentos. As uniões são realizadas através do que se denominam elementos de fixação. Os fixadores possuem funções e aplicações diferentes entre si e se dividem em elementos de fixação permanentes e elementos de fixação não permanentes.

Generoso (2009) informa que as uniões permanentes fazem com que os elementos de fixação, uma vez instalados, não possam ser retirados sem que fiquem inutilizados. É o caso, por exemplo, de uniões feitas com rebites e soldas.

No tipo de união não permanente, os elementos de fixação podem ser colocados ou retirados do conjunto sem causar qualquer dano às peças que foram unidas. As uniões são feitas com parafusos, porcas e arruelas.

A rosca, segundo Norton (2013), é o elemento de fixação mais comum entre os fixadores. Em termos gerais, esse autor explica que a rosca é uma hélice que faz com que o parafuso avance sobre o material ou porca quando é aplicado um toque sobre o mesmo. Podem ser externas ou internas.

Sobre os parafusos, Almeida (2014) relata que são elementos de fixação não permanentes com corpo cilíndrico e rosca em uma de suas extremidades. Eles são utilizados para a fixação de peças, permitindo a montagem e a desmontagem. Existem vários tipos de parafusos para diversas aplicações, por exemplo: prisoneiros, allen e sextavado.

Almeida (2014) explica que as porcas também são elementos de fixação não permanentes e são utilizadas juntamente com os parafusos. A porca sextavada possui geometria semelhante ao parafuso de cabeça sextavada. É muito utilizada para fixação de conjuntos mecânicos ou estruturas em geral, desde que o espaço permita o manuseio das chaves de aperto e desaperto.

2.2 LAMINAÇÕES

De acordo com a Associação Brasileira do Alumínio (ABAL, 2019), a laminação “é um processo de transformação mecânica que consiste na redução da seção transversal por compressão do metal, por meio da passagem deste entre dois cilindros de aço ou ferro fundido com eixos paralelos que giram em torno de si mesmos”. Esse processo de conformação mecânica apresenta alta produtividade e produtos acabados com grande controle em dimensionais.

O laminador é o equipamento responsável por realizar todo o processo de conformação mecânica por laminação. Eles são classificados de acordo com a quantidade de cilindros utilizados no laminador, conforme apresenta Krelling (s/d):

1. Laminador DUO reversível – 2 rolos com inversão de rotação
2. Laminador TRIO – 3 cilindros
3. Laminador QUADRUO – 4 cilindros
4. Laminador SENDZIMIR – cilindros de trabalho finos suportados por vários outros cilindros mais grossos
5. Laminador UNIVERSAL – 2 Rolos verticais e 2 rolos horizontais

Além dos laminadores, o processo de laminação necessita de outros equipamentos disposta em sequência lógica para realizar o trabalho, são estes: fornos de reaquecimento, sistema de roletes, guias, serras e/ou tesouras.

3. METODOLOGIA

Este trabalho é um estudo de caso realizado em uma empresa do ramo siderúrgico, com o objetivo de reduzir os custos com manutenção de mancais verticais, desenvolvendo e padronizando um novo método de manutenção para manter os mancais em perfeita operação. A siderurgia situa-se na região do Alto Paraopeba em Minas Gerais e o estudo ocorreu no período de janeiro a novembro de 2020.

A pesquisa realizada é caracterizada como bibliográfica, exploratória, metodológica, documental e com método de análise de dados qualitativos e quantitativos.

Esse estudo apresentou alguns dos principais conceitos de manutenção e desta forma é considerado como pesquisa bibliográfica, que foi classificada como exploratória e metodológica, pois foi desenvolvida pelo próprio executante que convive com a real situação dos mancais de laminação de perfis, a fim de avaliar a verdadeira necessidade, sugerir melhorias e implementar novo método para a recuperação dos mancais verticais. Foi considerada documental, pois foram utilizados documentos e relatórios sistêmicos da empresa para obter dados sobre a demanda da quantidade de mancais para operação, escopo de serviço de recuperação e manutenção de equipamentos.

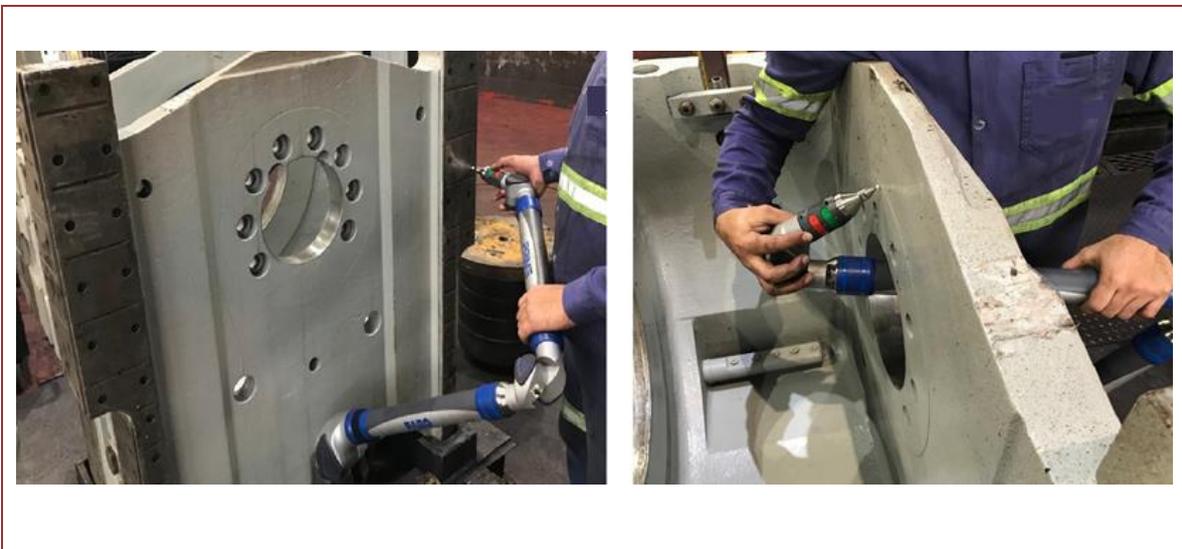
Na etapa de coleta e análise de dados, foi realizada a pesquisa de campo, de forma que obteve dados qualitativos e quantitativos.

Em relação aos dados quantitativos, foram coletadas:

- Quantidade mínima de mancais verticais necessários para atender o processo de laminação de perfis;
 - Quantidade de mancais em operação;
 - Quantidade de mancais parados aguardando reparo;
 - Custo de manutenção para reparo dos mancais verticais;
 - Quantidade de falhas iguais nos mancais verticais.
- Relacionados aos dados qualitativos, foi necessário o levantamento dos seguintes dados:
- Situação dimensional dos mancais em operação;
 - Condição física dos mancais verticais em operação;
 - Quais mancais apresentam o mesmo tipo de falha

A peritagem dos mancais verticais foi realizada com uma máquina de medição por coordenada, chamada de Braço Faro, conforme pode ser observada na Figura 1.

Figura 1 - Peritagem do mancal vertical com braço Faro



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

A análise dos dados foi essencial para o entendimento da situação real dos mancais verticais, quais mancais estavam em perfeitas condições de uso ou em operação com a presença de anomalias, além da causa raiz das principais falhas.

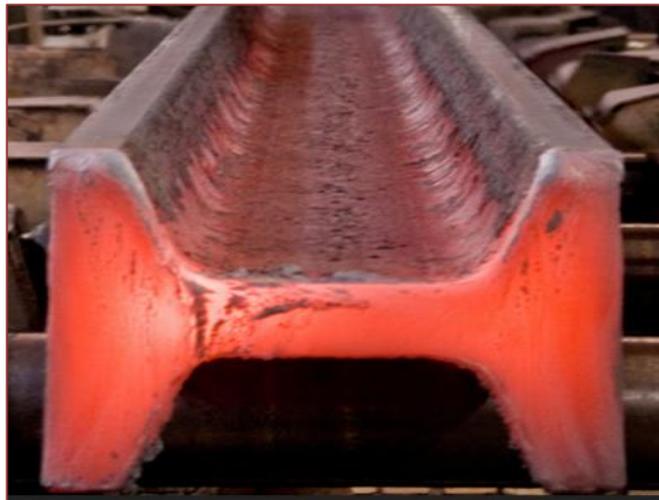
Posteriormente, verificou-se qual o tipo de manutenção, a frequência média e a variação. A partir desses dados, foi possível efetuar uma análise sobre gastos com esses equipamentos através do escopo de serviço e da verificação do plano de manutenção.

4. ESTUDO DE CASO

Na empresa onde foi desenvolvida esta pesquisa, a laminação de perfis é composta por uma série de equipamentos dispostos em sequência lógica. Basicamente a linha de laminação é composta da seguinte maneira: forno de reaquecimento, descarepador, laminador desbastador 1 (BD1), laminador desbastador 2 (BD2), serra de pontas, trem de laminação, denominado de Tandem, serras, leito de resfriamento e desempenadeira.

O primeiro processo da linha de laminação de perfis é o forno de reaquecimento do tipo walking beam (viga que movimenta o beam blank dentro do forno), com capacidade nominal de 160 toneladas/hora. O forno recebe os blocos ou beam blanks (insumo já pré-esboçado para a laminação de perfis, também conhecido como osso de cachorro, pela sua geometria na seção transversal da viga). A Figura 2 ilustra os beam blanks.

Figura 2 - *Beam blank* - laminação de perfis



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

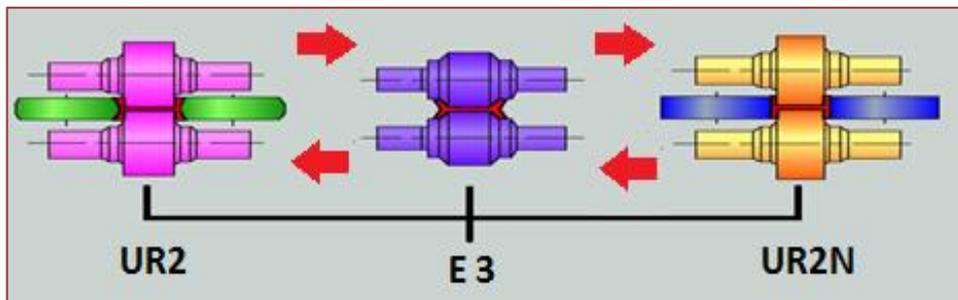
Os blocos beam blanks vem do lingotamento contínuo ou da laminação secundária, e após atingir a temperatura de 1250°C, estão prontos para serem submetidos ao processo de conformação mecânica. Após ser submetido ao reaquecimento homogêneo, o bloco é encaminhado para o descarepador, que é o equipamento com função de remover a camada oxidada na superfície do bloco, denominada carepa.

Concluída a descarepação, os blocos são direcionados para os laminadores BD1 e BD2, que são laminadores duo reversível, com função de desbastar e modificar a seção transversal, formando um esboço para próxima etapa. Após sair dos laminadores desbastadores, o bloco segue para serra de pontas, que tem a função de descartar as

pontas (cabeça e cauda) geradas no laminador desbastador. Em seguida o bloco esboçado é encaminhado para o trem de laminação, chamado de grupo tandem.

O processo de conformação mecânica no Grupo Tandem é realizado por três laminadores. O primeiro é um laminador universal reversível (UR2) que realiza o primeiro desbaste do esboço, transformando sua secção transversal em um “X”, em seguida tem-se um laminador duo reversível chamado de edger (E3) que tem função de laminar as bordas do perfil, e por último tem-se outro laminador universal reversível (UR2N), porém este é para realizar a redução final, o acabamento da peça, deixando-a com a geometria esperada. Este processo é denominado X - X - H, representado esquematicamente na Figura 3.

Figura 3 – Representação do grupo tandem, processo X - X - H



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Depois de concluído o processo de conformação mecânica realizada no Grupo Tandem, o bloco foi completamente transformando em perfil estrutural, porém em peças com comprimento superior a 100 metros. Posteriormente, eles são enviados para a serra, que tem por função subdividir o perfil laminado nos comprimentos requeridos pelos clientes. Em seguida, os perfis seguem para o leito de resfriamento, para garantir a temperatura adequada para a última etapa do processo, o desempenho.

Para o desempenho do material, os blocos são levados à desempenadeira, que é uma mesa de rolos que proporciona o desempenho do perfil, realizada com a peça à temperatura ambiente, e em seguida tem-se as etapas finais do processo, sendo elas: leito de inspeção; serra a frio (tem por função remover algum defeito e cortar o perfil em comprimentos especiais requeridos pelo cliente); balança; empilhadeira; cintadeira (tem como função, lacrar um lote de perfis) e assim termina o processo com o perfil acabado e cintado.

4.1 LEVANTAMENTO DA QUANTIDADE MÍNIMA DE MANCAIS PARA PRODUÇÃO

Segundo o levantamento realizado com os colaboradores envolvidos no processo, foi quantificada a quantidade de mancais verticais nos equipamentos, conforme podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Quantidade mínima de mancais para produção

| Equipamento | Situação | Quantidade |
|-----------------------------------|--------------|------------|
| Laminador universal X (UR2) | Em operação | 2 |
| Laminador universal H (UR2N) | Em operação | 2 |
| Laminador universal X (UR2) | Em ajustagem | 2 |
| Laminador universal H (UR2N) | Em ajustagem | 2 |
| Laminador universal X (UR2) | Em montagem | 2 |
| Laminador universal H (UR2N) | Em montagem | 2 |
| Total mínimo para produção | | 12 |

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Por meio da Tabela 1, observa-se que são necessários doze mancais para a montagem e desmontagem dos laminadores sem gerar atrasos para produção de perfis. A partir desses valores e análise do histórico de falhas, foi dimensionada a quantidade mínima de mancais para assegurar a entrega em caso de ocorrência de falhas. A Tabela 2 apresenta a quantidade de mancais que foi dimensionado para ficar com reserva e para situações de manutenções dos mancais.

Tabela 2 - Quantidade de Mancais - condição ideal de para operação e manutenção

| Situação | Quantidade |
|--------------|------------|
| Em operação | 12 |
| Reservas | 4 |
| Manutenção | 4 |
| Total | 20 |

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Observam-se por meio da Tabela 2, que na operação são necessários doze mancais, a partir da análise dessa quantidade e do histórico de manutenção que apresentaram falhas dos mancais, foram determinados mais quatro mancais para ficar com reservas e outros quatro mancais para serem utilizados nos processos de manutenções.

4.2 LEVANTAMENTO DA CONDIÇÃO REAL DOS MANCAIS EM OPERAÇÃO

A avaliação física dos mancais verticais foi realizada em maio de 2020. Na avaliação, foi identificado que faltavam dois mancais para a condição mínima de operação. Além disso, os mancais que estavam em operação não possuíam registro ou informações sobre inspeções realizadas. Desta forma, a partir da análise, observou-se que não havia um plano de manutenção para os mancais verticais. A Tabela 3 apresenta o número de mancais em operações e a quantidade que se encontra em manutenção no período da avaliação

Tabela 3 - Condição real dos mancais verticais

| Tipo | Quantidade |
|-------------------------|------------|
| Mancais em operação | 10 |
| Mancais em manutenção | 10 |
| Total de mancais | 20 |

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

A partir desse estudo, percebeu-se que não existia nenhum método de inspeção ou controle dos mancais, assim, foi criada uma planilha chamada controle de mancais verticais. Além do desenho do mancal, foi necessário analisar os desenhos das chapas de desgaste que fazem parte do conjunto montado.

Analisando os dados dos mancais em operação, foi constatado que somente o mancal 04 estava dentro da tolerância dimensional pelo fabricante. A Tabela 4 mostra o resultado da análise realizada sobre as condições dos mancais em operação, conforme especificações do fabricante.

Tabela 4 – Resultados da análise da situação real dos mancais em operação

| MANCAL | 619,5 mm à 619,3 mm | 1159,5 mm à 1159,3 mm | 999,5 mm à 999,3 mm | FURO (mm) | PINO (mm) | situação |
|--------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------|--------------|----------|
| 15 | 619,50 | 1159,38 | 999,56 | 500,15 | 499,75 | Operação |
| 8 | 619,72 | 1159,25 | 999,32 | 500,09 | 498,88 | Operação |
| 4 | 619,51 | 1159,30 | 999,37 | 500,61 | 499,89 | Operação |
| 20 | 619,18 | 1159,31 | 999,26 | 500,41 | 499,72 | Operação |
| 9 | 619,54 | 1158,77 | 999,23 | 500,56 | 499,56 | Operação |
| 18 | 619,10 | 1159,28 | 999,25 | 500,61 | 499,91 | Operação |
| 13 | 619,46 | 1159,34 | 999,15 | 500,40 | 499,65 | Operação |
| 10 | 619,56 | 1159,96 | 999,16 | 500,19 | 499,51 | Operação |
| 12 | 619,62 | 1159,80 | 999,37 | 500,02 | 499,83 | Operação |
| 2 | 619,39 | 1159,05 | 999,29 | 500,22 | 500,02 | Operação |

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Importante informar que a não conformidade na condição dimensional, embora seja essencial, não gera indisponibilidade dos mancais. Entretanto, roscas, sistema de refrigeração e canais de lubrificação são essências para o mancal alcançar a performance esperada durante a laminação. Desses problemas citados, as roscas de fixação das guias são a que geram o maior impacto.

Em estudo, foi identificado que os mancais que estavam em operação apresentavam desgaste nas roscas de fixação das guias. A Figura 4 ilustra a rosca M42 de um mancal com desgaste.

Figura 4 - Rosca M42 de um mancal vertical em condições de desgaste



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Durante o processo de laminação, uma falha na rosca de fixação das guias pode gerar o desprendimento dessas guias e conseqüentemente provocar o enrolamento do bloco nos mancais verticais, gerando interrupção operacional. Fato é que os danos causados no laminador são inimagináveis, pois além da perda de ativos comprometem a segurança dos colaboradores responsáveis pela desmontagem dos laminadores.

Devido à situação do processo, que faltam dois mancais verticais para alcançar a quantidade mínima, e os mancais em operação apresentarem desgaste acentuado da rosca, foi necessário realizar a fixação das guias com processo de soldagem, utilizando eletrodo revestido. Apesar de eficaz, o processo de soldagem é demorado, e a empresa não tem mão de obra suficiente para realizar todo o trabalho.

Em seqüência, foi realizada a inspeção dos mancais que estavam parados com objetivo de identificar a existência de mancais com pequenas anomalias que poderiam ser reparados por mão de obra interna. No entanto, foi identificado que todos os mancais apresentavam desgaste em todas as roscas.

4.3 ANÁLISE DO ESCOPO DE MANUTENÇÃO DOS MANCAIS

Devido aos diversos problemas com quase todos os mancais verticais em operação, a equipe levantou o custo para recuperação dos mancais. O orçamento proposto para recuperação completa de um mancal vertical é de R\$ 41.422,00. Na Tabela 5, pode-se verificar este orçamento.

Tabela 5 - Orçamento de Reparo dos Mancais

| | | | | | |
|--------------------|-----|---------|---|----------|----------------------|
| 19 | 4 | 2404641 | Fabricar Tirante M42 em Aço 4340 | 282,00 | 1.128,00 |
| 20 | 4 | 2404645 | Recuperar rosca M42 nos mancais | 482,00 | 1.928,00 |
| 21 | 4 | 2404650 | Fabricar Chapa de desgaste 1C05D05-Q-3507 | 1.780,00 | 7.120,00 |
| 22 | 160 | 2404657 | Parafuso Allen M10 x 15 DIN 6912 | 8,00 | 1.280,00 |
| Valor Total | | | | | R\$ 41.442,00 |

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Verifica-se na Tabela 5, que somente os itens de recuperação da rosca M 42 e fabricação do tirante somam R\$ 3.056,00 por mancal. Ao considerar a quantidade de vinte mancais, o gasto para recuperação das roscas atinge o valor de R\$ 61.120,00.

4.4 PROPOSTA DE MELHORIA DO ESTUDO DE CASO

A proposta apresentada levou em consideração vários pontos cruciais para reduzir o custo com manutenção e aumentar a disponibilidade dos mancais destacando os seguintes pontos alcançados:

- A montagem passou a ser feita de uma única forma (padronização), para evitar montagem incorreta;
- A variação na quantidade de calços de 0 a 80 mm passou a ser permitida para atender todas as faixas de diâmetro dos cilindros de laminação.
- O ajuste da sede que aloja a porca, para evitar o afrouxamento das porcas por vibração;
- A substituição da porca e modificação do sistema de fixação para evitar serviço de usinagem fora da empresa;
- A troca do passe de rosca de 2,5 para 3,0 mm, para aumentar a durabilidade do sistema de fixação.

A Figura 5 ilustra o sistema de fixação das porcas que mostra como as porcas foram alojadas no sistema.

Figura 5 - Sistema de fixação modificado



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

4.5 GANHOS NO ESTUDO DE CASO

A partir da implementação das ações, a empresa obteve ganhos de R\$ 61.120,00 devido não ter que arcar com os gastos de recuperação da rosca M 42 e fabricação do tirante M 42. Outro ganho verificado foi com a redução de custo com a manutenção dos mancais, pois diminuiu o tempo de montagem e aumento a confiabilidade dos mancais no processo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo evidenciou que vários mancais verticais do laminador de perfis ficavam indisponíveis para operação devido ao desgaste das roscas de fixação das guias. O desgaste impossibilitava e restringia a montagem desses mancais nos laminadores, que conseqüentemente geravam grandes impactos na produção.

Sendo assim, a melhoria proposta foi modificar a forma como as guias eram fixadas nos mancais. Na modificação, as roscas fixas foram substituídas pelas intercambiáveis. Como consequência das modificações, a necessidade de reparo em centros de usinagens externos foi eliminada, havendo um aumento de disponibilidade e confiabilidade e trazendo vantagens para a rotina de manutenção e montagem dos mancais verticais. Além disso, os erros humanos também foram eliminados devido à substituição dos parafusos prisioneiros pelos parafusos com montagem de sentido único. Outras vantagens trazidas por esta modificação foi a facilidade na troca das porcas e a redução de custo com manutenção.

