

CENTRO UNIVERSITÁRIO CATÓLICO DE VITÓRIA

PATRICK GIURIZZATTO MULLER

**ANALISE DA BAIXA DISPONIBILIDADE DOS TRANSPORTADORES DE UMA  
MINERADORA DE VITÓRIA - ES**

VITÓRIA  
2018

PATRICK GIURIZZATTO MULLER

**ANALISE DA BAIXA DISPONIBILIDADE DOS TRANSPORTADORES DE UMA  
MINERADORA DE VITÓRIA - ES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário Católico de Vitória no Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Prof. M.Sc. Flavio Lopes dos Santos

VITÓRIA  
2018

PATRICK GIURIZZATTO MULLER

**ANALISE DA BAIXA DISPONIBILIDADE DOS TRANSPORTADORES DE  
UMA MINERADORA DE VITÓRIA ESPÍRITO SANTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Católica de Vitória Centro Universitário, como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_, por:

\_\_\_\_\_  
Prof (a). Flavio Lopes dos Santos – Orientador (a)

\_\_\_\_\_  
Prof (a). Flavio Lucio Santos de Carvalho, UCV

\_\_\_\_\_  
Prof (a). Bráulio Oliveira dos Santos Filho, UCV

## **AGRADECIMENTOS**

Em especial a Deus, meus pais que me proporciono oportunidade e forneceram valores de vida para que os desafios fossem superados.

A minha esposa Samara Vago, que esteve comigo em cada momento, sendo meu alicerce para a conclusão deste trabalho.

Ao orientador Professor Flávio Lopes, pelo tempo dedicado e a sabedoria em me conduzir.

Em especial para o engenheiro e amigo Fred Fernandes pela grande colaboração e incentivo para escolha do tema e desenvolvimento do projeto.

Aos amigos de trabalho, Rodrigo Matias e Marcos Simões que apoiaram através de seus conhecimentos o desenvolvimento desse trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram diretamente ou indiretamente para que esse trabalho fosse concluído com êxito.

## RESUMO

Está pesquisa demonstra a evolução da manutenção com o passar dos anos e sua importância para que as empresas alcancem maior disponibilidade em suas linhas de produção. Em um cenário cada vez mais desafiador, torna-se visível a necessidade das empresas reduzirem custo, tempo e retrabalhos em seus processos de manutenções, em uma busca constante pelo destaque em relação a concorrência e aumento da lucratividade. O presente trabalho apresenta uma planta de uma grande mineradora, que após a sua instalação e início da operação observou-se uma baixa disponibilidade do sistema. Assim foi utilizado ferramentas de gestão e análise de falhas, com o objetivo de propor ações que visam uma melhor taxa de disponibilidade na linha de produção do embarque de minério de ferro. A ferramenta utilizada foi o ciclo do PDCA, que consiste em um ciclo de melhoria contínua, além do uso do FTA como ferramenta auxiliar para identificar as causas da baixa disponibilidade da planta, após a identificação foi proposta ações que teve como objetivo melhorar o indicador de disponibilidade da linha de produção. Como resultado a linha de produção apresentou aumento em sua disponibilidade e elevou a sua taxa de produção.

**Palavras-chave:** Manutenção. Disponibilidade. PDCA.

## **ABSTRACT**

This research demonstrates the evolution of maintenance over the years and its importance for companies to achieve greater availability in their plants. In an increasingly challenging scenario, it becomes apparent that companies need to reduce costs, time and rework in their maintenance processes, in a constant search for the highlight in relation to the competition and increase in profitability. The present work presents a plan of a great mining company, that after its installation and beginning of the operation a low availability of the system was observed. Thus, management and fault analysis tools were used to propose actions that aim at a better availability rate in the production line of the iron ore shipment. The methodology used was the PDCA cycle, which consists of a cycle of continuous improvement, besides the use of FTA as an auxiliary tool to identify the causes of the low availability of the plant, after the identification was proposed actions that had as objective to improve the indicator of availability of the production line. As a result, the production line increased its availability and raised its production rate.

**Keywords:** Maintenance. Availability. PDCA.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Evolução da manutenção.....	23
Figura 02 – Pilares do TPM.....	26
Figura 03 – Estrutura base do OEE .....	27
Figura 04 – Diagrama do ciclo PDCA.....	28
Figura 05 – Curva da banheira.....	31
Figura 06 – Diagrama de causa e efeito .....	32
Figura 07 – Sequência para condução do estudo de caso .....	35
Figura 08 – Layout terminal de minério no Porto de Tubarão .....	38
Figura 09 – Representação esquemática da Linha A.....	39
Figura 10 – Material passando pela transferência simulado em 3D.....	43
Figura 11 – Transportador TRA4A e carregador de navio CN2A.....	44
Figura 12 – Causas da falha no chute do CN2A no diagrama de Ishikawa ...	47
Figura 13 – Anel inferior no chute do CN2A.....	49
Figura 14 – Carro móvel.....	49
Figura 15 – Retirada do carro móvel da transferência do CN2A .....	50
Figura 16 – Instalação das novas guias de materiais.....	51
Figura 17 – Novas guias internas.....	51
Figura 18 – Rampa traseira.....	52
Figura 19 – Chute sem carro móvel e anel inferior.....	52
Figura 20 – Concluída instalação do novo chute.....	53
Figura 21 – Formulário de cadastro da central de boas práticas.....	56
Figura 22 – Sistema de padronização das atividades .....	57

## LISTA DE GRAFICOS

Grafico 01 – Diagrama de Pareto.....	33
Grafico 02 – Taxa de produtividade do Píer 01 .....	41
Grafico 03 – Manutenção corretiva por equipamento 01/07/2011 à 31/12/2011 .....	42
Grafico 04 – Falha mecânica no chute e desalinhamento do transportador 01/01/2011 à 31/12/2011 .....	43
Grafico 05 – Manutenção corretiva CN2A 01/03/2012 à 19/10/2012 .....	54
Grafico 06 – Manutenção corretiva antes e depois da implantação do projeto .....	55
Grafico 07 – Taxa de produtividade do