Futuramente, pretende-se modificar o método de fixação das guias para um sistema de fuso, aliado a um cálculo de espessura de calços, com objetivo de reduzir o tempo de montagem e ajustagem do equipamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALMEIDA, P.S. Manutenção mecânica industrial: conceitos básicos e tecnologia aplicada. São Paulo: Érica, 2014.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO. Alumínio: processos de produção. 2019. Disponível em: <http://abal.org.br/aluminio/processos-de-producao/laminacao/>. Acesso em: 16/06/2020.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Manutenção e Confiabilidade. 1994. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/8044/abnt-nbr5462-confiabilidade-e-mantenabilidade>. Acesso em: 16/06/2020.
- [4] GENEROSO, D.J. Elementos De Máquinas. 2009. Disponível em: <http://files.professor-marcelo-mota.webnode.com/200000007e4ec8e6e26/Apostila_elementos_de_maquinas.pdf>. Acessado em:17/06/2020.
- [5] KARDEC, A.; NASCIF J. Manutenção: função estratégica. 3.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2009. p. 384.
- [6] KRELLING, A. Laminação. Instituto Federal de Santa Catarina. Santa Catarina: s/d. Disponível em: <http://www.joinville.ifsc.edu.br/~ivandro/ivandro/PFB64/3%20-%20Lamina%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 17/06/2020;
- [7] NORTON, R. L. Projeto de máquinas: Uma abordagem integrada. 4.ed. Porto Alegre, 2013.
- [8] XENOS, H.G. Gerenciando a Manutenção Produtiva: O Caminho para Eliminar Falhas nos Equipamentos e Aumentar a Produtividade. 1.ed. Rio de Janeiro: EDG, 1998. p.302.

Capítulo 9

Manutenção em rotores dos exaustores da sinterização: Um estudo de caso para eliminar o desbalanceamento

Wesley Rodrigues da Silva

Luciano José Vieira Franco

Jussara Fernandes Leite

Edilberto da Silva Souza

Nilo Antunes Ferreira

Resumo: A principal falha em equipamentos rotativos é o defeito de desbalanceamento de massa. Esse defeito resulta em esforços excessivos nos mancais que são os mais prejudicados. Se não corrigidos, eles causam a redução da vida útil e até mesmo a quebra dos mancais. O objetivo deste trabalho foi reduzir a quantidade de paradas não programadas nos rotores dos exaustores da sinterização. A correção do desbalanceamento, devido à perda de material das chapas de desgastes causados pelo particulado quente proveniente do processo, é realizada por meio do balanceamento onde coloca-se massa de correção em pontos necessários para que o equipamento volte a rodar de uma forma sem vibrações. O particulado quente provido do processo da sinterização é o responsável pelo problema apresentado, com isso as ações corretivas são voltadas aos equipamentos que antecedem aos exaustores, os precipitadores, que são responsáveis pela filtragem desses agentes agressivos, evitando que esses cheguem ao sistema de exaustão, tendo assim à emissão de gás limpo para a atmosfera.

Palavras-chave: Desbalanceamento. Exaustores. Precipitadores.

1. INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais decorridos nos últimos anos devido à contaminação do meio ambiente recorrente a poluentes gerados pelas indústrias e superpopulação tem sido merecedor de estudos. A implantação das indústrias veio de forma a viabilizar o crescimento da economia, porém as medidas ambientais e planejamento urbano pouco foram tratados com o objetivo de evitar problemas resultantes a falhas no processo, intensificação das atividades e disposição de resíduos de forma inadequada (OLIVEIRA, 2006).

Simião (2011) explica que a eliminação ou diminuição de resíduos gerados pelas empresas poluidoras, através de medidas preventivas e controle da poluição ambiental, foram tomadas pela necessidade do desenvolvimento sustentável e regulamentações cada vez mais exigentes.

No caso das empresas que produzem aço, existem rotas tecnológicas alternativas, que buscam o controle da poluição ambiental. Essas organizações podem ser classificadas em relação ao grau de integração, como: usina integrada, semi-integrada e não integrada. Para melhor entendimento, é importante explicar que o processo siderúrgico de uma usina integrada está dividido em três grandes etapas: redução, refino e conformação mecânica. As usinas semi-integradas são aquelas em que apenas as etapas de refino e conformação mecânica estão presentes. As usinas não-integradas apresentam apenas uma das etapas do processo siderúrgico, que pode ser redução ou conformação mecânica.

Na etapa de refino incluem processos, dentre eles o de sinterização. Essa etapa do processo siderúrgico consiste em aglomerar uma mistura de minério de ferro, coque ou carvão vegetal, fundentes, sínter de retorno e água (MOURÃO, 2007). Porém, os particulados gerados diminuem a permeabilidade da carga, e posteriormente, a produtividade da sinterização. A maioria do particulado proveniente desta etapa é retida pelo precipitador eletrostático.

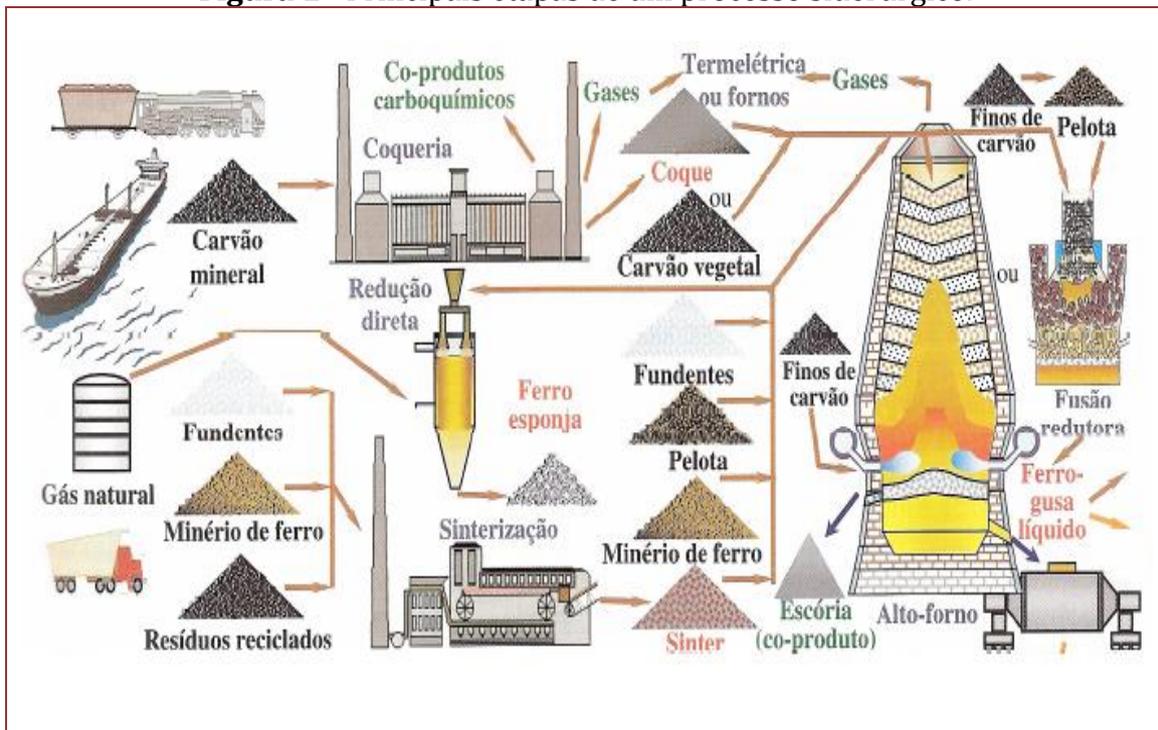
O precipitador eletrostático é um equipamento de controle de poluição em siderurgia que emitem gases sem partículas poluidoras à atmosfera. O equipamento capta os particulados e libera gás limpo para a atmosfera. Basicamente, os fabricantes produzem dois tipos: o seco e o molhado. O tipo seco, que foi referência deste estudo, é empregado para remover particulado seco, como a poeira gerada no processo de sinterização.

Os fatores que influenciam na eficiência dos precipitadores eletrostáticos podem ser resumidos em três grandes grupos, sendo eles: processo, operação e manutenção. Este estudo é voltado ao processo da manutenção dos precipitadores, visando melhorar a captação de particulados e impedindo que uma grande concentração desses agentes chegue aos equipamentos de exaustão. Dentro deste contexto, esta pesquisa apresenta um estudo sobre as paradas não programadas ocorridas nos rotores dos exatores principais da sinterização, visando à redução de falhas nesses equipamentos para aumentar a disponibilidade e produtividade da planta.

2. PROCESSO SIDERÚRGICO

De acordo com Mourão (2007), as usinas siderúrgicas são divididas em dois grupos: usinas semi-integradas e integradas. Em uma usina semi-integrada o aço obtido no processo é originado de ferro secundário, ou seja, sucata de aço, eliminando a etapa de redução do minério de ferro. O aço comercial é obtido por meio da fusão de sucata metálica através de fornos elétricos na aciaria, realizando assim a reciclagem do aço. Em uma usina integrada o aço é obtido através do minério de ferro, que é a matéria prima do processo. Nos altos fornos o minério é transformado em ferro-gusa, e em seguida transformado em aço, através da operação de conversão na aciaria. A Figura 1 apresenta as principais etapas em uma usina integrada para a obtenção do ferro-gusa.

Figura 1 - Principais etapas de um processo siderúrgico.

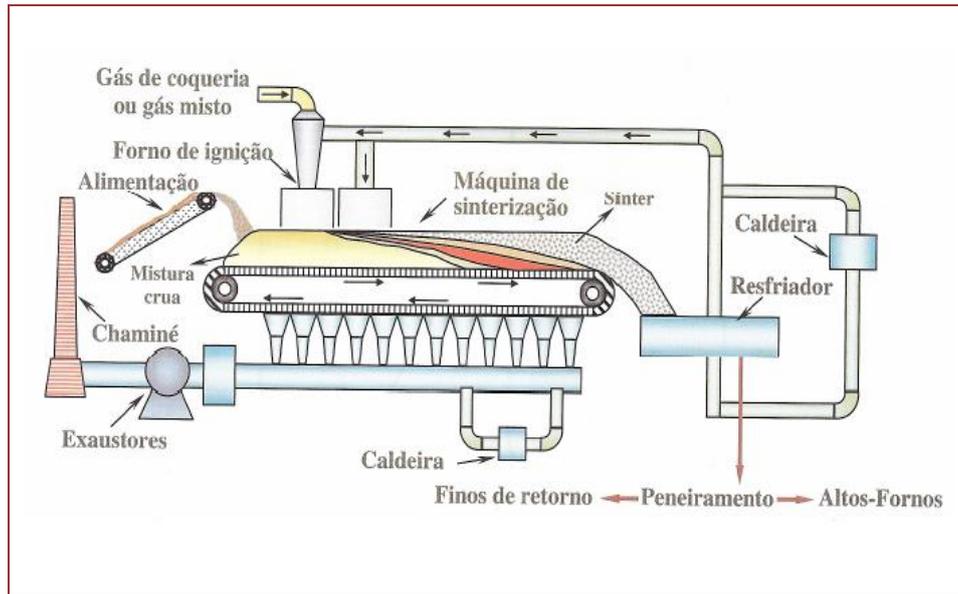


Fonte: Rizzo (2005).

2.1 SINTERIZAÇÃO

Segundo Mourão (2007), o processo de sinterização de uma usina visa à aglomeração dos finos que garantem um maior aproveitamento e menor emissão de poeira. Esse processo utiliza uma máquina de esteira rolante, onde são depositados o minério de ferro e os finos de coque ou carvão. Essa camada formada é de aproximadamente 2000 mm de largura por 700 mm de altura, sendo aquecida por uma frente de combustão e alimentada por ar sugado que percorre da superfície da camada de material até o fundo desta camada, gerando uma ligação incipiente que faz a aglomeração dos particulados, tendo como resultado o sinter.

De acordo com Mourão (2007), a mistura proveniente do processo de sinterização é formada dos seguintes compostos: finos de minério, coque ou carvão vegetal, fundentes, sinter de retorno e água. A Figura 2 mostra o esquema simplificado do processo de sinterização de uma usina.

Figura 2 - Esquema simplificado do processo de sinterização

Fonte: Rizzo (2005).

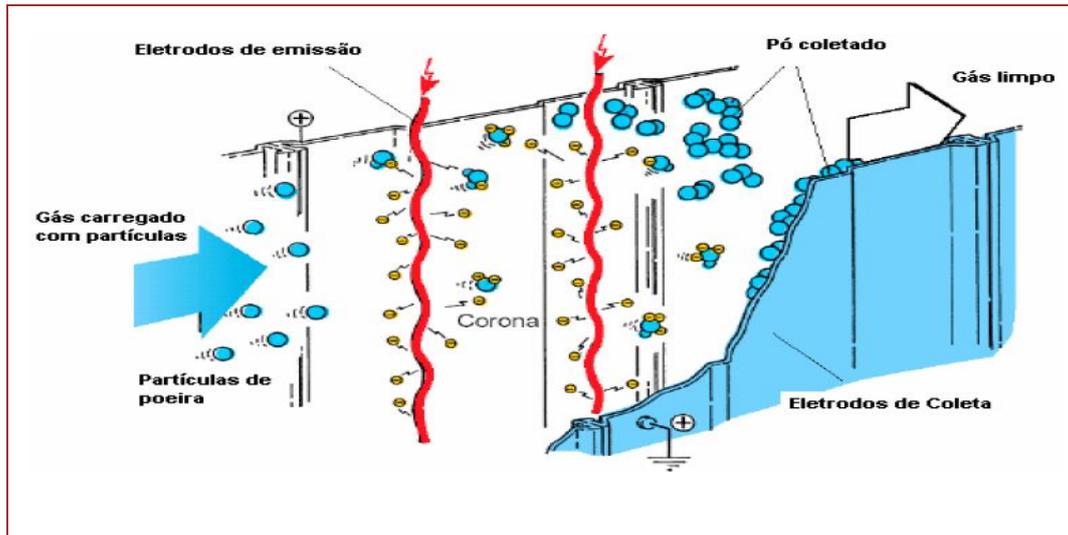
Mourão (2007) esclarece que na sinterização o precipitador eletrostático é o equipamento responsável pelo tratamento dos gases da queima do processo e controle de material particulado antes da emissão atmosférica.

2.2 PRECIPITADOR ELETROSTÁTICO

O precipitador eletrostático é um dos dispositivos utilizados para remoção da camada de material particulado coletado nos processos industriais (PARKER, 2003).

O princípio de funcionamento de um precipitador eletrostático baseia-se no fornecimento de carga elétrica. Os íons ou elétrons ao atacarem as partículas deixam-nas carregadas eletricamente, o campo elétrico entre os eletrodos de coleta e descarga atrai as partículas carregadas para o eletrodo com polaridade contrária ao da partícula (LISBOA E SCHIRMER, 2007). A Figura 3 ilustra o princípio de funcionamento do precipitador eletrostático.

De acordo com Parker (2003), os precipitadores eletrostáticos possuem algumas vantagens relacionadas a equipamentos de mesma categoria, tais como: opera em temperaturas elevadas, alta eficiência na coleta de particulados, baixa perda de carga e baixo custo de manutenção.

Figura 3 - Princípio de funcionamento do precipitador eletrostático.

Fonte: Porle, Francis e Bradburn (2005).

2.3 EXAUSTOR

De acordo com Araújo (2007), os exaustores industriais são equipamentos que tem a finalidade de retirar ar do ambiente através do acionamento de um motor elétrico. Eles retiram calor e impurezas do ambiente. São utilizados para a aeração de ambientes com excesso de: temperatura, umidade, vapores, fumaças, mofo, odores e outros poluentes.

2.4 MANUTENÇÃO

A manutenção dos equipamentos de produção é um elemento chave tanto para a produtividade das indústrias quanto para a qualidade dos produtos. É um desafio industrial que implica rediscutir as estruturas atuais inertes e promover métodos adaptados à nova natureza dos materiais. (MONCHY, 1989).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio da Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 5462 (1994), apresenta que manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.

Baseando-se nessas definições, manutenção é termo usado para abordar a forma pela qual as organizações tentam impedir as falhas ao cuidar de suas instalações físicas.

2.5 DESBALANCEAMENTO

Sousa (2005) explica que o defeito de desbalanceamento é um dos problemas mais encontrados em máquinas rotativas, que é oriundo devido à concentração de massa em um ponto ao redor do eixo de um rotor. A massa concentrada provoca alterações no centro de gravidade, fazendo com que haja um afastamento do eixo principal de inércia do eixo de rotação.

De acordo com Góz e Silva (2013), o desbalanceamento de uma máquina rotativa é decorrente a uma distribuição de massa não uniforme do rotor ao redor do eixo de rotação. As razões ao qual acontecem as imperfeições na distribuição de massa são diversas, tais como: assimetrias, desgastes, imperfeições geométricas e deformações permanentes devido a esforços ou efeitos térmicos.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

Esta pesquisa é um estudo de caso de método exploratório, aplicado e intervencionista, com dados de natureza qualitativa e quantitativa. A pesquisa teve como objetivo apresentar um estudo sobre as paradas não programadas ocorridas nos rotores dos exautores principais da sinterização, visando à redução de falhas nos equipamentos para aumentar a disponibilidade e produtividade da planta.

O estudo de caso foi desenvolvido em uma empresa Siderúrgica da região do Alto Paraopeba em Minas Gerais, no período de janeiro a dezembro de 2020.

A Metodologia utilizada neste estudo foi a MASP (Método de Análise e Solução de Problemas), que segundo Carpinetti (2012), é um processo de melhoria que apresenta oito etapas (listadas abaixo), sendo que cada uma delas contribui para a identificação dos problemas e a elaboração de ações corretivas e preventivas para eliminá-las ou minimizá-las.

- Problema: identificar o problema;
- Observação: analisar as características do problema;
- Análise: determinar as causas principais;
- Plano de ação: conceber um plano para eliminar as causas;
- Ação: agir para eliminar as causas;
- Verificação: confirmar a eficácia da ação;
- Padronização: eliminar definitivamente as causas;
- Conclusão: recapturar as atividades desenvolvidas e planejar para o futuro.

4. ESTUDO DE CASO

Este estudo de caso foi desenvolvido a partir da aplicação da metodologia MASP, assim inicialmente é apresentada a identificação do problema.

4.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

A chapa de desgaste, carcaça e o rotor têm apresentado desgaste abrasivo acentuado pela passagem de material particulado devido à ineficiência dos precipitadores eletrostáticos.

A Figura 4 ilustra o desgaste da carcaça e a Figura 5 ilustra o desgaste do rotor.

Figura 4 - Desgaste da carcaça.



Fonte: Dados da Pesquisa (2020).

Figura 5 - Desgaste do rotor.



Fonte: Dados da Pesquisa (2020).

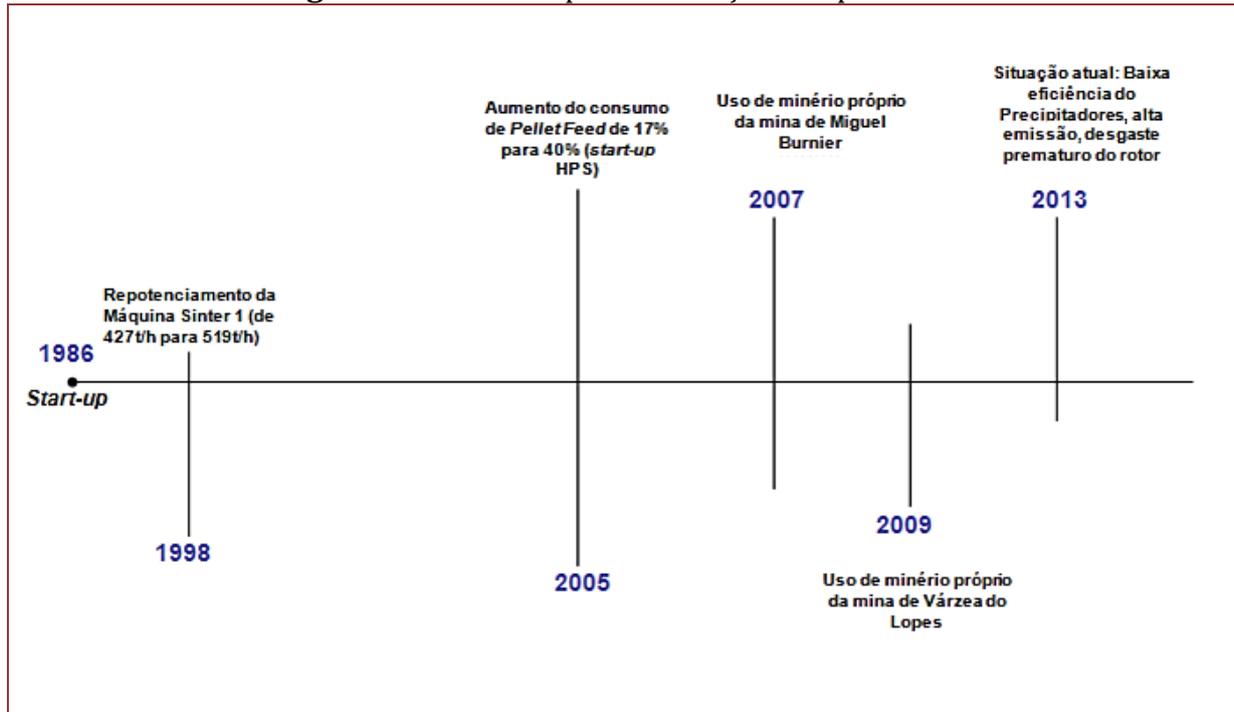
Esses defeitos têm reduzido a vida útil do conjunto de sinterização. Desta forma, foi necessário realizar um balanceamento em curto intervalo e tempo. O procedimento utilizado determina executar o balanceamento em emergência com uma vibração de no mínimo 6mm/s, e o desarme ocorre com 9mm/s.

4.2 CRONOLOGIA DO PROCESSO DE SINTERIZAÇÃO

A máquina de sinterização com 292 m² de área efetiva entrou em operação em 1986, com produção nominal de 427 t/h. O sistema de exaustão é composto por dois exaustores de vazão nominal de 16700 m³/min cada e dois precipitadores eletrostáticos modelo 2/M/0,28/CA/2C/4,5x14,09/0,5/46 da Mikropul Ducon.

A Figura 6 apresenta a linha de tempo que mostra as alterações no processo da sinterização.

Figura 6 - Linha tempo de alterações no processo.



Fonte: Dados da Pesquisa (2020).

Em 1998, a produção da máquina de sinter foi aumentada em 22%. A largura da máquina de sinterização foi aumentada em 12% e a vazão de exaustão passou de 16700 m³/min para 17300 m³/min.

Em 2005, foi implantado o HPS, inserindo material micropelotizado na mistura de Sinter. No início de operação do HPS, a porcentagem de pellet feed passou de 17% para 40%. Ao longo dos anos esta participação diminuiu. Em 2013, este valor voltou a cerca de 40%, com tendência a aumentar para 44% (pellet feed ≤0,150mm / sinter feed >0,150mm e <6,35mm).

Em novembro de 2007, houve alterações significativas na matéria prima utilizada, com entrada de material proveniente da mina de Miguel Burnier.

Em novembro de 2009 houve alterações significativas na matéria prima utilizada, com entrada de material proveniente da mina de Várzea dos Lopes.

4.3 CAPACITAÇÃO DE DADOS

Foram levantados os dados e particularidades dos exaustores A e B da sinterização, conforme é apresentado a seguir:

- Rotação: 1200 rpm;
- Peso do rotor: 16000 kg;
- Sensibilidade: 0,0035 x 70%;
- Atraso: 130°;
- Sentido de rotação: horário;
- Quantidade de pás: 20;
- Vazão nominal original: 16700 m³/min;
- Distância entre paletas: 18°.

Por último, os dados de projeto dos precipitadores eletrostáticos A e B da sinterização foram coletados e podem ser verificados no Quadro 1.

Quadro 1 – Dados de projeto dos precipitadores eletrostáticos

| Item Projeto | Unidade | PEA/PEB |
|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Peso do Equipamento | T | 588 |
| Número de Câmaras | - | 1 |
| Número de Campos por Câmara | - | 2 |
| Área de Coleta | [m ²] | 11.666 |
| SCA – Área Específica de Coleta | [m ² /(m ³ /h)] | 40,46 |
| Altura Efetiva dos Campos | [mm] | 14.090 |
| Comprimento efetivo dos Campos | [mm] | 4.500 |
| Largura Efetiva dos Campos | [mm] | 12.880 |
| Número de Placas por Campo | nr | 846 |
| Altura da Placa | [mm] | 14.270 |
| Largura da Placa | [mm] | 480 |
| Número de eletrodos por Campo | nr | 3.312 |
| Tipo do Eletrodo | - | Fita dentada (aço inox) |
| Comprimento do Eletrodo | [mm] | 3.315 |
| Espaçamento entre Eletrodos | [mm] | 400 |
| Número de Transformadores | nr | 1 por campo |
| Área Efetiva de Coleta por Campo | [m ²] | 4.032 |
| Área Efetiva de Coleta por Câmara | [m ²] | 8.064 |
| Tempo de Retenção | S | 5,85 |

Fonte: Dados da Pesquisa (2020).

4.4 APRESENTAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO

Conforme análise realizada por colaboradores da empresa para determinar as condições, a fim de determinar as possíveis causas da baixa eficiência dos precipitadores, a inspeção apontou os pontos de deficiência registrados no plano de ação do Quadro 2.

A partir da análise do processo foi desenvolvido o plano de ação para a manutenção dos precipitadores e sistema de exaustão, com a finalidade de programar paradas de manutenções para sanar os problemas apontados pela inspeção e melhorar a eficiência dos precipitadores e sistema de exaustão.

Quadro 2 - Plano de Ação para manutenção dos precipitadores e sistema de exaustão

| O que? | Quem? | Quando? |
|--|----------------------|------------|
| Remover os pontos de corrosão acentuado da estrutura dos precipitadores; | Equipe de manutenção | Junho 2020 |
| Montar reforço com chapa na estrutura dos precipitadores; | Equipe de manutenção | Junho 2020 |
| Montar reforço estrutural no duto de entrada na parte inferior; | Equipe de manutenção | Junho 2020 |
| Reparar e trocar as partes danificadas nas placas defletoras e direcionais; | Equipe de manutenção | Junho 2020 |
| Trocar junta de expansão; | Equipe de manutenção | Junho 2020 |
| Realizar o alinhamento e trocar as placas empenadas do sistema de coleta; | Equipe de manutenção | Junho 2020 |
| Restabelecer o sistema de martelamento de placas; | Equipe de manutenção | Junho 2020 |
| Trocar eixos do sistema de batimento de coleta; | Equipe de manutenção | Junho 2020 |
| Trocar eletrodos danificados e alinhar quadros dos eletrodos do sistema de emissão; | Equipe de manutenção | Junho 2020 |
| Restabelecer o conjunto de acionamento dos martelos de batimentos dos eletrodos e placas defletoras; | Equipe de manutenção | Junho 2020 |
| Retirar trincas do duto principal e soldar chapa sobreposta; | Equipe de manutenção | Junho 2020 |
| Soldar chapas sobrepostas para retirar a entrada de ar nas pernas de descarga do duto principal. | Equipe de manutenção | Junho 2020 |
| Trocar e ajustar os cones dos dampers das válvulas de duplo cone; | Equipe de manutenção | Junho 2020 |
| Trocar cilindros pneumáticos, válvulas pneumáticas e rolamentos dos acionamentos dos dampers; | Equipe de manutenção | Junho 2020 |
| Trocar válvulas borboletas do balão duplo de descarga do sistema de transporte. | Equipe de manutenção | Junho 2020 |

Fonte: Dados da Pesquisa (2020).

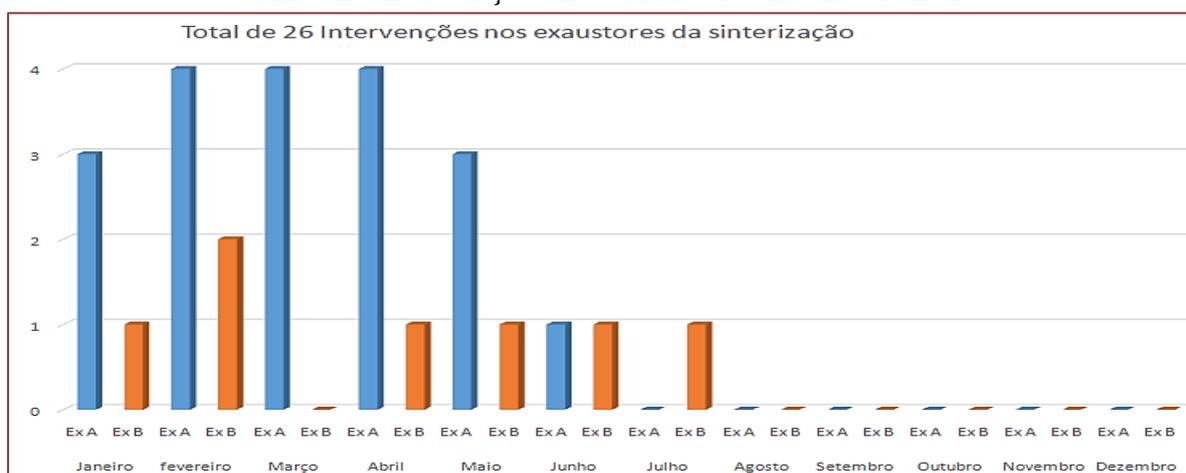
4.5 VERIFICAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO

Após a implementação do plano de ação para manutenção dos Precipitadores e sistema de Exaustão, observou-se uma redução significativa nos números de intervenções para correção de desbalanceamento. O Gráfico 1 e o Gráfico 2 mostram um comparativo dessa redução em um intervalo de tempo mostrado.

Analisando os Gráficos 1 e 2, observa-se uma drástica redução nas intervenções nos exaustores da sinterização do ano de 2020, com 26 (vinte e seis) intervenções, para o ano de 2021, com apenas 1 (uma) intervenção.

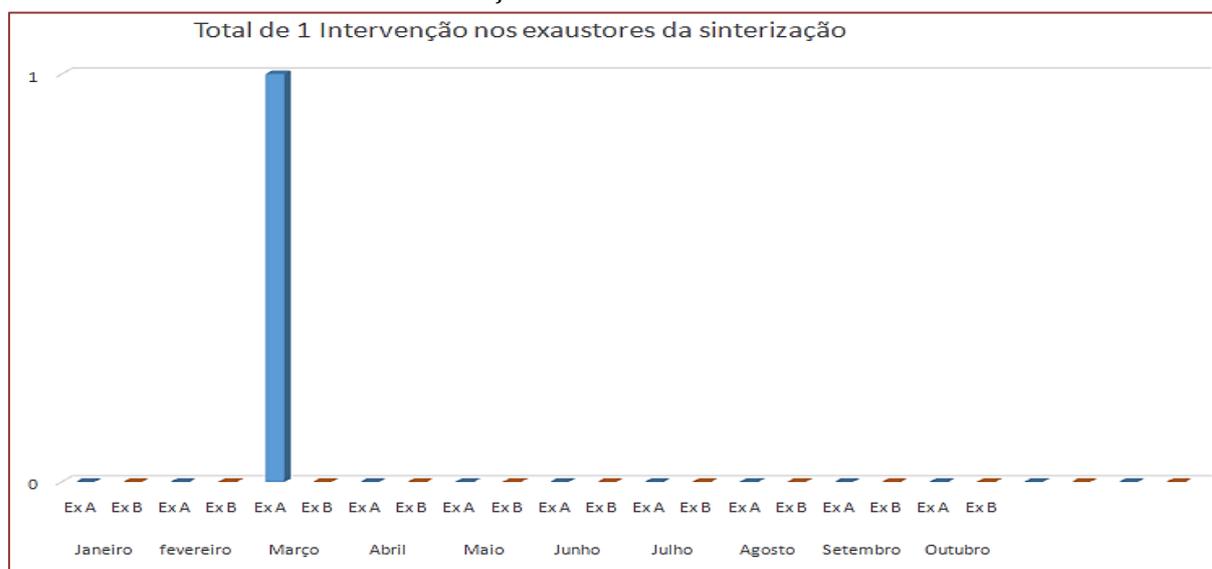
De acordo com colaboradores e material técnico da empresa, a padronização do procedimento de balanceamento teve como objetivo reduzir o tempo de balanceamento e os números de partidas nos rotores dos exaustores de sinterização.

Gráfico 2- Intervenções nos exaustores no ano de 2020



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Gráfico 3 - Intervenção nos exaustores no ano de 2021



Fonte: Dados da Pesquisa (2020).

Após a instalação do instrumento no equipamento, foi conferido o posicionamento da tarja refletiva e coletado os valores de rotação, vibração e fase, e em seguida calculada a massa de correção e a sua posição. Isso evita a utilização da massa de teste para referência de posição e peso, com objetivo de corrigir os níveis de vibrações.

4.6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Embora a reforma dos precipitadores existentes tenha sido apresentada como alternativa, ela depende de uma série de fatores não conhecidos, tais como: integridade do invólucro, durabilidade das partes reaproveitadas pelos próximos 20 a 30 anos e, principalmente, estratégia de parada e obras; pois os novos precipitadores seriam implementados, primeiramente, para posterior reforma dos existentes. Neste caso, seriam necessárias duas paradas anuais para não haver impacto produtivo, somando-se a dificuldade de execução da reforma pelo alcance dos equipamentos.

A alternativa de construção de dois novos precipitadores vai ao encontro da solução proposta. Essa solução não considera a reutilização dos precipitadores existentes e não oferece riscos de paradas adicionais.

Com os novos precipitadores, o risco de intervenções terá sua criticidade diminuída, uma vez que o desgaste dos rotores deverá ser menor devido à diminuição de material particulado incidente.

A modificação mais relevante que poderá permitir o incremento na captação de material particulado são os novos precipitadores serem dotados de maior área de seção reta, desta forma, diminuindo a velocidade do gás passante e favorecendo a captação deste material numa taxa superior à atual. O tempo de retenção das partículas deverá aumentar em cerca de 200%.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de solucionar os problemas relacionados ao desgaste dos rotores de sinterização teve como intuito eliminar as paradas não programadas nos exaustores de sinterização e reduzir, conseqüentemente, a emissão de poluentes na atmosfera.

Durante a inspeção pôde ser observado que, ao solucionar os problemas dos equipamentos periféricos e interno dos precipitadores A e B da sinterização, houve um retorno significativo para a eficiência do sistema de exaustão, tendo uma redução significativa nas paradas não programadas, tais como: falta de placas de eletrodos, placas e eletrodos desalinhados, sistema de batimentos fora de operação, acúmulo de pó do duto principal, ineficiência nos dampers de isolamento, entradas de ar falso no sistema nas válvulas de duplo cone, balões de descarga dos precipitadores, pernas de vento, duto principal, tampas e janelas de visitas do precipitador.

Sanados os problemas descritos no estudo, obteve-se um resultado satisfatório, reduzindo as paradas não programadas de balanceamento relacionado aos desgastes prematuros dos rotores dos exaustores; porém, como os precipitadores A e B da sinterização estão em fim de vida útil, será necessário um estudo aprofundado e a instalação de novos equipamentos para conseguir atender as necessidades da planta e atender à legislação ambiental vigente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ARAÚJO, Lucínio Preza de. Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado. São Paulo: Ed. Esev, 2007.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR5462: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.
- [3] CARPINETTI, L. C. R. Gestão da Qualidade ISO 9001:2008: Princípios e requisitos. São Paulo: Atlas, 2011.
- [4] GÓZ, R. D.; SILVA, T. C. (2013). R&T Análise de vibrações e balanceamento.
- [5] LISBOA, Henrique de Melo; SCHIRMER, Waldir Nagel. Controle da Poluição Atmosférica: Metodologia de Controle da Poluição Atmosférica. Apostila, 2007.
- [6] MONCHY, François. A Função Manutenção – Formação para a Gerência da Manutenção Industrial. São Paulo: Editora Durban Ltda., 1989.
- [7] MOURÃO, M. B., et al. Introdução à Siderurgia. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2007.
- [8] OLIVEIRA, Carmelita de. IMPÁCTOS AMBIENTAIS DERIVADOS DE ATIVIDADES INDUSTRIAIS: O CASO DO CILO IV. 2006. 167 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.
- [9] PARKER, K. R, Electrical operation of electrostatic precipitators, Institution of Eletrical Engineers, 2003.
- [10] PORLE, K.; FRANCIS, S. L.; BRADBURN, K.M. Electrostatic precipitators for industrial applications. Bruxelas: REHVA - Federation of European Heating and Airconditioning Associations, 2005.
- [11] RIZZO, E. M. S. Introdução aos processos siderúrgicos. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2005.
- [12] SIMIÃO, Juliana. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS EM UMA EMPRESA DE USINAGEM SOBRE O ENFOQUE DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA. 2011. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2011.
- [14] SOUSA, W. dos S. Desenvolvimento de um Sistema aplicativo em LabVIEW para o monitoramento de máquinas rotativas com um módulo de balanceamento de rotores. Universidade Federal do Pará, 2005.

Capítulo 10

Manutenção em peneiras de rolos: Um estudo de caso para a redução do tempo de manutenção

Leandro Assis Rezende

Luciano José Vieira Franco

Jussara Fernandes Leite

Maurício Vieira

Nilo Antunes Ferreira

Resumo: As empresas de minério de ferro que realizam o beneficiamento para melhorar a qualidade do produto, utilizam no processo diferentes maquinários. Um dos processos de beneficiamento é a pelotização, que promove a transformação dos materiais finos do minério em pelotas. A parada de um dos equipamentos da área de pelotização afeta todo o processo produtivo, acarretando perda do volume de produção, aumento dos gastos e redução das receitas e lucratividade. Nesse sentido, esta pesquisa tem como objetivo reduzir as paradas não programadas dos equipamentos do setor de pelotização através do uso de atuadores pneumáticos em uma empresa mineradora de minério de ferro da região do Alto Paraopeba de Minas Gerais. Essa pesquisa é um estudo de caso de natureza exploratória, descritiva e aplicada, com dados e análise qualitativa e quantitativa. A mineradora situa-se na Região do Alto Paraopeba de Minas Gerais e foi desenvolvida no período de janeiro a julho de 2020. No desenvolvimento do estudo, foi identificado o problema, apresentados e implementado quatro ações, que foram: substituição do sistema de esticamento, monitorar 12 correntes, que correspondem há seis linhas (conforme vida útil), dimensionamento do pistão do atuador pneumático e modificação do acionamento das coroas. Os resultados dessas ações proporcionaram redução do tempo e número de parada para manutenções dos equipamentos da área de pelotização, redução de gastos com homem hora do setor de manutenção (mão de obra mecânica e eletricitista), aumento do volume de produção, e conseqüentemente, aumento das receitas, lucro e satisfação dos clientes.

Palavras-chave: Pelotização. Atuadores Pneumáticos. Correntes. Manutenção.

1. INTRODUÇÃO

Na estrutura das empresas mineradoras, a área de pelletização possui o seu destaque por promover a transformação dos materiais finos do minério em pelotas. O fluxo de produção de pelotas deve acompanhar o processo de beneficiamento, para que não ocorram falhas que prejudiquem a demanda da empresa no que tange ao cumprimento de seus acordos comerciais.

Nessas organizações, o processo de beneficiamento é composto de máquinas utilizadas para a transformação do produto. A área de pelletização trata-se de uma das etapas do processo de beneficiamento, salientando que, por meio de suas atividades, favorece o fluxo da produção.

Desta forma, para manter as máquinas em condições adequadas de funcionamento, a equipe de manutenção elabora e executa planos de manutenções. Os planos são desenvolvidos para que não ocorram paradas que possam prejudicar o funcionamento da organização.

Neste sentido, um dos fatores que prejudica o fluxo de produção de uma empresa mineradora corresponde à quebra de máquinas, pois o processo fica parado para ter que corrigir as falhas. Isso acarreta prejuízo a empresa, pois o processo não produz no período que o maquinário estiver quebrado, o que repercute na redução do volume de produção, aumento dos custos, redução de receitas, etc.

Para evitar parada dos processos e reduzir os custos, as manutenções devem ser planejadas com antecedência. Sobre essa abordagem, Dutra (2008) explica que as manutenções devem ser realizadas de maneira preventiva, o que requer dos profissionais o conhecimento de suas atividades para que os processos possam cumprir as metas e objetivos da organização.

Um maquinário utilizado no processo de pelletização por diversas empresas que beneficia minério de ferro é a peneira de rolos. Equipamento utilizado para a classificação granulométrica do minério dentro do processo produtivo de pelletização. A parada da peneira de rolos provoca a parada de linhas ou de todo o processo produtivo, acarretando perda do volume de produção, aumento dos gastos e redução das receitas e lucratividade.

Dentro deste contexto, essa pesquisa teve como objetivo reduzir as paradas para manutenção das peneiras de rolos do setor de pelletização de uma empresa mineradora de minério de ferro da região do Alto Paraopeba de Minas Gerais.

2. JAZIDA, MINA, LAVRA E BENEFICIAMENTO

Dutra (2008) esclarece que o depósito mineral é chamado de jazida. Quando passa a ser explorado é conhecido como mina e a exploração desta é chamada lavra. A primeira etapa da mineração é a extração propriamente dita, e é feita normalmente por escavadeiras e, tratores, que raspam a rocha, e/ou explosivos quando o minério se encontra longe da superfície. As grandes escavadeiras podem chegar a extrair cerca de cinco mil toneladas de material bruto por hora das lavras.

Em sequência, o minério é transportado para pátios, usinas ou para clientes. Mesquita (2010) aponta em seus estudos que para o transporte do minério são usados caminhões de 38 toneladas e caminhões fora de estrada, que recebem esse nome por não poderem trafegar em estradas e rodovias municipais, estaduais e federais, devido às suas dimensões não serem compatíveis para essas estradas e rodovias. Eles são altos, ultrapassam 6 metros de largura, têm capacidade de carga em torno de 200 a 360 toneladas e trafegam com velocidade máxima de 60 Km/h. Para melhor entendimento, um caminhão fora de estrada pode equivaler a 36 caminhões convencionais.

As empresas mineradoras apresentam frotas de caminhões e outros equipamentos como transportadores de correia que favorecem o transporte do minério. Os gestores tem foco na agilidade do modal de transporte para obter melhores resultados.

De acordo com Ferrante (2014), o tratamento ou beneficiamento de minérios consiste de operações aplicadas aos bens minerais visando modificar a granulometria, a concentração relativa das espécies minerais presentes ou a forma, sem modificar a identidade química ou física dos minerais.

Segundo Figueira, Luz e Almeida (2010), a britagem é reconhecida como sendo um estágio das fases do processamento de beneficiamento do minério. Ela é executada com a função de redução dos fragmentos minerais para o alcance da fase granulométrica a qual se apresenta como o fim do processo realizado pelas empresas mineradoras.

Dutra (2008) ressalta que o peneiramento é o processo que faz a separação de partículas por tamanho e adequadas para o processo de concentração. As peneiras são utilizadas apenas para a classificação de partículas mais grosseiras e usualmente trabalham com os produtos da britagem, podendo operar em processos seco ou úmido.

Ferreira (2011) complementa as ideias apresentadas por Dutra (2008) ao esclarecer que além das peneiras, as mineradoras utilizam, no processo de beneficiamento, classificadores mecânicos. Esses operam com tamanho de partículas menores que as peneiras, mas são ineficientes para trabalhar com partículas muito finas (em médias menores que 0,105 milímetros), trabalhando quase sempre a úmido. O autor cita como exemplo o classificador espiral ou parafuso sem fim.

Outro maquinário utilizado no processo de beneficiamento do minério são os ciclones. Esses são utilizados conforme o tamanho do minério, sendo muito eficientes para separarem partículas muito finas. Podem também operar com material seco ou úmido.

Dutra (2008) relata que a concentração de minerais é feita para separar a parte do minério que interessam e os que não interessam para a empresa. Para que essa separação ocorra com sucesso é necessário que as etapas de fragmentação e classificação magnéticas sejam eficientes.

Neste sentido, os minérios em partículas minúsculas são encaminhados para a área de pelotização, para que sejam transformados em pelotas que poderão ser comercializadas.

2.1 PELOTIZAÇÃO: DESCRIÇÃO

Mourão (2017) explica que a pelletização foi desenvolvida com o objetivo de aproveitar os minérios concentrados, ultrafinos, impróprios para o uso direto nos fornos siderúrgicos de produção de ferro primário, tais como: alto-forno, reator de redução direta, corex e outros.

Na pelletização, segundo Mourão (2017), os minérios devem ser classificados como pobres e precisam ser moídos e concentrados, gerando quantidades expressivas de finos abaixo de 0,15mm, próprios para este processo. O autor informa que no Brasil essa atividade é desenvolvida por meio da tecnologia Traveling Grate.

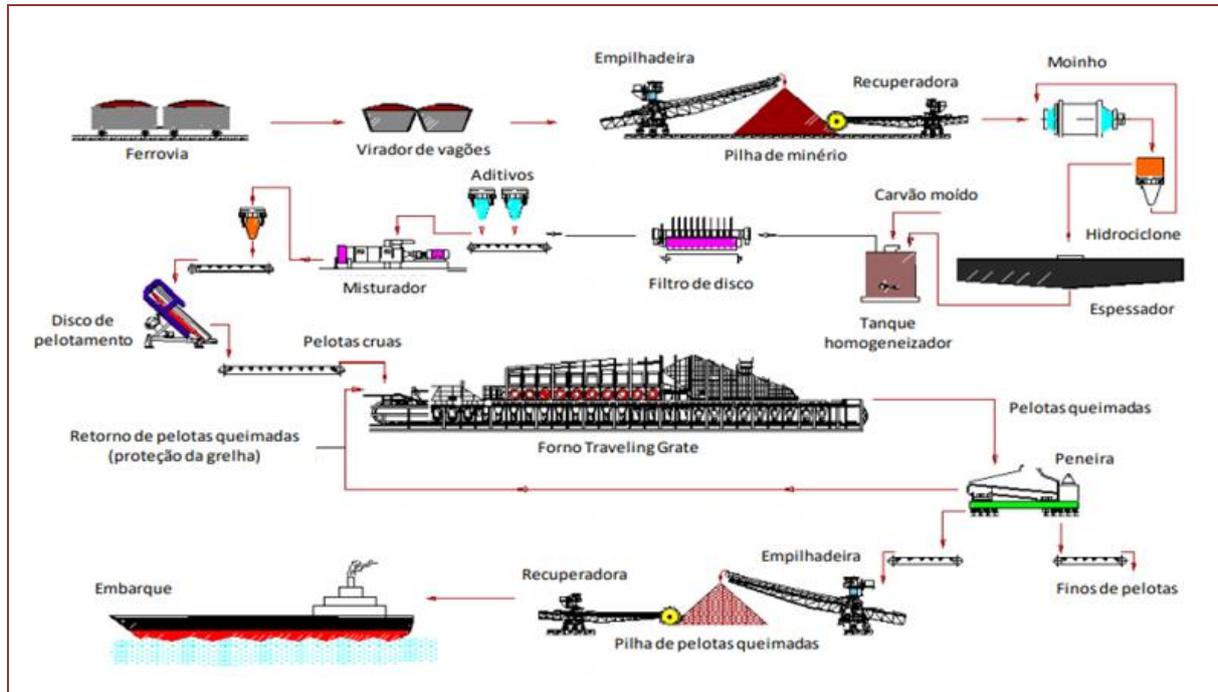
Para Mourão (2017), pelletização consiste na aglomeração desses finos, transformando-os em esferas de diâmetro médio da ordem de 12 mm, com propriedades químicas, físicas e metalúrgicas adequadas para uso na siderurgia.

Fato é que o processo de pelletização consiste na recuperação dos minérios finos que são partículas minúsculas do minério de ferro. As etapas referentes ao processo de pelletamento são apresentadas por Dias, Guimarães e Souza (2017, p. 02) como sendo:

- Balanças dosadoras: equipamentos responsáveis por alimentar o pelletamento com o material proveniente da mistura, em que foram adicionados insumos para aglomeração.
- Transportadores de correia: utilizados para transportar o minério até a alimentação do tambor de pelletamento.
- Tambor de pelletamento: equipamento responsável pela formação das pelotas. De acordo com a alimentação, velocidade de rotação, adição de insumos e características físicas e químicas do minério, o material é aglomerado, e assim passa para a próxima etapa.
- Peneira de rolos classificadora: equipamento responsável por classificar as pelotas de acordo com a granulometria. As pelotas são divididas em 3 grupos, pequenas (retornam para o início do pelletamento), médias (seguem para a etapa de queima) e, grandes (voltam para a etapa de mistura).

Para melhor entendimento e visualização do processo, a Figura 1 apresenta o fluxograma de planta de pelletização com moagem a úmido, discos de pelletização e forno Traveling Grate.

Figura 1: Fluxograma de planta de pelotização com moagem úmido, discos de pelotização e forno *Traveling Gate*



Fonte: Mourão (2017)

Em uma empresa de mineração, o processo de pelotização é realizado por meio de planejamento frente ao fluxo de produção que é desenvolvido.

2.2 ESTICADORES DE CORRENTES DE ACIONAMENTO

Os esticadores de corrente são componentes das peneiras de rolos. Eles são necessários para que as correntes de acionamento se mantenham esticadas. Borchert (2013) informa que a principal função de um esticador é efetuar o retorno da corrente e garantir a tensão ideal para o acionamento das peneiras de rolos, absorvendo suas variações no comprimento, causadas pela mudança de temperatura, oscilações de carga e tempo de trabalho. O autor esclarece que para efetuar o esticamento da correia, pode-se utilizar dois sistemas, dependendo da capacidade e comprimento.

Nakazato (2019) complementa as ideias apresentadas por Borchert (2013) ao apresentar que os esticadores têm por finalidade propiciar o melhor funcionamento das correntes. Como a corrente é composta por segmentos, seu comprimento deve ser sempre múltiplo do passo ou de dois passos, dependendo da emenda que será utilizada para fechar a corrente. Ainda de acordo com o autor, um dos problemas que podem ocorrer, é que dependendo da posição das engrenagens, a corrente pode acabar ficando frouxa e gerar ruído, desgaste prematuro ou até mesmo se soltar da engrenagem. Por isso, os esticadores de corrente são utilizados para que não ocorram falhas que comprometam o funcionamento dos equipamentos.

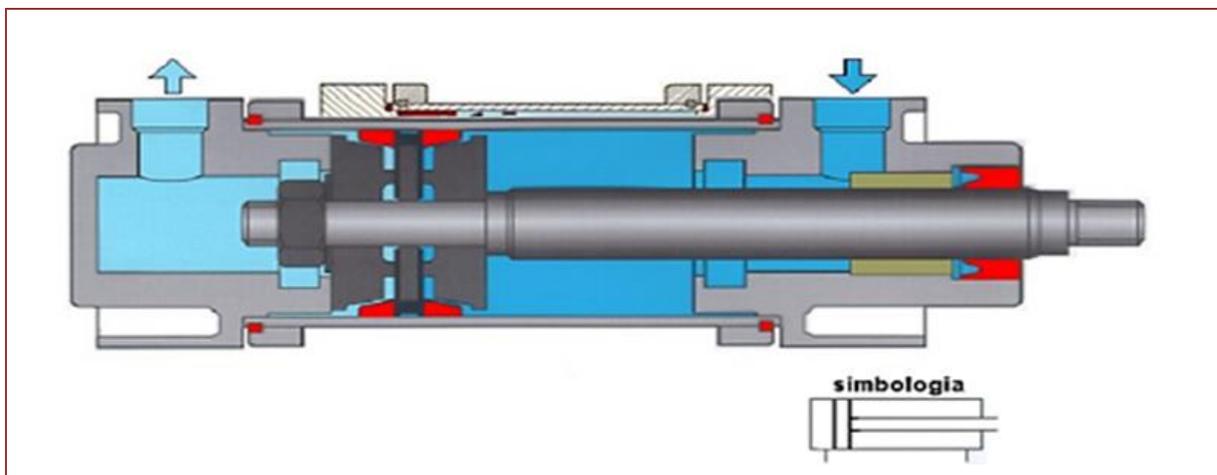
2.3 ATUADORES PNEUMÁTICOS

Dall'Amico (2017) explica que os atuadores pneumáticos são conhecidos como cilindros ou pistões pneumáticos, que realizam a transformação da energia do ar comprimido em trabalho mecânico através de movimentos lineares ou giratórios. Esse autor ainda esclarece que os de movimentos giratórios, de alerta ou pinhão-cremalheira, podem ser classificados de cilindros alternativos de giro limitado ($+ 270^\circ$) e de motores pneumáticos quando de giro contínuo.

Em continuidade Dall'Amico (2017) comenta que os atuadores são classificados em lineares e giratórios; e informa que os atuadores lineares apresentam-se como sendo cilindros pneumáticos com diferentes formas e tamanhos, sendo estes os mais utilizados nas instalações de automação pneumáticas e podem ser dividido dois grupos: de simples ação e de dupla ação.

Para melhor entendimento, é importante informar a diferença desses dois grupos de atuadores, de forma que os atuadores de simples ação trabalham em uma direção, possuindo uma única conexão de ar, sendo que o retorno à posição inicial pode se dar por ação de mola ou de outra força externa. Os de dupla ação ou duplo efeito realizam trabalhos em ambas as direções de avanço e de retorno, possuindo duas conexões de ar. Esse último apresenta maior força e desenvolve as atividades nos dois sentidos do curso, sendo eles de avanço e de retorno (DALL'AMICO, 2017). A Figura 2 ilustra um atuador linear de dupla ação.

Figura 2 - Atuador linear de dupla ação.



Fonte: Marins (2009)

Marins (2009) explica que os movimentos de avanço e retorno nos atuadores de dupla ação são produzidos pelo ar comprimido, por isso, podem realizar trabalho nos dois sentidos de seu movimento. Ainda de acordo com esse autor, os atuadores podem em princípio ter curso limitado, porém, devem-se levar em consideração as possibilidades de deformação por flexão e flambagem. São encontrados, normalmente, com curso de até 2000 mm.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa é um estudo de caso de natureza exploratória, descritiva e aplicada, com dados e análise qualitativa e quantitativa. O estudo ocorreu em uma empresa do ramo de mineração, no setor de pelotamento, que é identificado como uma das etapas do processo de beneficiamento do minério de ferro. A mineradora situa-se na Região do Alto Paraopeba de Minas Gerais e foi desenvolvida no período de Janeiro a Julho de 2020.

O estudo realizado sobre os atuadores pneumáticos, referentes ao funcionamento como esticadores de correntes de acionamento, teve como objetivo reduzir as paradas para manutenção das peneiras de rolos do setor de pelotização da empresa.

Quanto aos objetivos, à pesquisa caracterizou-se por ser um estudo que visou caracterizar o problema, além de apresentar e implementar ações para reduzir as paradas para manutenção das peneiras de rolos.

Foi realizado o levantamento do número e tempo utilizado para realização das manutenções das peneiras de rolos do setor de pelotização estudado. Isso com o propósito de entender o problema e identificar o impacto das paradas para manutenção no processo produtivo da empresa.

Após a coleta dos dados, esses foram analisados de forma qualitativa e quantitativa vislumbrando o entendimento de todo o processo.

4. ESTUDO DE CASO

Neste estudo de caso, inicialmente, é apresentado o problema da pesquisa, em sequência foi discutida a solução do problema apresentado.

4.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

O estudo surge em razão das paradas do fluxo de produção no setor de pelotização da empresa para conserto de peneiras de rolos. Isso ocorre devido às falhas dos atuadores pneumáticos, que são utilizados nos esticadores de correntes de acionamento.

O problema apresentado nos equipamentos da empresa remete a constatação de que o atual sistema de esticamento da corrente não garante o funcionamento até o fim da vida da corrente. Foi detectado que o desgaste da corrente se alonga até o curso final do atuador.

O atuador possui curso de 100 mm e foi constatado ser insuficiente para manter a corrente esticada até o fim de sua vida. Quando ocorre o desgaste, é necessário interromper o funcionamento da peneira de rolos e do circuito de pelotamento, para retirar um ou mais elos da corrente para que o equipamento possa funcionar corretamente. Isso acarreta perda de tempo e paralização das atividades, comprometendo o volume de produção para atender a demanda dos clientes.

A Figura 3 exemplifica a abertura da corrente para a retirada de elos.

Figura 3 - Retirada de um dos elos da corrente para o funcionamento da peneira de rolos

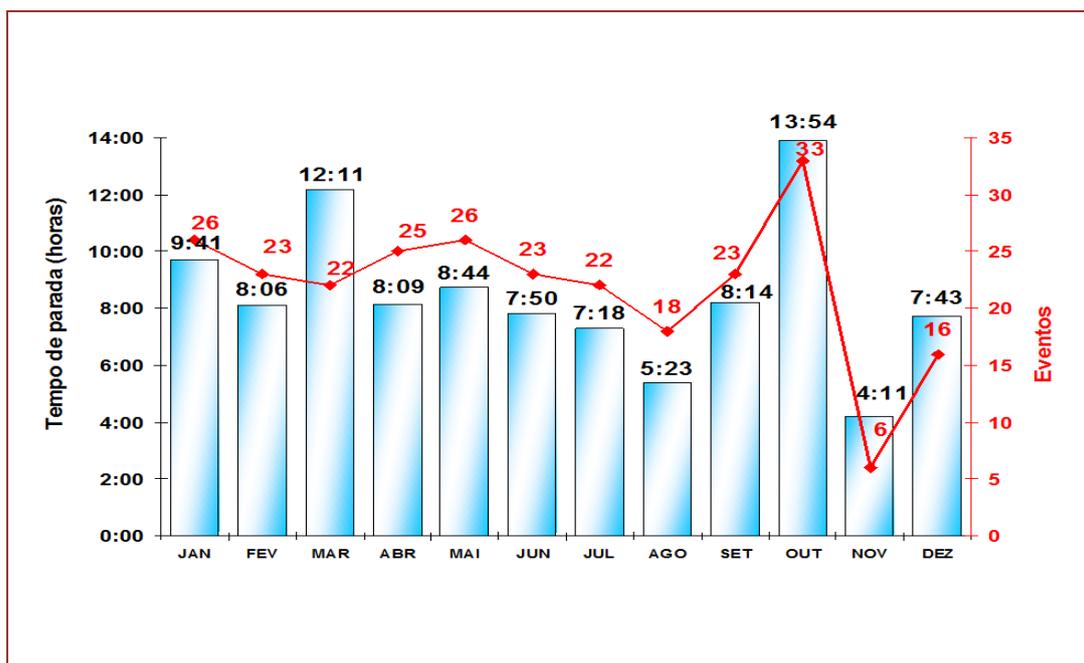


Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

A retirada de elos danificados da corrente, bem como o seu fechamento para que a peneira de rolos volte a funcionar, não se trata de uma atividade rápida e simples. O tempo gasto para a manutenção é um fator preocupante em virtude da paralização de todo o processo produtivo, uma vez que, os setores da empresa de mineração sejam interligados.

Nesse contexto, um dos estudos realizado foi a análise do tempo perdido pela empresa para manutenção das correntes de acionamento das peneiras de rolos. Para isso foi levantado o tempo gasto para a manutenção das correntes do ano de 2019, conforme pode ser observado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Quantidade e Tempo de Manutenção da Corrente das Peneiras de Roos – 2019



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

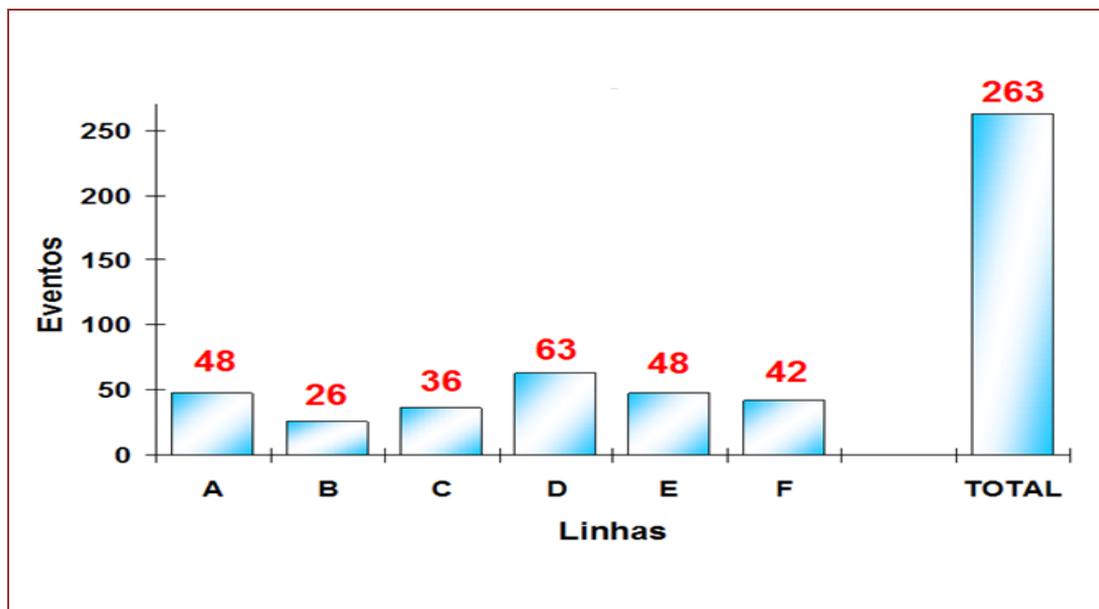
Conforme pode ser observado no Gráfico 1, em todos os meses de 2019 as peneiras de rolos pararam para realização de manutenção nas correntes. O tempo gasto para realização das manutenções foi maior que oito horas em sete meses do ano, tempo maior do que um turno de trabalho da empresa.

No mesmo sentido, ao somar os tempos de parada para manutenção das correntes das peneiras de rolos obtém um total de 99 horas e 24 minutos. Fato é que a empresa perdeu um volume de produção em tempo maior que 4 dias de trabalho.

Esse tempo de parada, para os cortes de corrente, é considerado elevado se analisar o fato de que, o processo produtivo de pelletização teve que ficar parado e não produzir. O tempo perdido para realização das manutenções das correntes pode comprometer o alcance dos objetivos e metas da empresa frente aos fatores de produtividade e lucratividade, além de promover a insatisfação dos clientes devido a possíveis atrasos no cumprimento de seus acordos comerciais.

No processo de pelletização, possuem 7 linhas de pelletização, que são denominadas de A, B, C, D, E, F e G. Para tanto, faz-se necessário esclarecer que a linha G foi excluída do estudo por ser uma linha nova, que funciona como stand-by, e ainda estava em fase de testes e gabaritação. Assim, foi pesquisado o número de paradas realizadas para o corte de corrente no ano de 2019 em 6 linhas de pelletização. O Gráfico 6 apresenta os valores.

Gráfico 2 – Quantidade de Paradas para corte de corrente nas linhas de pelletização – 2019



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Ao analisar o Gráfico 2, verifica-se que a linha A teve 48 eventos; a linha B, constatou-se 25; a linha C, 36 paradas; a linha D, 63 paradas; a linha E, 48 eventos; e, a linha F, 42 paradas. Constatou-se, portanto que, as linhas A, D e E apresentaram o maior número de eventos durante o ano de 2019.

Outro número analisado foi o tempo total necessário para realização de manutenções nas peneiras de rolos do ano de 2019, que atingiu 308 horas e 35 minutos. Esse tempo refere-se ao que o setor de pelotamento teve que ficar parado. Desse valor, 99 horas e 24 minutos foram para manutenção na corrente, que representa 32,16% do tempo total de manutenção do ano de 2019.

Quantificando o tempo de horas homem, ou seja, de mão de obra de mecânicos para realização de manutenções, em 2019, foram gastos 960h/h, com manutenção das correntes das peneiras de rolos. Acrescenta-se ainda, que a empresa utilizou para essas manutenções 480h/h de mão de obra de mecânicos eletricitista.

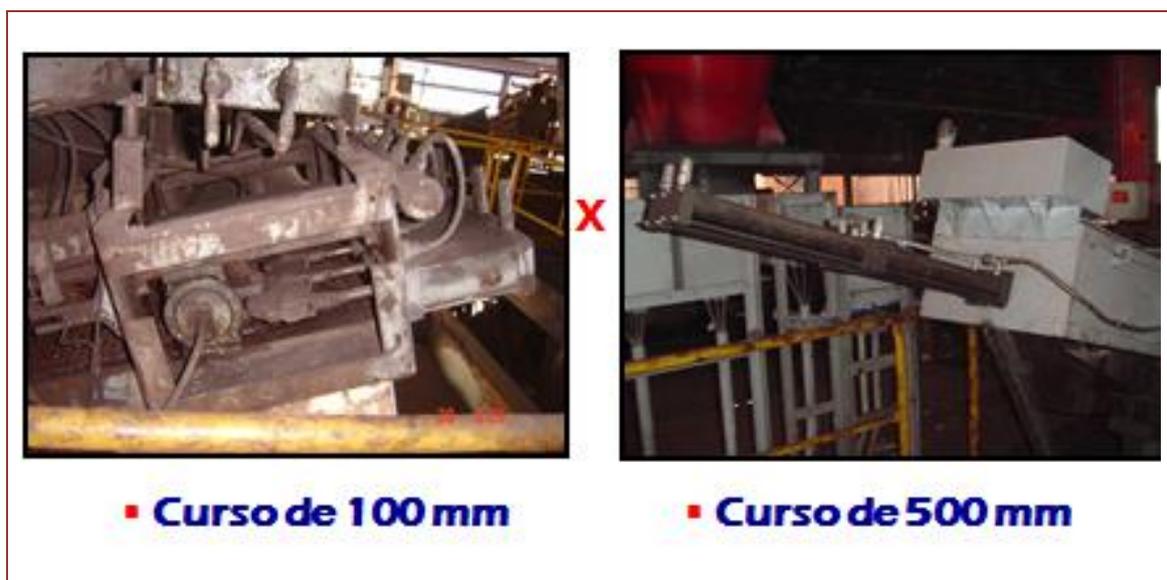
4.2 MELHORIAS NA REDUÇÃO DAS PARADAS PARA A MANUTENÇÃO DAS CORRENTES DAS PENEIRAS DE ROLOS

Com o levantamento dos dados, observou que a empresa tem perdas significativas no volume de produção do processo de pelotização com as paradas para manutenções das correntes das peneiras de rolos.

Desta forma, a partir dos resultados apresentados para reduzir as paradas e os tempos de manutenção nas correntes das peneiras de rolos, foram propostas e implementadas as seguintes ações:

- Primeira ação: trata-se da substituição do sistema de esticamento. Foi proposto aumentar o curso do esticador. A Figura 4 ilustra a modificação no sistema de esticamento, que foi o aumento do curso de 100 mm para 500 mm.

Figura 4 – Aumento do Curso do Sistema de Esticamento da Corrente



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

- Segunda ação: monitorar 12 correntes, que correspondem há seis linhas. O monitoramento foi feito com análise do período de vida útil de cada corrente, que segundo especificação do fabricante são necessários retirar 15 elos no período.
- Terceira ação: dimensionamento do pistão do atuador pneumático, trabalho desenvolvido com um Fator de Serviço ($F_s=1m25$). A Figura 5 ilustra o sistema de esticamento de correntes, o atuador pneumático.

Figura 5 - Sistema de esticamento de correntes com a folga da corrente



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Na Figura 5 é apresentada uma corrente com folga, pois os atuadores pneumáticos não estão ajustados.

- Quarta ação: modificação do acionamento das coroas, colocando-as independente, uma vez que o desgaste das correntes não se apresenta uniforme. Foi constatado neste estudo que as paradas seriam menores em razão de não ser necessário à troca das coroas em conjunto, o que possibilita a agilidade da manutenção a ser realizada. A Figura 6 mostra o esticamento das coroas em eixos independentes.

Figura 6 - Coroas em Eixos Independentes



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Após implementação das ações, foi observado que uma linha de pelotamento do setor de pelotização teria manutenção preventiva a cada 49 dias. Observou-se que, com o dimensionamento do pistão para 500 mm, a linha de pelotamento não pararia para manutenção corretiva das correntes para encurtamento.

As trocas dos pistões de 100 mm para 500 mm e a mudança do sistema de coroas para um sistema de eixo independentes (um eixo independente para cada uma das duas coroas de esticamento, possibilitando o esticamento independente de acordo com o desgaste de cada corrente) em todas as linhas de pelotamento do setor de pelotização foram realizados durante as paradas de manutenção preventiva que ocorriam a cada 7 dias. As trocas ocorreram ao longo do ano de 2020, juntamente com os estudos feitos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo reduzir as paradas de manutenção das peneiras de rolos do setor de pelotização de uma empresa mineradora de minério de ferro da região do Alto Paraopeba de Minas Gerais. No seu desenvolvimento, o problema foi identificado e a partir de análise foram sugeridas e implementadas ações para sua solução.

As ações apresentadas e sugeridas foram: substituição do sistema de esticamento, monitorar 12 correntes, que correspondem há seis linhas (conforme vida útil), dimensionamento do pistão do atuador pneumático e modificação do acionamento das coroas.

As ações implementadas para a redução das paradas para manutenção das correntes das peneiras de rolos apresentaram resultados positivos. Resultados esses que se referem a redução do tempo e número de parada para manutenções das linhas de pelotamento, redução de gastos com homem horas do setor de manutenção (mão de obra mecânica e eletricitista), aumento do volume de produção do setor de pelotização, e consequentemente, aumento das receitas, lucro e satisfação dos clientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BORCHERT, F. Projeto conceitual de um sistema para estufagem de contêiner. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ. Panambi, SC, 2013.
- [2] DALL'AMICO, R. Fundamentos da Pneumática III. Artigo Original, 2017. Disponível em: <http://www.marioloureiro.net/tecnica/pneumatica/fundamentos3.pdf> Acesso em 15 de abril de 2020.
- [3] DIAS, Í. M. GUIMARÃES, F. G. SOUZA, M. J.F. Sistema de controle granulométrico de pelotas de minério de ferro: um estudo de caso. Artigo Original, Instituto tecnológico Vale. Universidade Federal de Ouro Preto, MG, 2017. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/10726> Acesso em: 10 de março de 2020.
- [4] DUTRA, R. Beneficiamento de minerais industriais. Artigo de Revisão, 2008. Disponível em: https://mafiadoc.com/beneficiamento-de-minerais-industriais-utfpr_5a0b8f061723dd009f77a3e4.html Acesso em 15 de março de 2020.
- [5] FERRANTE, F. Estudo de viabilidade para a recuperação de minério de ferro em rejeitos contidos em barragens. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, MG, 2014.
- [6] FERREIRA, D.H.O. Principais etapas do tratamento de minérios itabiríticos do Quadrilátero Ferrífero. Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, MG, 2011. Disponível em: <http://www.ceermin.demin.ufmg.br/monografias/38.PDF> Acesso em 15 de março de 2020.
- [7] FIGUEIRA, H. V.: LUZ, A. B.: ALMEIDA, S. L. M. Britagem e Moagem. In: Tratamento de minérios, 5.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.
- [8] MARINS, A. Circuitos Pneumáticos e Comandos Eletropneumáticos. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFMG/SP, 2009. Disponível em: <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAhOTsAL/apostila-pneumatica> Acesso em 15 de abril de 2020.
- [9] MESQUITA, C. C.B. Gestão ambiental: oportunidade de melhorias em pedreiras de granulito da região metropolitana de Salvador. Tese de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, BA, 2010.
- [10] MOURÃO, J.M. Aspectos conceituais relativos à pelotização de minérios de ferro. Revista Conceitual Consultoria minero-siderúrgica. Vitória, ES, 2017.
- [11] NAKAZATO, A. Z. Desenvolvimento de máquina universal de ensaios mecânicos portátil de baixo custo para fins didáticos utilizando o conceito open-source. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá, SP, 2019. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/181723/nakazato_az_me_guara.pdf?sequence=5 Acesso em 20 de abril de 2020.

Capítulo 11

Manutenção em transportador de correia: Estudo de caso sobre a quebra do tambor de retorno da correia transportadora

Ielis Fabiano Severino

Luciano José Vieira Franco

Jussara Fernandes Leite

José Dimas Arruda

Nilo Antunes Ferreira

Resumo: Esta pesquisa aborda a manutenção do transportador de correia. Teve como objetivo minimizar as quebras do tambor de retorno do transportador de correia e consequentemente, reduzir os tempos de parada para manutenção e aumentar a produtividade, como também melhorar os resultados. Consistiu de um estudo de caso de natureza documental, descritiva, exploratória e explicativa. O estudo foi realizado em uma empresa de mineração de minério de ferro, situada na região do Alto Paraopeba em Minas Gerais, no período de abril a novembro de 2019, e abordou as quebras de um tambor de retorno de um transportador de correia. No desenvolvimento, foram verificadas as causas da quebra da correia transportadora, momento que foram realizados monitoramentos e inspeções. Como resultado verificou-se que as falhas incidentes eram devidas às avarias nos rolamentos. A alternativa sugerida para evitar a quebra e consequente parada do transportador de correia foi a troca do tipo de tambor utilizado, sanando assim os problemas recorrentes.

Palavras-chave: Manutenção. Correia transportadora. Tambor. Rolamento.

1. INTRODUÇÃO

Diante do aquecimento do mercado pela procura do minério de ferro de alta qualidade, as empresas investem em equipamentos de produção com tecnologia de ponta e utilizam-nos em jornadas extensivas para atender a demanda. Para isso, os gestores dessas organizações têm como foco processos eficientes e eficazes.

Um dos equipamentos utilizados por muitas mineradoras são os transportadores de correia para a movimentação de produtos. Esse equipamento é uma opção para transporte de produtos que necessitam de movimentação constante, como é o caso do minério de ferro nas mineradoras.

No entanto, como todo e qualquer máquina ou equipamento, é necessária a manutenção para mantê-lo em funcionamento e performance adequada ao processo. Nesse sentido, há a necessidade de desenvolver um plano de manutenção que abranja todas as partes e componentes.

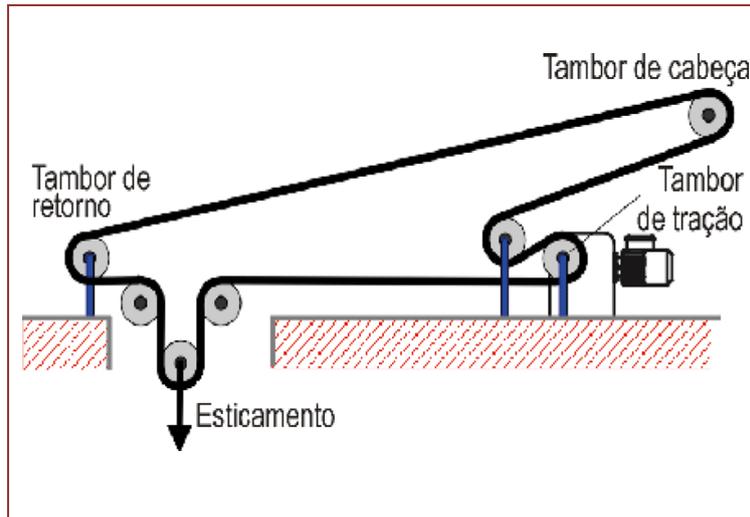
Sobre manutenção, Filho (2018) conceitua como sendo o conjunto de ações para detectar, prevenir, ou corrigir defeitos, falhas funcionais ou potenciais, com o objetivo de manter as condições operacionais e de segurança dos itens, sistemas ou ativos.

Nesse contexto, a pesquisa aborda a manutenção do transportador de correia, equipamento, que tem a finalidade da retirada de finos de pelota após o processo de peneiramento. O objetivo do estudo é minimizar as quebras do tambor de retorno do transportador de correia e conseqüentemente, reduzir os tempos de parada para manutenção e aumentar a produtividade, como também melhorar os resultados.

2. TRANSPORTADOR DE CORREIA

Segundo Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da Norma Brasileira Regulamentadora (NBR 6177, 1998), transportador de correia é um arranjo de componentes mecânicos, elétricos e estruturas metálicas, consistindo em um dispositivo horizontal ou inclinado, ascendente ou descendente, podendo ser em curvas côncavas ou convexas. Pode ser ainda, uma combinação de quaisquer destes perfis, destinado à movimentação ou transporte de materiais a granel, através de uma correia contínua com movimento reversível ou não, que se deslocam sobre os tambores, roletes e/ou mesas de deslizamento.

O transportador de correia possui diversos componentes. Nesta pesquisa, destaca-se o tambor de esticamento, que conforme a ABNT na NBR 6177 (1998), é um elemento giratório, de forma cilíndrica, constituído de corpo e eixo, com a finalidade de direcionar, tracionar e/ou tencionar o transportador durante o funcionamento. Os tambores asseguram as reações aos esforços oriundos da correia e do torque proveniente do motor elétrico. Para melhor visualização, a Figura 1 mostra a disposição dos tambores em um transportador de correia.

Figura 1 - Tambores em um transportador de correia

Fonte: ELMEC (2018)

Os mancais, segundo Carreteiro e Belmiro (2006), são suportes ou guias de partes móveis. Allis (2014) complementa as ideias de Carreteiro e Belmiro (2006) ao comentar que os mancais são elementos importantes no dimensionamento e no custo de um transportador, influenciando diretamente no funcionamento dos tambores e nas variáveis relacionadas às finanças.

Carreteiro e Belmiro (2006) apontam que a limpeza é a primeira coisa a feita para o bom funcionamento e longa duração em serviço de rolamentos. Por isso é essencial que as caixas de rolamentos possuam boa vedação. Os autores enfatizam que um dos tipos de vedação mais utilizada em rolamentos lubrificados à graxa é o feltro em tiras ou anéis. Outro tipo de vedação empregado são os chamados anéis de labirintos que apresentam vantagens no caso de altas velocidades.

A ABNT (1993), por meio da NBR 6172, mostra que os tambores são classificados em relação à superfície de contato, à forma geométrica, ou ao acionamento. Quanto à superfície eles podem ser revestidos ou não. Quanto à forma podem ser planos ou abaulados. Por fim, quanto ao acionamento podem ser de acionamento fixo ou livre.

Para Ssrubber (2003), o revestimento para tambores é fundamental para os equipamentos locomotores, pois aumentam o atrito entre o tambor e a correia transportadora para melhor transmissão de potência. Além disso, o revestimento para tambores anula os efeitos de impurezas da correia sobre a superfície dos tambores, e melhora a aderência à passadeira de transportadoras. Em condições extremamente úmidas ou sujas, a aderência oferecida pelo revestimento para tambores é eficaz, devido ao seu elevado grau de fricção.

O revestimento diamante, conforme pode ser observado na Figura 2, possui revestimento de borracha com formato similar a diamantes. Esse revestimento tem função de aumentar a aderência da superfície de contato da correia com o tambor. Sua maior utilização se faz no acionamento da correia (STEELROOL, 2018).

Figura 2 – Tambor com revestimento tipo diamante



Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

2.1 MANUTENÇÃO

Manutenção, conforme ABNT, NBR-5462 (1994), é conceituada como “a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

Há vários tipos de manutenções, os seus tipos e classificações são dados de acordo com o tipo de intervenção que é realizada em um equipamento. Segundo Viana (2002), os vários tipos de manutenção possíveis são nada mais do que as formas como são encaminhadas as intervenções nos instrumentos de produção.

Na visão de Moubray (1997), a manutenção é realizada nas empresas como uma associação de diversas atividades. Essas atividades podem ser classificadas por meio de duas abordagens: atividades proativas e atividades reativas. As atividades proativas são as executadas antes das falhas ocorrerem, desenvolvendo ações que antecipem sua ocorrência para não permitir o estado de falha do equipamento. Porém, as atividades reativas ocorrem após a falha, desenvolvendo ações para restabelecer a disponibilidade do equipamento.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa consiste em um estudo de caso, de natureza documental, descritiva, exploratória e explicativa. O estudo foi realizado em uma empresa de mineração de minério de ferro, situada na região do Alto Paraopeba e Minas Gerais, no período de abril a novembro de 2019 e abordou as quebras de um tambor de retorno de um transportador de correia.

Inicialmente, foi realizada a descrição do processo e apresentada as características do transportador de correia. Em sequência, dados foram coletados dos relatórios do sistema de informatização da empresa para identificar os locais em que ocorrem as manutenções, o tempo de manutenção e o número de pessoas especializadas da equipe de manutenção que são necessárias para realização das manutenções. Posteriormente, foram realizados monitoramento e inspeções. Um instrumento utilizado foi o Microlog CMXA 50, que identificou anormalidade no sistema de rolamento do tambor. Foi analisado, também, o acúmulo de material no labirinto, mancal fixo e área de retorno da correia.

Com a identificação das quebras do tambor, monitoramento e inspeções, foi realizado o teste de verificação das causas das quebras dos rolamentos e feita a apuração das causas potenciais.

4. ESTUDO DE CASO

A empresa em que foi realizado este estudo utiliza um transportador de correia que fica situado dentro do processo de pelotização. O transportador de correia realiza o transporte de finos de pelotas para os silos.

Este transportador tem um comprimento total de correia de 82 metros, com largura de 24 polegadas e inclinação de 19°. A capacidade de carga é 40 toneladas por hora, com velocidade requerida de 1,46 metros por segundo. Esse equipamento é constituído por um conjunto de acionamento por meio de motorreductor de engrenagens cônicas, motor de 7,5 KW, tambor de acionamento de mancais de rolamento externo e retorno com mancais de rolamento interno e fixo, além de roletes de carga, retorno e desvio. Na Figura 3, pode-se observar o transportador de correia da empresa.

Figura 3 – Transportador de correia



Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

O transportador tem classificação dentro do processo de peneiramento de criticidade classe A, que compõe os ativos da hierarquia da planta de pelotização como ativo de linha singela do processo. A classificação da criticidade do equipamento é máxima, classe A, devido à paralização da produção na sua parada.

4.1 ESCOLHA DO TRANSPORTADOR DE CORREIA

O fator predominante para escolha do transportador de correia como objeto de estudo partiu do levantamento de dados gerados pelo sistema informatizado da empresa. Pelo sistema, foram constatadas 10 paradas corretivas oriundas da quebra do tambor de retorno no período que compreende os meses de janeiro de 2018 a março de 2019. Os tempos de duração dessas manutenções e número de pessoal especializado (mão de obra) da equipe de manutenção para realizar os reparos são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Tempo de Manutenção e Nº de Pessoal de Manutenção

| Om | Data | Tempo de execução em horas | Mão de obra |
|--------------|------------|----------------------------|-------------|
| 201700087485 | 23/01/2018 | 3 | 3 |
| 201700511325 | 15/03/2018 | 3 | 2 |
| 201701087666 | 24/05/2018 | 3,5 | 2 |
| 201701985312 | 19/07/2018 | 4 | 3 |
| 201702776818 | 08/08/2018 | 2 | 2 |
| 201703455119 | 19/10/2018 | 2 | 2 |
| 201704047108 | 13/12/2018 | 2 | 2 |
| 201800064625 | 10/01/2019 | 3 | 2 |
| 201800751254 | 06/03/2019 | 3,5 | 2 |
| 201801164450 | 03/04/2019 | 4,5 | 2 |

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Observa-se ao somar os valores de tempo de execução de reparo do tambor do transportador de correia, que este atinge um valor 30,5 horas. Um número significativo de máquina parada, que é um tempo não produtivo e afeta o volume de produção da empresa. Acrescentam-se ainda os gastos com mão de obra, peças para troca e conserto do componente.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA: QUEBRA DO TAMBOR DE RETORNO

Foi identificada, através das ordens de manutenção retiradas do sistema, a incidência de ocorrência de quebra no tambor de retorno. Estas ocorrências estão associadas à avaria no rolamento do tambor.

4.2.1 CARACTERÍSTICAS DO TAMBOR

O tambor de retorno é constituído por um corpo tubular de 400 milímetros de diâmetro e 750 milímetros de comprimento, revestido em borracha de 15 milímetros de espessura, tipo diamante ou cerâmica. Uma característica peculiar do tambor é a forma de construção e montagem do mancal de rolamento. Ele é constituído de uma caixa para montagem do rolamento, posicionada internamente nos discos laterais de chapas de 19mm e sobre o eixo previamente usinado, composto ainda de vedação interna, fixada através de parafusos e vedação externa através de tampa, feltro e labirinto.

O rolamento na aplicação é denominado auto compensador de rolos. Também como peculiaridade, a montagem e fixação do tambor na estrutura do transportador de correia são realizadas em seu eixo, em um mancal denominado fixo, com chaveta conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Montagem do mancal fixo com chaveta no eixo



Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

4.2.2 ANÁLISE DA QUEBRA DO TAMBOR

Devido ao grande número de corretivas envolvendo o rolamento do tambor, e pela classe A do transportador de correia, foi necessário adotar procedimentos de manutenção preditiva com menor período de tempo. A preditiva possui duas rotas, sendo a primeira delas mais detalhada, em que anteriormente eram realizadas a cada três semanas, e no período da pesquisa se faz a cada duas semanas. A segunda, denominada rota de sensível, é realizada semanalmente.

Na rota sensível é medida a temperatura dos rolamentos e verificada a condição do revestimento, estrutura, contaminação, impactos, ruído nos rolamentos, ou qualquer avaria que a sensibilidade humana não consiga identificar.

4.2.3 MONITORAMENTO

O instrumento utilizado para o monitoramento é o Microlog CMXA 50, que pode ser visto na Figura 5.

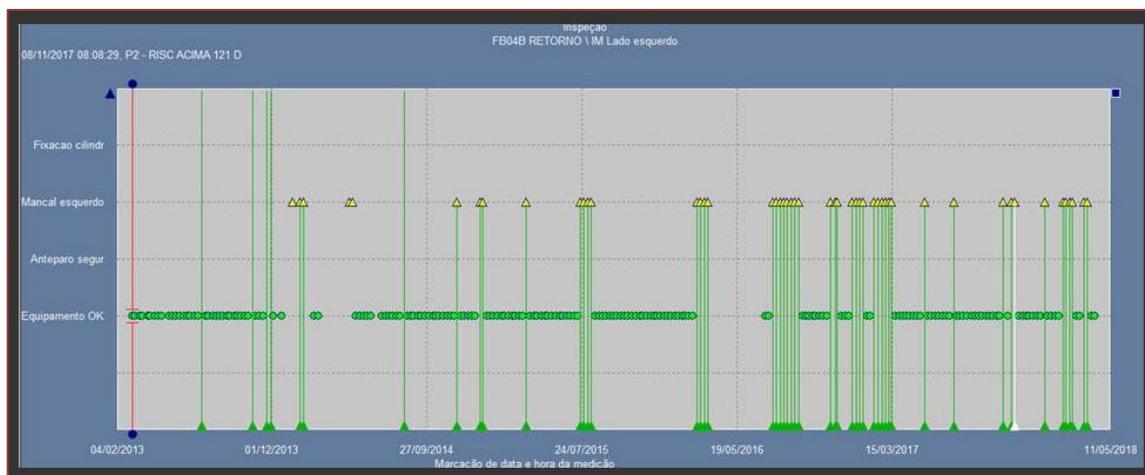
Figura 5 – Microlog CMXA 50



Fonte: SKF (2002)

O Microlog CMXA 50 é um equipamento para análise e coleta de dados do tambor. Esse instrumento consegue identificar com antecedência possíveis falhas que a inspeção não detecta nos rolamentos. No Gráfico 1, pode-se observar resultados realizados pela inspeção sensítiva com esse equipamento.

Gráfico 1 – Sensítiva no tambor: Lado esquerdo



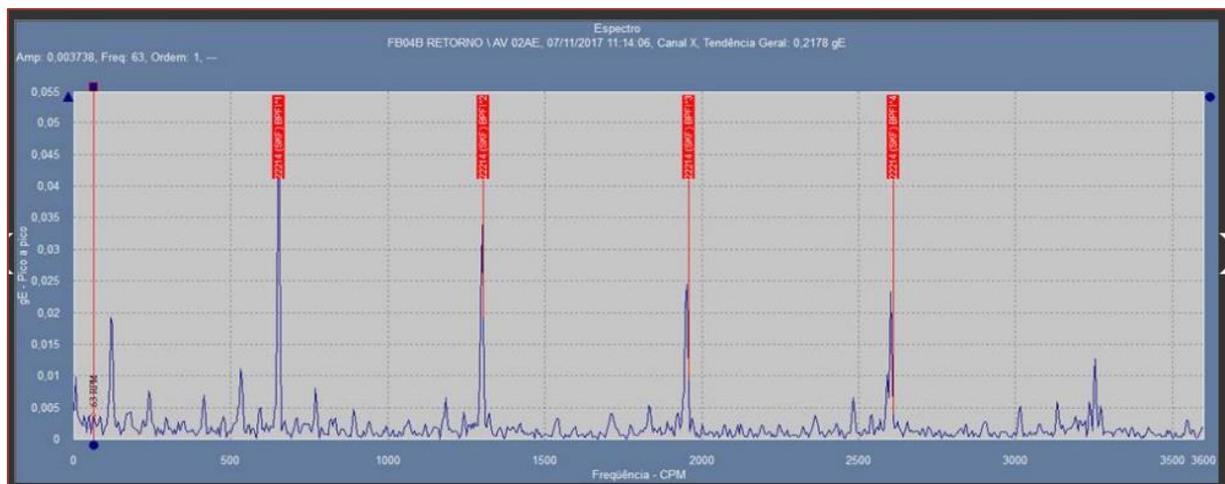
Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Por meio do Gráfico 1, verifica-se os pontos verdes e amarelos. Cada ponto indica que o inspetor sensível fez registro, sendo que o ponto verde mostra o equipamento normal, e o ponto amarelo identifica anormalidade, que pode comprometer o funcionamento ou integridade física da máquina. Todos esses pontos são registrados em coletores, que após término da rota é descarregado e analisado pelo centro de monitoramento de ativos – CMA. Assim, após análise, toma-se a decisão de realizar ou não uma intervenção no equipamento, evitando parada corretiva.

Como mencionado anteriormente, dispõe-se da manutenção preditiva para realizar as coletas de vibrações. As frequências aparecem mediante a intensidade e amplitude que a energia da falha propaga no próprio setor coletado, assim, com as coletas de vibrações pode-se captar essa energia mecânica e transformar a mesma em sinal eletroeletrônico, chamada de transformação de Fourier. Desse modo, os sinais são analisados em um programa específico que consegue identificar as falhas como avaria na pista interna, chamada de BPF1, pista externa, chamada de BPF0, elementos rolantes BSF e frequências de gaiola FTF.

O Gráfico 2 apresenta a excitação de frequência de avaria da pista externa de um rolamento do tambor de retorno.

Gráfico 2 – Espectro de Avaria Pista Externa

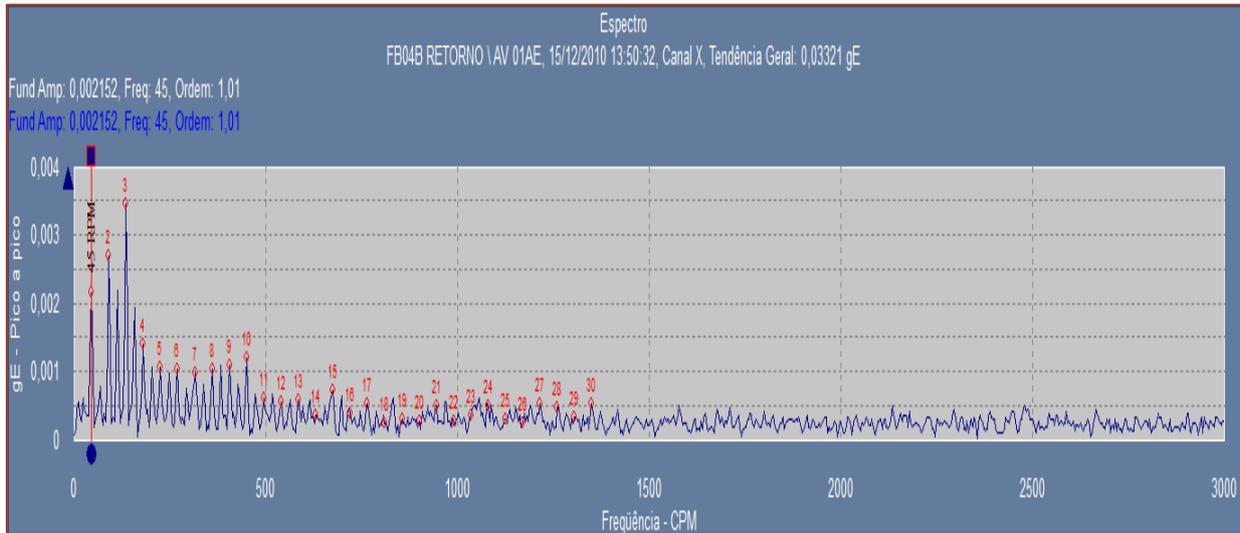


Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

Observa-se no Gráfico 2 os cursores vermelhos, caracterizados pelos harmônicos, que são característicos deste tipo de falha.

No Gráfico 3 é apresentado o espectro, sintoma de folga no rolamento do tambor.

Gráfico 3 – Espectro de Avaria de Folga no Rolamento

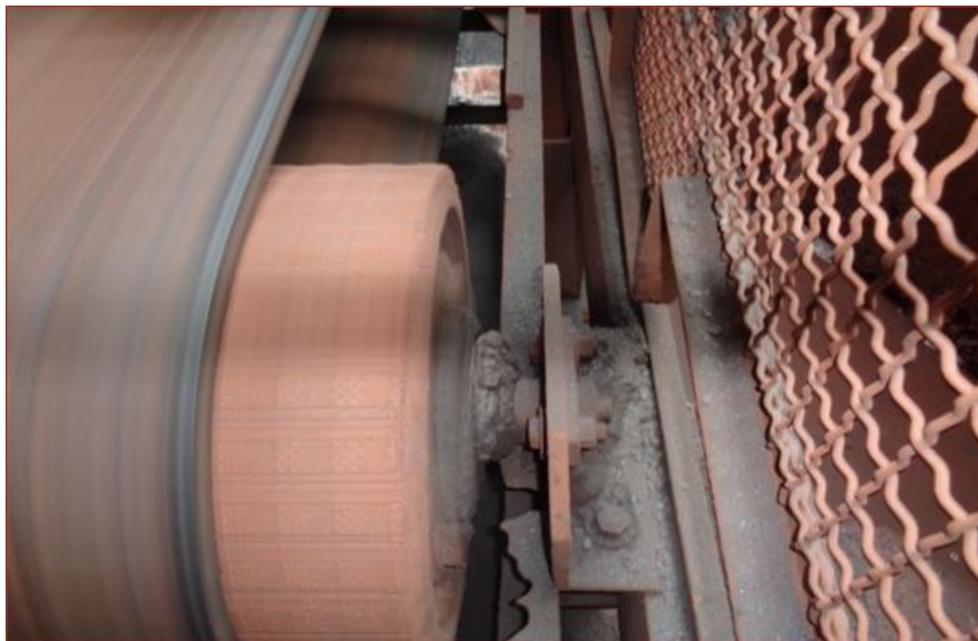


Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

O espectro de avaria de folga no rolamento mostrado no Gráfico 3 é caracterizado pela família de harmônicos com elevadas amplitudes na frequência de rotação da máquina.

Outro monitoramento realizado é quanto ao acúmulo de material no labirinto e mancal fixo, ilustrado pela Figura 6.

Figura 6 – Material acumulado no Labirinto e Mancal Fixo



Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

4.3 VERIFICAÇÃO DAS POSSÍVEIS CAUSAS DA AVARIA NO ROLAMENTO

Diante da análise dos gráficos e laudos da preditiva e inspeção sensitiva, verificou-se que há incidência de avaria no rolamento do tambor. Com base nos diagnósticos, realizou-se o teste de verificação, que pode ser verificado no Quadro 1.

Quadro 1 – Teste de Verificação das Causas

| | Causas Potenciais | Avaliação | Justificativa |
|---|--|------------|--|
| 1 | Falha no projeto do tambor | Improvável | Não há ocorrências sucessivas de quebra antes do período analisado |
| 2 | Falha na reforma do tambor na oficina | Improvável | Porque o tambor é reformado conforme procedimento, checado, tolerâncias e folgas dos componentes antes da montagem |
| 3 | Falha de frequência de lubrificação | Improvável | Porque e realizado conforme frequência estabelecida pelo sistema informatizado |
| 4 | Contaminação do rolamento por material externo | Provável | Porque existe acúmulo de material nos componentes do tambor e sua estrutura |
| 5 | Falta de inspeção | Improvável | As rotas são geradas através do sistema informatizado e são cumpridas conforme a frequência estabelecida |
| 6 | Falha na limpeza do transportador | Provável | Porque a equipe da operação utiliza água com alta pressão para limpeza do retorno da correia |
| 7 | Falha na montagem do tambor na usina | Improvável | Porque os funcionários são treinados e capacitados para execução do serviço |

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Por meio do Quadro 1, observa-se que foram listadas as possíveis causas de avaria de rolamentos, executando uma avaliação apoiada em fatos e dados, sendo classificadas como provável e improvável. Com base no teste de verificação, identificou-se que a causa provável que leva a avaria no rolamento é contaminação por material externo.

4.4 CAUSAS POTENCIAIS

Aprofundando nas potenciais causas, foi identificado acúmulo de material no retorno da correia, conforme pode ser observado na Figura 7.

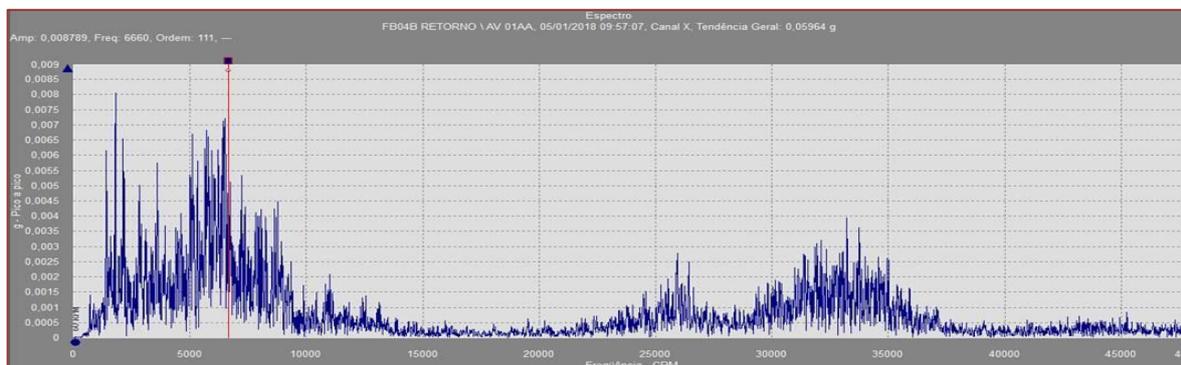
Figura 7 – Material no Retorno da Correia



Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

Em sequência, foi realizada a análise de vibração do rolamento do tambor, utilizando a técnica de aceleração, elevação do carpete que se caracteriza por deficiência de lubrificação. O Gráfico 4 mostra os resultados.

Gráfico 4 – Espectro de Deficiência de Lubrificação

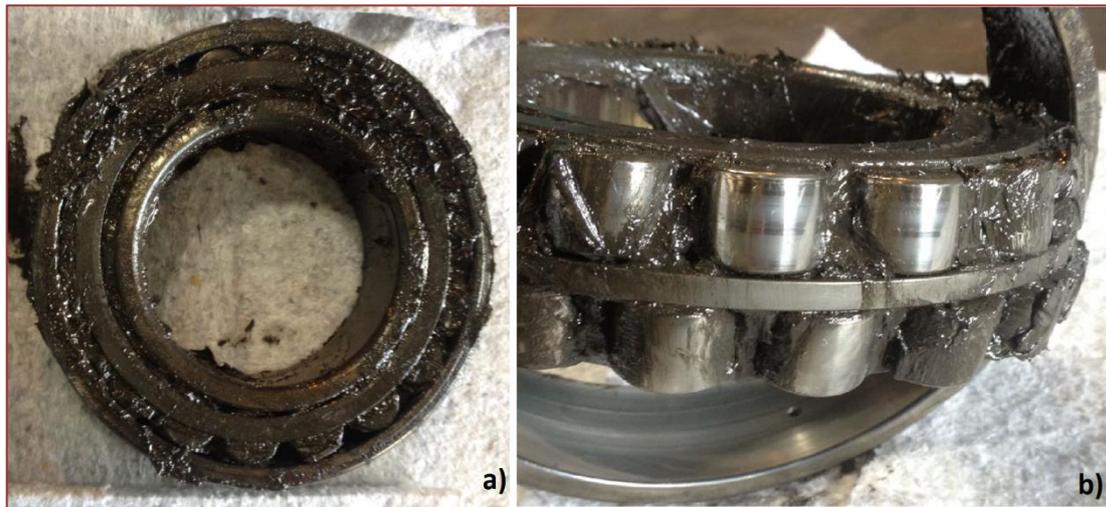


Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

Por meio dos resultados apresentado no Gráfico 4, foi verificado uma instabilidade no sistema, mostrando uma deficiência de lubrificação do rolamento.

Nas Figuras 8a e 8b é mostrada a contaminação do rolamento por material transportado pelo transportador de correia.

Figura 8 – a) Contaminação do rolamento; b) Marcas nos elementos e pista externa.



Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com base no contexto, identificaram-se avarias no rolamento do tambor por meio das técnicas de preditiva e sensitiva aplicadas com diagnósticos técnicos.

O acúmulo de material nas partes do tambor e transportador leva a contaminação do rolamento. Como potencial agravante, a limpeza do equipamento com o uso de água de alta pressão direciona o material para as partes do tambor.

O Gráfico 4 permite visualizar a deficiência de lubrificação que está atrelada à contaminação do rolamento. Foi apontado nas Figuras 8a e 8b, desgaste dos elementos rolantes e pista externa, proveniente do arrasto do contaminante durante a operação.

Tem-se ainda que a deficiência de lubrificação esteja associada à contaminação do rolamento por partículas externas. As partículas, por se tratar de material sólido, quando adentram no rolamento, contaminam o lubrificante expulsando-o para fora, ocasionando a avaria no rolamento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao término deste estudo, pode-se afirmar que os transportadores de correia são essenciais para o processo mineralógico e que cada componente da sua estrutura desempenha um papel para o seu funcionamento. Ao analisar os componentes, depara-se ao mesmo tempo com os adjetivos de robustez e fragilidades.

Diante desta circunstância, observa-se que a manutenção em si, desempenha um papel fundamental para uma consistente fluidez dos resultados de uma empresa. Ela pode indicar o perfil de competitividade da empresa no mercado, se comparado com seus concorrentes. Tem como seu principal valor o fator humano, o qual, sendo treinado e capacitado, e de posse de ferramentas, máquinas e equipamentos de qualidade e confiabilidade, trará resultados mensuráveis para o processo.

Por fim, com embasamento no estudo de caso, é sugerido como alternativa imediata analisar a origem do material acumulado e tomar medidas de neutralização deste no transportador, que conseqüentemente levará a não utilização dos meios usados para limpeza. Como sugestão para este transportador, tem-se a modificação do tambor de retorno de mancais fixos, hoje aplicado para a instalação de tambor com mancais de rolamento externo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALLIS, M. S. Manual de transportadores de correia. 2014. Disponível em: <<https://docslide.com.br/documents/manual-de-transportadores-de-correia-facopdf.html>>. Acesso feito em 05 de nov. de 2019.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR- 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6172: Transportadores contínuos – Transportadores de correia – Tambores - Dimensões. 1993. Disponível em: <<https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/30760/nbr6172-transportadores-contínuos-transportadores-de-correias-tambores-dimensoes>>. Acesso feito em 29 de mar. de 2019.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6177: Transportadores contínuos – Transportadores de correia – Terminologia. 1998. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=352906>>. Acesso feito em 23 de mar. de 2019.
- [5] CARRETEIRO, R. P.; BELMIRO, P. N. Lubrificantes & lubrificação industrial. Rio de Janeiro: Interciência Ltda, 2006.
- [6] ELMEC. Chave detectora de desalinhamento com haste flexível. 2018. Disponível em: <<http://elmec.com.br/>>. Acesso feito em 11 de nov. de 2019.
- [7] FILHO, G. B. A organização, o planejamento e o controle da manutenção. Rio de Janeiro: Ciência moderna limitada, 2008.
- [8] MOUBRAY, J., Reliability-centered maintenance. 2 ed. New York: Industrial Press Inc., 1997.
- [9] SKF. Microlog CMXA 50. 2002. Disponível em: <<http://www.skf.com/br/products/product-tables/index.html>>. Acesso em: 05 Maio de 2018.
- [10] SSRUBBER, C. T. Revestimento tambores de diamante. 2003. Disponível em: <www.ssrubber.com.br>. Acesso feito em 09 de nov. de 2019.
- [11] STEELROOL, M. Tambor com revestimento de pastilhas de cerâmica. 2018. Disponível em: <<http://www.steelrool.com.br>>. Acesso feito em 12 de nov. de 2019.
- [12] VIANA, Hebert Ricardo Garcia. Planejamento e Controle da Manutenção. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

Capítulo 12

Manutenção em correias transportadoras em siderurgia: Um estudo de caso para melhorias no acionamento de uma correia transportadora

Adriano Aparecido Lagares

Luciano José Vieira Franco

Jussara Fernandes Leite

Alexandre Magno Franco Ferreira

Fernando Marinho

Resumo: A pesquisa é um estudo de caso, realizado em uma siderúrgica do alto Paraopeba e teve como objetivo, apresentar ações para eliminar as principais causas de paradas em uma correia transportadora. Inicialmente foram analisados os históricos de manutenção, em que foi possível identificar as causas das paradas. Após a identificação, foi elaborada uma tabela onde se descreve as ocorrências com o número de falhas e tempo de paradas em minutos. Em seguida, evidenciaram-se três causas principais que abrangeram das paradas não programadas: desalinhamento, quebra do acoplamento e falta de um plano de manutenção no equipamento. Posteriormente à análise das principais causas de indisponibilidade do equipamento, chegou-se à conclusão que o problema principal estava relacionado a falta de lubrificação e dimensionamento de acoplamento incorretamente. Foi observada a falta de um plano de lubrificação condizente com a realidade apresentada. Diante do exposto, foi elaborado e implementado o plano de lubrificação. Este trabalho mostra que o emprego de metodologias adequadas e uma manutenção de qualidade podem, e contribuem, muito com o desempenho final de uma empresa. Foi possível, através da modificação do acoplamento, verificar o aumento de produtividade, diminuir horas gastas em manutenção corretiva e aumentar a disponibilidade de operação do equipamento.

Palavras-chave: Manutenção, análise de falhas, plano de lubrificação.

1. INTRODUÇÃO

No setor minero-metalúrgico, as correias transportadoras são utilizadas em numerosos processos com o propósito de providenciar um fluxo contínuo de materiais entre diversas operações. Elas constituem o meio mais difundido de transporte para grandes quantidades de materiais a granel, reduzindo desta forma, a quantidade de caminhões e o custo deste tipo de serviço. (SANTOS E MALAGONI, 2013).

Souza (2009) completa as ideias de Santos e Malagoni (2013) ao afirmar que as correias transportadoras tem por finalidade transportar as matérias primas, reciclar o retorno de processo, destinar o sínter bruto para beneficiamento mecânico e transportar o sínter produto para o local de armazenamento.

Ferdoko e Ivanco apud Santos e Malagoni (2013) explicam que o sistema de uma correia transportadora é basicamente formado por uma correia sem fim, a qual é estendida entre dois tambores (acionamento e de retorno) principais e roletes justapostos, sobre os quais a correia desliza, com baixo atrito, possibilitando a movimentação de cargas pesadas.

No entanto, um problema que vem preocupando muitos empresários é a perda de lucro pela diminuição do tempo de disponibilidade das correias transportadoras dentro do processo produtivo. Essa redução ocorre devido ao aumento da produção para atender a demanda, que gera a necessidade de uma maior quantidade de paradas para manutenção para mantê-las em funcionamento para trabalhar por maior tempo.

Neste contexto, esta pesquisa tem como objetivo apresentar ações para eliminar as paradas não programadas, a fim de aumentar a disponibilidade das correias transportadoras para abastecimento dos silos de materiais diversos do alto forno de uma siderúrgica da Região do Alto Paraopeba em Minas Gerais.

2. MANUTENÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 5462 (1994), manutenção é o conjunto de ações técnicas e administrativas que tange, como um todo, o ramo e área industrial como um sistema único que destina manter ou recolocar um equipamento, instalação ou maquinário de um determinado setor, ou seja, sua principal função é manter em ordem o funcionamento dos equipamentos através de intervenções corretas e oportunas.

Sobre os tipos de manutenções, pode-se citar a manutenção corretiva, preventiva e detectiva. Freitas (2016) enfatiza que a manutenção corretiva é a forma mais primitiva de manutenção. Comenta que ela se baseia simplesmente na correção de uma falha ou do menor desempenho que o esperado, ou seja, é uma manutenção de emergência. Em relação à manutenção preventiva, esse mesmo autor explica que é a manutenção voltada para evitar a ocorrência de falhas ou quedas de desempenho, através de manutenções em intervalos de tempo pré-definidos, obedecendo a um plano previamente elaborado. Costa (2013), citado por Freitas (2016), afirma que a manutenção detectiva é a manutenção que realiza acompanhamento de variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas e equipamentos, com o objetivo de definir o melhor instante para a intervenção, com o máximo aproveitamento do ativo.

2.1 CORREIAS TRANSPORTADORAS

Segundo a Norma Técnica Brasileira – NBR 6177 (1999) –, um transportador de correia ou correia transportadora ou, abreviadamente, “TC” é um arranjo de componentes mecânicos, elétricos e estruturas metálicas como um dispositivo horizontal, inclinado ou em curvas, ou uma combinação destes, destinado à movimentação ou transporte de materiais a granel, por meio de uma correia contínua com movimento reversível ou não.

Para melhor entendimento, a NBR 6177 (1999) apresenta que correia também é chamada de lona e é responsável pelo contato com o material a ser transportado. Ela é formada por três partes: carcaça, cobertura superior e cobertura inferior.

Sobre rolete, Carnizello (2011) explica que é o nome dado ao conjunto rolos e suporte. Eles têm a função de suportar a correia, tanto do lado carregado quanto no retorno. Os rolos são cilindros de aço de alta resistência que contêm rolamentos e podem girar em torno de seu próprio eixo. No mesmo sentido, a NBR 6177 (1999) afirma ser um conjunto de um ou mais rolos, devidamente apoiados em um suporte, destinados a suportar, guiar e conformar a correia transportadora.

A NBR 6177 (1999) apresenta que tambores é um elemento giratório, de forma cilíndrica, constituídos de corpo e eixo, com a finalidade de direcionar, tracionar e/ou tensionar a correia transportadora. Chute ou calha é o elemento destinado a receber e direcionar o material transportado ao ser descarregado em outro transportador, pilha, silo, etc. Esticamento é o grupo de elementos mecânicos, eletromecânicos ou hidráulicos, com suas estruturas inerentes, destinado a proporcionar o ajuste do comprimento da correia, absorvendo seu alongamento ou contração, e a manter a tensão conveniente na correia. Carregamento ou descarga é a região na qual o transportador recebe ou descarrega o material transportado. Limpadores é o mecanismo constituído de estrutura e lâmina flutuante de ação pelo próprio peso, com um ou sem lábio de borracha que, por contato e pela sua geometria, desvia o material sobre a superfície da correia. Acrescenta ainda que os limpadores são instalados na face superior do lado de retorno da correia, antes do conjunto de esticamento e do tambor de retorno, e sob a região de carregamento do transportador. O acionamento é o grupo de elementos mecânicos e elétricos, com suas estruturas inerentes, destinado a promover o movimento da correia transportadora. E por fim, raspador convencional ou raspador é o mecanismo de atuação por contrapeso ou molas, constituído de lâminas de aço, com ou sem lábios de borracha ou outro material, que por contato retiram o material aderido à superfície da correia em contato com o material transportado. Geralmente é instalado na região de descarga do transportador e é provido de um limitador de curso, que é um dispositivo destinado a evitar qualquer atrito entre o raspador e a correia, quando as lâminas estão gastas.

2.2 MOTORES ELÉTRICOS

Segundo Mundo da elétrica (2020), os motores elétricos são máquinas que possuem a capacidade de converter a energia elétrica em energia mecânica. Os motores combinam as vantagens da energia elétrica com o baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade no comando. Os motores de indução possuem uma construção aparentemente simples e seus custos são reduzidos, como por exemplo, manutenção, fabricação e montagem, além de fácil adaptação às cargas de diversos tipos.

Hand (2015) explica que o motor elétrico de indução trifásico é largamente utilizado na indústria, visto que possui circuito de chaveamento ou comutação, necessita de pouca manutenção e, ainda, possibilita o uso de tensões muito altas. Os mais populares são os de nove e de doze terminais, que são semelhantes.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

Esta pesquisa é um estudo de caso que ocorreu em uma Siderurgia localizada na região do Alto Paraopeba em Minas Gerais, no período de março de 2020 a novembro de 2020. Ele teve como objetivo mapear e analisar as falhas no equipamento que geram paradas não programadas, para assim otimizar o tempo de manutenção e melhorar a performance do equipamento de acionamento de uma correia transportadora.

A pesquisa tem natureza exploratória, documental e aplicada, pois foi dirigida a solução de problemas existentes dentro da empresa. Os dados possuem natureza quantitativa e qualitativa e foram analisados por meio de técnicas estatísticas e análise de conteúdo.

Perante os dados coletados, foram analisadas as rotinas do processo da empresa no estudo em questão, no âmbito da manutenção do equipamento estudado. Nesse sentido, foram analisadas as situações atuais de manutenção. Para isso, os dados foram coletados por meio de três etapas.

Na primeira etapa, os dados coletados foram levantados junto à gestão econômica, por meio de relatórios de custo benefício, para ser realizado o apuramento de todos os custos discriminados ao subconjunto do estudo em questão, para assim serem distribuídos os custos de forma mensal e anual.

A segunda etapa da coleta de dados foi realizada na área de operação, de forma que, por meio de relatórios e rastreamento, foram levantados dados referentes ao acionamento dos equipamentos, tempo e condição de operação destes.

A terceira etapa da coleta de dados foi realizada na área de manutenção, a fim de apurar todas as ocorrências de substituição de peças no acionamento, os tempos necessários para substituição deste subconjunto, bem como a necessidade de mão obra para realização da atividade.

Os dados levantados na coleta de dados foram analisados e discriminados através de métodos estatísticos e conhecimentos técnicos, para serem confrontados com as referências bibliográficas dos fabricantes, e assim poderem definir indicadores na busca de ações para eliminar as principais causas de paradas na correia transportadora.

4. ESTUDO DE CASO

No período de 09 de março de 2020 a 05 de outubro de 2020 foram coletados dados referentes a todas as “interrupções operacionais”, tratadas somente por “interrupções”, ocorridas em uma planta de distribuição de síter de uma usina da região do Alto do Paraopeba em Minas Gerais.

Para a coleta de dados foram utilizados programas e softwares, confidenciais da empresa, que armazenam, em um banco de dados, todas as interrupções ocorridas na

planta. As interrupções são separadas por equipamentos, tempo em minutos, hora de início, hora fim e causa.

As interrupções coletadas foram as “não programadas”, que não estão no controle operacional, que são causadas por quebra de equipamentos, baixo desempenho de máquinas e falha operacional. As interrupções não programadas geram perda de produção não planejada, custos de manutenção elevados e indisponibilidade de equipamentos.

Para esta pesquisa, foram levadas em consideração apenas as interrupções não programadas, pois a finalidade desse estudo é entender e prevenir interrupções causadas por indisponibilidade de equipamentos. Foram mencionadas apenas as informações encontradas do histórico de controle de paradas dos equipamentos.

Neste estudo, foi analisado um único equipamento, sendo o que teve maior número de interrupções e manutenções.

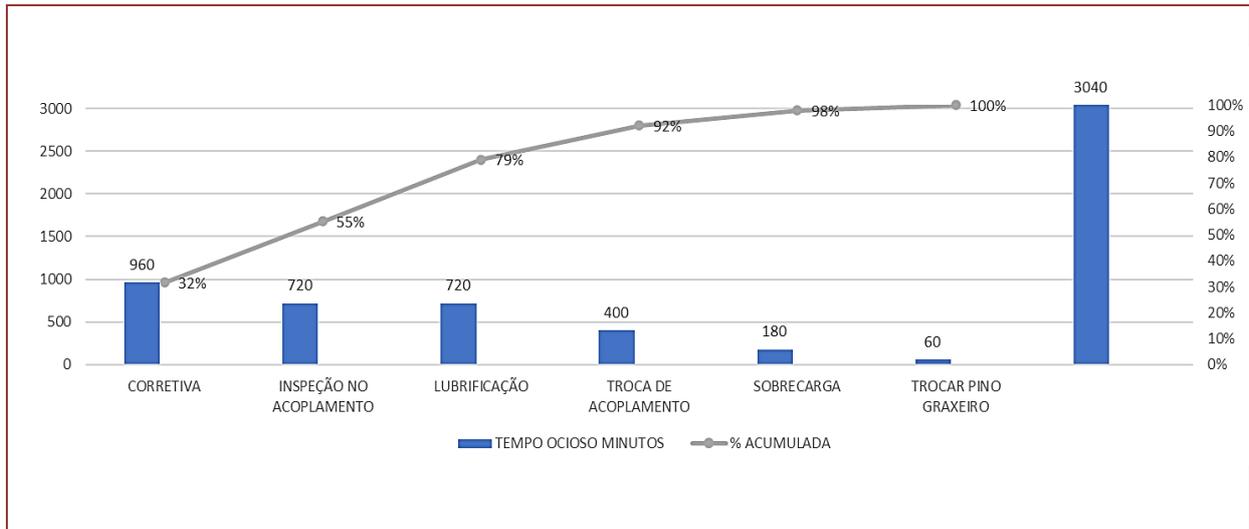
4.1 ANÁLISE DE INTERRUPÇÕES

Conforme mencionado, as interrupções ocorridas no equipamento, no período selecionado, foram então divididas em paradas não programadas. Essas foram colocadas e organizadas pelos parâmetros número de ocorrências e tempo ocioso. Esses dados podem ser observados na Tabela 1 e no Gráfico 1.

Tabela 1 – Interrupções do Equipamento

| Equipamento | Tempo Ocioso (min) | Porcentagem | % Acumulada | Nº Ocorrências |
|-------------------------|--------------------|-------------|-------------|----------------|
| Corretiva | 960 | 32% | 32% | 10 |
| Inspeção no Acoplamento | 720 | 24% | 55% | 12 |
| Lubrificação | 720 | 24% | 79% | 12 |
| Troca de Acoplamento | 400 | 13% | 92% | 1 |
| Sobrecarga | 180 | 6% | 98% | 3 |
| Trocar Pino Graxeiro | 60 | 2% | 100% | 1 |

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Gráfico 1 – Paradas não Programação do Equipamento

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Verifica-se por meio do Gráfico 1, as três maiores causas das paradas de manutenção não programadas, que são: corretivas, inspeção do acoplamento e lubrificação. A maior é a corretiva, 960 interrupções para esta manutenção na correia transportadora. Na verdade, foram manutenções realizadas e não foram especificados os motivos das paradas no sistema em que foi levantado o número de manutenções. Desta forma, foi sugerido treinamento para a equipe de manutenção e operação, de forma que, ao registrar a manutenção no sistema, apresentar os motivos das causas das manutenções corretivas. A segunda e terceira maiores causas das paradas não programadas foram as inspeções do acoplamento e lubrificação, cada uma dessas causas atingiram 720 interrupções.

Em sequência, foi realizada a análise do projeto do equipamento, em que foi verificada a oportunidade de melhoria, pois o equipamento estava operando abaixo do limite de tolerância do dimensionamento (30.000 Nm). Nesse sentido, foi realizado cálculos para dimensionar um novo acoplamento para o acionamento.

Outras análises realizadas para verificar o acoplamento da correia transportadora foram: inspeções de termografia, coleta de vibração e corrente de trabalho do motor do equipamento. Neste estudo, foram observados que os valores se encontravam fora dos padrões do equipamento.

Em continuidade, a partir da análise dos dados levantados das manutenções e inspeções de termografia, coleta de vibração e corrente de trabalho do motor realizado, os especialistas e técnicos de manutenções sugeriram a troca do acoplamento rígido FALK 40G20.

Para a seleção do acoplamento, foi verificado o projeto de acionamento da correia transportadora com a finalidade de manter suas características.

4.2 SELEÇÃO DE ACOPLAMENTO

O acoplamento foi selecionado a partir de uma metodologia do fabricante do equipamento, que é composta por cinco instruções que foram seguidas pelos especialistas e técnicos de manutenções, conforme podem ser observadas a seguir:

1. Levantar informações dos dados da aplicação (Potência, Rotação e Aplicação).
2. Aplicar os dados encontrados nas fórmulas:

Fórmula c/ kW

$$\text{Mínimo Torque (Nm)} = \text{kW} \times 9550 \times \text{F.S} / \text{rpm}$$

Fórmula c/ cv

$$\text{Mínimo Torque (Nm)} = \text{cv} \times 7121 \times \text{F.S} / \text{rpm}$$

3. Escolher a linha/tipo do acoplamento desejado.
4. Selecionar o tamanho do acoplamento de acordo com o torque calculado, analisando diâmetros dos eixos dos equipamentos.
5. Seleção Final: Comparar a rotação (rpm), furo máximo, GAP e dimensões do acoplamento selecionado. Os Fatores de Serviço são apenas uma orientação, baseada na experiência e na razão entre o torque do acoplamento e as características do sistema. As características do sistema são mais bem mensuradas com um medidor de torque.

Assim, após verificar o torque de projeto e análise de compatibilidades dos acoplamentos, foi selecionado o acoplamento ECOTORK TTM-35 para substituição do FALK 40G20. Na Figura 1 e 2 pode ser verificado o acoplamento ECOTORK TTM-35.

Figura 1 – Acoplamento Tipo G20 – Série 100

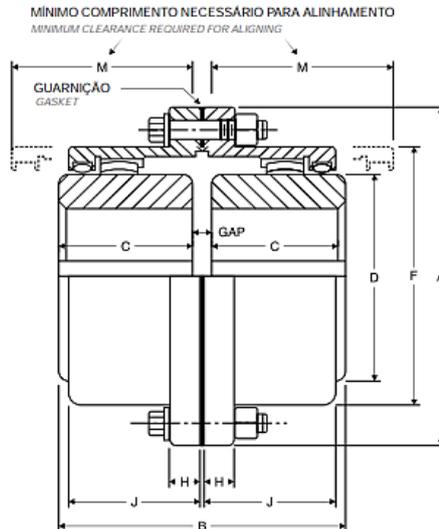
Acoplamento - Tipo G20 - Série 1000

Coupling - G20 Type - Series 1000



Para tamanhos 1010G ao 1055G, o tipo G10, são fornecidos somente quando especificado no pedido.

Sizes 1010G to 1055G, Type G10, supplied only when specified in the order.



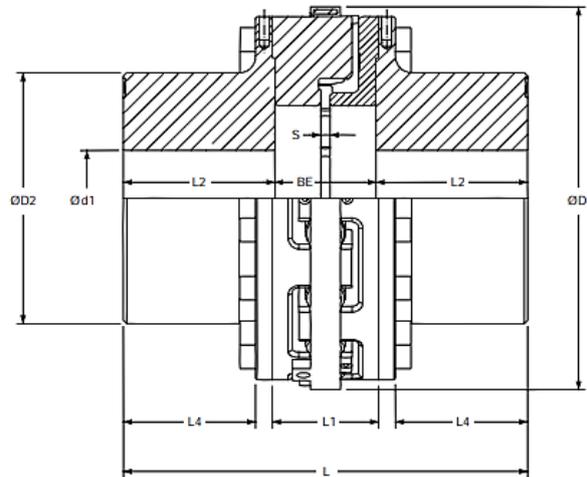
| Tam. Size | Torque Nominal Rated Torque (Nm) ② | Rotação Máxima Max. Rotation (rpm) ③ | Furo Máximo Max. Bore (mm) | Furo mínimo Min. Bore (mm) ④ | Peso do acopl. sem furo Coupl. weight w/o bore (kg) | | Peso da graxa Grease weight (kg) | Dimensões / Dimensions (mm) | | | | | | | | |
|-----------|------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------------------------|---|-------|----------------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-----|-----|
| | | | | | G10 | G20 | | A | B | C | D | F | H | J | M | GAP |
| 1010G | 1139 | 8000 | 50 | 12,7 | 4,08 | 4,54 | 0,0408 | 115,9 | 88,9 | 42,9 | 68,6 | 83,8 | 14,0 | 38,9 | 51 | 3 |
| 1015G | 2350 | 6500 | 65 | 19,0 | 7,71 | 9,07 | 0,0726 | 152,4 | 101,6 | 49,3 | 86,4 | 105,2 | 19,0 | 47,8 | 61 | 3 |
| 1020G | 4270 | 5600 | 78 | 25,4 | 13,6 | 15,9 | 0,113 | 177,8 | 127,0 | 62,0 | 105,2 | 126,5 | 19,0 | 59,4 | 77 | 3 |
| 1025G | 7470 | 5000 | 98 | 31,8 | 24,9 | 29,5 | 0,2127 | 212,9 | 158,9 | 77,0 | 130,6 | 154,9 | 21,8 | 71,6 | 92 | 5 |
| 1030G | 12100 | 4400 | 111 | 38,1 | 38,6 | 43,1 | 0,363 | 239,8 | 187,4 | 91,2 | 152,4 | 180,3 | 21,8 | 83,8 | 107 | 5 |
| 1035G | 18500 | 3900 | 134 | 50,8 | 61,2 | 68,0 | 0,544 | 278,4 | 218,9 | 106,4 | 177,8 | 211,3 | 28,4 | 97,5 | 130 | 6 |
| 1040G | 30600 | 3600 | 160 | 63,5 | 88,5 | 97,5 | 0,907 | 317,5 | 247,3 | 120,6 | 209,6 | 245,4 | 28,4 | 111,3 | 145 | 6 |
| 1045G | 42800 | 3200 | 193 | 76,2 | 121,7 | 130,7 | 1,209 | 376,2 | 277,7 | 149,7 | 232,9 | 274,7 | 28,4 | 122,7 | 168 | 8 |
| 1050G | 56600 | 2900 | 200 | 88,9 | 177 | 191 | 1,77 | 388,9 | 314,3 | 153,2 | 254,0 | 305,8 | 38,1 | 140,7 | 183 | 8 |
| 1055G | 74000 | 2650 | 220 | 101,6 | 238 | 249 | 2,22 | 425,4 | 344,3 | 168,1 | 279,4 | 334,3 | 38,1 | 158,0 | 204 | 8 |
| 1060G | 90400 | 2450 | 244 | 114,3 | ----- | 306 | 3,18 | 457,2 | 384,4 | 188,2 | 304,8 | 366,0 | 25,4 | 169,2 | 229 | 8 |
| 1070G | 135000 | 2150 | 289 | 127,0 | ----- | 485 | 4,35 | 527,0 | 451,5 | 220,7 | 355,6 | 424,9 | 28,4 | 195,6 | 267 | 10 |

Fonte: Power Transmission Industries [2020]

Importante informar, que os acoplamentos tipo G são indicados em aplicações que pedem grandes cargas, ou diâmetros de eixos superior a 100 mm e têm um baixo custo inicial. São encontrados em vários tamanhos e diferentes tipos, todos com os dentes abaulados nas faces. Estes são econômicos e compactos, e possuem a característica única de uma pequena tampa que une os cubos. São fabricados totalmente em aço, e são acoplados por parafuso de alta resistência. Os dentes externos dos cubos se conectam com os dentes internos da capa, possibilitando a transmissão de torque para o equipamento a ser movimentado. Uma desvantagem é que na troca, tem a necessidade de retirada de todo o conjunto do acionamento, e depois da troca, montar o acionamento e realizar os alinhamentos do conjunto. (PTI, 2020)

Figura 2 – Acoplamento Elástico ECOTORK – TTXLF

Acoplamento Elástico ECOTORK® - TTXLF
 ECOTORK® Elastic Coupling - TTXLF



| Tam. Size | Torque T_k nominal [Nm] | Torque T_k max [Nm] | Rotação Max Rotation Ω_{max} [min ⁻¹] | Dimensões / Dimensions | | | | | | | | | | Peso ⁽²⁾ Weight P [kg] | Momento de Inércia Moment of Inertia J^1 [kg.m ²] |
|-----------|---------------------------|-----------------------|--|------------------------|-----------|-------|-------|------|-------|-------|-------|----|-------|-----------------------------------|---|
| | | | | d_{max} (1) | d_{min} | D_1 | D_2 | L | L_1 | L_2 | L_4 | S | B_E | | |
| 17 | 3.780 | 7.560 | 7600 | 72 | 15 | 182 | 110 | 244 | 68 | 90 | 73,5 | 8 | 64 | 21 | 0,062 |
| 20 | 4.725 | 9.450 | 6500 | 90 | 25 | 212 | 130 | 264 | 68 | 100 | 83,5 | 8 | 64 | 29 | 0,123 |
| 24 | 6.552 | 13.104 | 2900 | 95 | 30 | 260 | 135 | 360 | 106 | 130 | 107 | 10 | 100 | 51 | 0,328 |
| 30 | 12.408 | 24.816 | 2350 | 125 | 45 | 330 | 175 | 438 | 134 | 160 | 135 | 10 | 118 | 64 | 0,820 |
| 35 | 23.184 | 46.368 | 2100 | 150 | 80 | 370 | 210 | 478 | 124 | 180 | 159 | 10 | 118 | 128 | 1,738 |
| 40 | 34.272 | 68.544 | 1900 | 180 | 100 | 420 | 252 | 512 | 138 | 190 | 167 | 10 | 132 | 188 | 3,402 |
| 45 | 46.166 | 92.332 | 1700 | 210 | 115 | 470 | 300 | 532 | 138 | 200 | 177 | 10 | 132 | 252 | 5,792 |
| 50 | 69.552 | 139.104 | 1500 | 230 | 140 | 530 | 330 | 608 | 160 | 228 | 199 | 14 | 152 | 356 | 10,240 |
| 55 | 89.208 | 178.416 | 1350 | 270 | 150 | 580 | 380 | 608 | 160 | 228 | 199 | 14 | 152 | 440 | 15,446 |
| 60 | 111.283 | 222.566 | 1250 | 290 | 155 | 630 | 410 | 678 | 170 | 258 | 229 | 14 | 162 | 578 | 23,762 |
| 65 | 133.056 | 266.112 | 1150 | 320 | 165 | 680 | 450 | 688 | 182 | 258 | 225 | 14 | 172 | 714 | 35,043 |
| 70 | 180.835 | 361.670 | 1050 | 345 | 190 | 740 | 480 | 786 | 200 | 298 | 263 | 14 | 190 | 926 | 52,570 |
| 80 | 265.507 | 531.014 | 950 | 400 | 205 | 840 | 560 | 866 | 200 | 338 | 303 | 14 | 190 | 1326 | 96,424 |
| 90 | 365.904 | 731.808 | 850 | 470 | 225 | 940 | 660 | 878 | 214 | 338 | 297 | 14 | 202 | 1816 | 172,336 |
| 100 | 425.000 | 850.000 | 763 | 560 | 280 | 1050 | 750 | 944 | 212 | 375 | 316 | 14 | 194 | 2508 | 305,445 |
| 120 | 650.000 | 1.300.000 | 636 | 650 | 300 | 1250 | 900 | 1038 | 256 | 400 | 346 | 16 | 238 | 3795 | 658,758 |

Fonte: Power Transmission Industries [2020]

O ecotork é um acoplamento construído ecologicamente correto devido a não necessidade de lubrificação, o torque é transmitido através da compressão de seus elementos elásticos, fabricados em poliuretano, que podem trabalhar em temperaturas variando de -30°C até 85°C com boa resistência mecânica. Permite a compensação de desalinhamentos angulares, axiais e radiais. A sua manutenção é fácil e a troca de seus elementos elásticos não necessitam de ferramentas especiais, retirando apenas três parafusos do anel, podendo deslocá-lo para um dos lados e retrocar os elementos sem a necessidade de desmontagem de nenhum dos componentes do acionamento, sem a necessidade de realinhar o conjunto, gerando menos tempo de manutenção e mais disponibilidade do equipamento. (PTI, 2020)

Em relação à Lubrificação, foi sugerido e implementado um plano de manutenção para a lubrificação do acoplamento, que passou a ser realizado quinzenalmente, em manutenções preventivas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de apresentar ações para eliminar as paradas não programadas, a fim de aumentar disponibilidade das correias transportadoras para abastecimento dos silos de materiais diversos do alto forno de uma siderúrgica da Região do Alto Paraopeba em Minas Gerais. Para isso, foram levantados os dados de manutenção da correia transportadora, de forma que se verificaram as causas das manutenções corretivas. Após a análise, evidenciaram-se duas causas principais das paradas não programadas: falta de plano de lubrificação e acoplamento mal dimensionado.

Sobre o acoplamento mal dimensionado, que é um dos componentes da correia transportadora, ele faz parte do conjunto de acionamento da correia e é denominado de acoplamento FALK 40G20. Esse componente apresentou muitas paradas não programadas para manutenções no período do estudo. Foram analisados os históricos de manutenção, em que foi possível identificar as causas das anomalias e foram realizadas inspeções termografia, coleta de vibração e corrente de trabalho do motor, que se mostraram fora dos padrões. A partir dessas análises, especialistas e técnicos de manutenções sugeriram e realizaram a troca do acoplamento FALK 40G20 pelo ECOTORK TTM-35.

Em relação à lubrificação, foi proposto e implementado um plano de lubrificação (manutenção preventiva) para o acoplamento do conjunto de acionamento da correia transportador.

Este estudo mostrou que o emprego de metodologias adequadas e uma manutenção de qualidade podem, e contribuem, muito com o desempenho final do equipamento, gerando economia para a empresa. O número de interrupções operacionais da planta do estudo implica, de forma direta, em aumento de produtividade, diminuindo horas gastas em manutenção corretiva e aumentando a disponibilidade de operação da planta, parando o equipamento somente nas paradas programadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. NBR 6177. Transportadores Contínuos, Transportadores de correia e Terminologia. Rio de Janeiro: 1999
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. NBR 5462. Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro: 1994
- [3] CARNIZELLO, D. C. Transportador de Correia: componentes e cálculos básicos para seu dimensionamento. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, 2011.
- [4] FREITAS, L. F. Elaboração de um Plano de Manutenção em uma Pequena Empresa do Setor Metal-Mecânico de Juiz de Fora com Base nos Conceitos de Manutenção Preventiva e Preditiva. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), 2016.
- [5] HAND, Augie. Motores elétricos: manutenção e solução de problemas. 2. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015.
- [6] MUNDO DA ELÉTRICA. Motor trifásico. Como funciona e qual sua aplicação. 2020. Disponível em <https://www.mundodaeletrica.com.br/motor-trifasico-como-funciona-e-qual-sua-aplicacao/>. Acesso em 12/06/20.
- [7] POWER TRANSMISSION INDUSTRIES. Catalogo Geral de Acoplamentos. [2020?]
- [8] SANTOS, D. A.; MALAGONI, R. A. Projeto de Correias Transportadoras: um estudo computacional de comparação dos métodos cema e prático. XXV Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa & VIII Meeting of the Southern Hemisphere on Mineral Technology. Goiânia, 2013

Autores

Discentes do Curso de Gestão da Manutenção Industrial e Mineração

Adriano Aparecido Lagares



Carreira desenvolvida na área de Manutenção Industrial atuando como técnico e inspetor mecânico, com experiência acima de 07 anos, tendo atuado realizando manutenções preventivas/ corretivas em máquinas/equipamentos em empresa de grande porte (Multinacional). Graduado em engenharia mecânica pela Universidade presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete (2020). Pós-graduação em Gestão da Manutenção Industrial e Mineração (2021). Técnico em Mecânica Industrial pela Cooped (2004). Conhecimento em gestão de processos e equipes, planejamento e controle de manutenção, compras de peças e serviços, contato/negociação

com clientes/fornecedores, monitoramento de indicadores, com domínio no sistema SAP e nas ferramentas: MS Project, Power BI e pacote office.

Everton Moreira Paiva



Pós-graduado em Gestão de Manutenção Industrial e Mineração (2021) e Graduado em Engenharia Mecânica pela Fundação Presidente Antônio Carlos em Conselheiro Lafaiete (2020), Técnico Mecânica pela Escola Técnica Municipal “Os Padres do Trabalho” de Conselheiro Lafaiete (2007). Com experiência profissional de 10 anos na área de manutenção de equipamentos móveis de mineração, 2 anos atuando como Especialista no Sistema de Produção Vale (VPS).

Jackson Matheus dos Santos Silva



Pós-graduado em Gestão da Manutenção e Mineração (2021) e Graduado em Engenharia de Produção pela Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete (2020), Curso Técnico em Administração de Empresas pelo Centro Educacional Aprendiz (2014). Atualmente com a carreira em ascensão na área de Manutenção Industrial do ramo siderúrgico, possui senso crítico apurado, destacando-se pela capacidade analítica de dados e de processos, em que se compromete com os resultados financeiros, de qualidade e segurança.

Ielis Fabiano Severino



Graduado em Engenharia Mecânica (2018) e Pós-graduação em Gestão da Manutenção Industrial e Mineração (2021), ambos pela Fundação Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete, Técnico em Mecânica pela Escola Técnica Municipal “Os Padres do Trabalho” de Conselheiro Lafaiete (1998). Experiência profissional de 3 anos no seguimento ferroviário e 20 anos em manutenção mecânica em mineração, sendo este último com especialização em reforma de componentes de Usina.

Leandro Assis Rezende



Pós-graduado em Gestão de Manutenção Industrial e Mineração (2021) e Graduado em Engenharia Industrial Mecânica pela Fundação Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete (2018), MBA em Gestão de Pessoas e Negócios (Faculdade Batista de Minas Gerais – 2021) e curso técnico em mecânica pela POLIMIG (2012). Tem experiência profissional de 2 anos atuando na área de manutenção mecânica em área de siderurgia e 12 anos de experiência profissional atuando na área de manutenção em mineração.

Moacir Vinicius Ferreira Vieira



Pós-graduado em Gestão de Manutenção Industrial e Mineração (2021) e Graduado em Engenharia Mecânica (2020), ambos pela Fundação Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete. Técnico Mecânico pela Escola Técnica Municipal “Os Padres do Trabalho” (2010). Experiência profissional de 15 anos na área de manutenção, recuperação, fabricação industrial no setor de usinagem e planejamento de oficinas de equipamentos.

Raí Pontes



Pós-graduado em Gestão de Manutenção Industrial e Mineração (2021) e Graduado em Engenharia Mecânica pela Fundação Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete (2020). Técnico em mecânica industrial pelo CNEC (2015) e Aprendizagem em mecânica pelo SENAI (2014). Cursos extracurriculares como Green Belt, Lean Manufacturing, PCM, Power BI entre outros. Possui experiência profissional na área siderúrgica em manutenção de rolamentos de médio e grande porte, mancais e laminadores de longos.

Ricardo Alexandre Simões Vieira



Graduado em Engenharia Mecânica pela Fundação Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete (2020); curso Técnico em Mecânica (Colégio Pio XII); Curso Técnico em Informática (Colégio Batista Mineiro); Curso Técnico em segurança do Trabalho (Colégio Técnico Gomide); Experiência em Mecânica de Manutenção (Siderurgia e mineração); Experiência como Técnico em Manutenção em equipamentos de Móveis de Mineração; Experiência em técnico de segurança do trabalho em Siderurgia e Mineração; Experiência como Supervisor de Obras; Atualmente exerce o cargo de Instrutor de treinamentos na Cop Treinamentos.

Ricardo Maurício de Oliveira



Pós-graduado em Gestão de Manutenção Industrial e Mineração (2021), Graduado em Engenharia Mecânica (2019), ambos pela Fundação Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete e Pós-graduado em Engenharia Hidropneumática pela Faculdade Unyleya do Rio de Janeiro. Com 5 anos de experiência profissional na área industrial e há 02 anos como proprietário e engenheiro responsável por empresa de projetos industriais (R.M.O Engenharia).

Roberto Junior Ferreira Vieira



Pós-graduado em Gestão de Manutenção Industrial e Mineração (2021) e Graduado em Engenharia Mecânica (2020), ambos pela Fundação Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete e curso técnico em Mecânica pelo Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG)/Colégio Potência (2013). Tem experiência profissional de 6 anos no setor de usinagem e experiência profissional de 4 anos na área de análise do planejamento e manutenção de equipamentos moveis de mineração.

Victor Vale Resende



Pós-graduado em Gestão de Manutenção Industrial e Mineração (2021) e Graduado em Engenharia Mecânica pela Fundação Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete (2019). Cursos extracurriculares como Green Belt, Lean Manufacturing, PCM, Power BI entre outros. Possui experiência profissional na área siderúrgica em manutenção de pontes rolantes, experiência em liderança de oficina de manutenção mecânica de veículos e equipamentos de mina e experiência em implantação de PCM.

Wesley Rodrigues da Silva



Pós Graduado em Gestão da Manutenção e Mineração pela Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete (2021), Graduado em Engenharia Mecânica pela Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete (2019), Curso Técnico em Mecânica Industrial pelo Colégio Pio XII COOPPED (2010) e Curso de Mecânica de Manutenção Industrial pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) (2008). Tem experiência profissional de 10 anos na área de manutenção mecânica industrial.

Autores

Organizadores, Docentes e Colaboradores

Luciano José Vieira Franco



Mestre em Educação e Sociedade pela Universidade Presidente Antônio Carlos (2008). Graduado em Engenharia de Operação Mecânica pela Universidade Federal de São João Del-Rei (1978), graduado em engenharia Civil pela Escola de Engenharia Kennedy (1981). Pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pela FUMEC/FUNDACENTRO (1980), Pós-graduado em Engenharia Econômica pela Fundação Don Cabral (1986), Pós-graduado em Higiene Ocupacional pela Faculdade de Ciências Médicas BH (2000). Atualmente é coordenador do Curso de Pós Graduação de Gestão da Manutenção Industrial e Mineração, coordenador e professor dos cursos de Engenharia de Segurança do Trabalho e Engenharia Mecânica da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete, Coordenador e professor do curso de Engenharia de Produção da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Barão de Cocais e consultor e prestador de serviços de empresas da área de mineração, transporte e indústria.

Jussara Fernandes Leite



Possui mestrado em Administração, graduação em Administração de Empresa, Matemática e Engenharia de Produção. Atualmente, é Coordenadora do Curso de Engenharia de Produção, Professora dos Cursos de Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica, Professora do Curso de Pós Graduação de Gestão da Manutenção Industrial e Mineração da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete (MG) e Professora do Curso de Engenharia de Produção da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Barão de Cocais. Tem experiência profissional de 12 anos em empresas da área de reflorestamento e carvão vegetal, e de mineração; e possui mais de 17 anos de experiência na área de educação.

José Dimas de Arruda



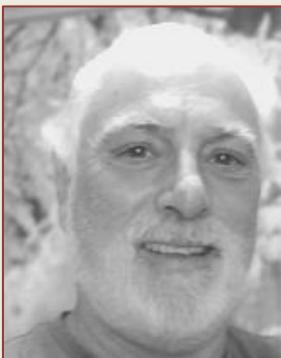
Mestre em Engenharia de Materiais pela REDEMAT (2015); Graduado em Engenharia Metalúrgica pela Universidade Federal de Ouro Preto (2012); Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Ouro Preto (2017). Atualmente é professor na Universidade Presidente Antônio Carlos – UNIPAC – no Campus de Conselheiro Lafaiete, na graduação de Engenharia Mecânica e outras Engenharias. Leciona as disciplinas de Física, Tecnologia de Materiais, Mecânica Geral e Resistência dos Materiais.

Alfredo Ganime Júnior



Técnico em Eletrônica formado pelo Cefet-MG em 1978, Engenheiro Industrial Eletricista formado pelo Cefet-MG em 1983, pós-graduado em Automação e Controle pela UNIPAC em 2006. Trabalhou como Técnico de Manutenção nas Emissoras de Rádio (AM e FM) de Conselheiro Lafaiete durante 15 anos e como Engenheiro de Telecomunicações na Telemig (Telecomunicações de Minas Gerais) durante 20 anos. Presta consultoria e elabora projetos em sistemas acústicos, sistemas de áudio e vídeo e instalações elétricas e eletrônicas. Lecionou em Cursos Técnicos no Cefet-MG e no Colégio Potência-Lafaiete. Desde 2006, leciona matérias de Eletricidade, Eletrônica e Telecomunicações nos Cursos de Engenharia de Produção, Engenharia Mecânica e Engenharia de Controle e Automação da UNIPAC-Lafaiete.

Alexandre Magno Franco Ferreira



Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ), possui MBA em Gestão Estratégica de Negócios Marketing e Controladoria, Supervisor de Radioproteção pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), professor na graduação dos cursos de Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção e Engenharia de Controle e Automação na Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete onde lecionou as disciplinas de Elementos de Máquinas e Mecanismos, Manutenção e Confiabilidade e Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos, professor na Pós-graduação com as disciplinas de Manutenção de Equipamentos Móveis de Mineração, Manutenção de Plantas Industriais de Mineração e Manutenção e Controle da Manutenção em Mineração. Experiência de mais de 28 anos na área de Gerência de Manutenção em mineração de grande porte e mais de 8 anos na área de educação universitária.

Anderson Corrêa Lopes



Engenheiro mecânico com mais de 18 anos de experiência em áreas de manutenção e projetos industriais em empresas multinacionais (Siderurgia e Mineração). Docente com mais de 12 anos de experiência nos cursos de graduação de Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção, Engenharia de Minas, Engenharia de Controle e Automação e Engenharia Civil nas áreas de térmicas e fluidos, nas disciplinas de Mecânica dos Fluidos, Fenômenos de Transporte e Transferência de Calor, na área de projetos nas disciplinas de Desenho Técnico e Geometria Descritiva, Desenho de Máquinas Assistido por Computador e Elementos de Máquinas, e na área de Gerenciamento na disciplina de Elaboração e Gerenciamento de Projetos, além de orientados para desenvolvimento de Trabalhos de Conclusão de Curso.

Arlindo Saulo da Silva



Possui graduação em Engenharia de Produção pela Faculdade Presidente Antônio Carlos (2011). Atualmente é proprietário da ERT Consultoria e professor da Universidade Presidente Antônio Carlos. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Planejamento, Projeto e Controle de Sistemas de Produção, atuando principalmente nos seguintes temas: gestão, projetos, gerenciamento de projetos e resultados. Engenheiro de planejamento, investidor, mentor financeiro, já atuou como Executivo em multinacional, professor universitário. Além de toda a sua formação acadêmica como engenheiro de produção, dos MBAs em Gestão de Projetos e Engenharia de manutenção, Arlindo estudou e continua estudando o que há de melhor no mundo das finanças pessoais e hoje se dedica também a educar financeiramente as pessoas. Autor do livro Trabalhe Menos e Ganhe Mais.

Bruno Silva Alencar



Possui mestrado em Engenharia e Gestão de Processos e Sistemas na Faculdade IETEC-Instituto de Educação Tecnológica Antônio Carlos (2021). Pós-graduado em Gestão de Projetos, graduado em Engenharia de Produção e Matemática. Atualmente é empresário, auditor de qualidade e professor nos cursos de Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica na Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete (MG). Leciona às disciplinas Planejamento e Controle da Produção, Engenharia da Qualidade, Engenharia do Produto, tem experiência profissional de 9 anos em empresas do setor siderúrgico e de mineração; e possui mais de 8 anos de experiência na área de educação.

Edilberto da Silva Souza



Possui mestrado em Engenharia de Materiais – FECET-MG, pós-graduação em Gestão Empresarial - FGV, graduação em Engenharia Mecânica - UFSJ. Atualmente, é Analista mecânico de manutenção e projetos e Professor de Máquinas de Fluxo, Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos, Metrologia, Hidráulica e Desenho Técnico do Curso de Engenharia Mecânica, Engenharia Civil e Engenharia de Produção da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete (MG). Tem experiência profissional de 28 anos em empresas siderúrgicas e possui mais de 16 anos de experiência na área de educação. Possui vários artigos científicos publicados em âmbito estadual e nacional na área de atuação.

Fernando Marinho



Fernando Marinho é graduado em engenharia elétrica e possui especialização em segurança do trabalho, atualmente especializando em engenharia de produção. Possui 35 anos na área de siderurgia e mineração nas áreas eletromecânica e segurança do trabalho passando por diversos cargos. Atuou por 3 anos na UFSJ em EAD no curso de especialização em segurança do trabalho. Atua como professor universitário na Fundação Presidente Antônio Carlos unidade Conselheiro Lafaiete desde 2012. Instrutor de curso de eletricidade básica e normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Previdência para empresas como Vale, Gerdau, MRS, VLI, MANSERV, RIP, Ferro +, CSN, Harsco, Magnesita dentre outras. Atualmente atua como instrutor atendendo as demandas do grupo Stellantis (principalmente Fiat, Jeep, Peugeot, Citroen) com foco no projeto de carros elétricos.

Jeizon Gesnes Gripe Da Silva



Graduado em Engenharia de Produção pela Fundação Presidente Antônio Carlos de Barão de Cocais (2021), Curso Técnico Mecânica de Manutenção Industrial pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) (2008) de Barão de Cocais-MG e Qualificação em Análise de Vibração Nível I e II pela Fundação de Pesquisa e Assessoramento a Indústria de Itajubá-MG (2021). Tem experiência Profissional a mais de 15 anos no setor de Manutenção na área de mineração, sendo 8 anos na manutenção de equipamentos de usina, mais de 7 anos na

área de equipamentos de mina de grande porte trabalhando com técnicas de Manutenção Preditiva (ultrassom, termografia e análise de vibração) e liderança numa equipe de 32 empregados na coordenação do processo de manutenção de equipamentos de Infraestrutura de Mina.

José Sebastião dos Reis Silva



Mestre de Engenharia Mecânica na área de Processos de Transformação Metalmecânica, pela UFSJ (2012), Pós Graduado em Gestão de Negócios no Contexto Empreendedor, pela UFSJ (2009), Graduado em Engenharia Industrial Mecânica, pela Universidade Federal de São João Del-Rei, UFSJ (2007). Atualmente é Professor Universidade Presidente Antônio Carlos – Campos UNIPAC Lafaiete na Pós Graduação e Graduação do curso de Engenharia Mecânica e outros, ministra as disciplinas de Metrologia, Processo de Fabricação I, Manutenção Mecânica e Lubrificação, e Sistemas de Vibrações Mecânicas. Atua também como Consultor técnico de Vendas nas áreas de Vedações, Equipamentos Mecânicos e Processo de Fabricação - usinagem.

Leandro Lopes Hermsdorff



Mestre em Engenharia de Materiais pela REDEMAT (2009); Graduado em Física pela Universidade Federal de Ouro Preto (2007). Atualmente é professor na Faculdade Presidente Antônio Carlos - UNIPAC - no Campus de Conselheiro Lafaiete, na graduação de Engenharia Mecânica e outras engenharias. Leciona as disciplinas de Física, Álgebra Linear, Resistência dos Materiais e afins.

Maurício Vieira



Pós-graduado em Gestão Estratégica e Liderança de Pessoas e Equipes (Newton Paiva/MG) e graduado em Engenharia Industrial Mecânica (Universidade Federal de São João Del Rei). Há 6 anos é docente nos cursos de Engenharia Mecânica, Elétrica, Produção e Minas na Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete (FUPAC / UNIPAC Lafaiete). Tem experiência profissional de mais de 20 anos no âmbito industrial nos setores de manutenção, vendas e coordenação de obras. Além da já citada UNIPAC, lecionou também 2 anos na Faculdade Pitágoras – Belo Horizonte.

Mayara Rezende Carvalho



Mestre em Engenharia Química pela UFSJ (2021); Graduada em Química Industrial pela Universidade Federal de Ouro Preto (2010); Graduada em Engenharia Química pela Universidade Federal de São João del Rei (2018); Graduada em Química Licenciatura pela Universidade Cruzeiro do Sul virtual (2020); Pós Graduada em Direito Empresarial e Direito Público pela Faculdade Legale (2021). Atuou como Professora substituta na Universidade Federal de São João del Rei, Campus Alto Paraopeba, pelo Departamento de Engenharia Química (2021). Atualmente é professora na Escola Técnica ESTEC, nos Cursos Técnicos de Radiologia Industrial, Mineração, Segurança do Trabalho e Análises Clínicas. Leciona as disciplinas de Física das Radiações I e II, Radioisótopos, Radiologia Industrial e Inglês Instrumental.

Nilo Antunes Ferreira



Possui graduação em Engenharia Industrial Mecânica pela Universidade Federal de São João Del-Rei (1994). MBA em Gestão Empresarial. (Carga Horária: 340h), na Fundação Getúlio Vargas, FGV, Brasil. Treinamento na Nippon-KokanKabushikiKaisha (NKK atual "JFE Steel Corporation"), realizado no Japão. Professor desde 2010, do Curso de Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção e Engenharia de Minas da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete. Trabalhou Gerdau Usina Ouro Branco (Antiga Açominas de 28/01/1985 a 04/08/2017 como Assessor Técnico). Tem experiência na área de Operação e Manutenção de Processo de Coogeração de Energia Elétrica (Ciclo de Rankine), Engenharia de Projeto e Manutenção Mecânica Industrial. Profissional habilitado (PH) da Gerdau Usina Ouro Branco que responde pelas Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações em conformidade com a NR-13, junto a Ministério do Trabalho e Emprego.

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br



@editorapoisson



<https://www.facebook.com/editorapoisson>

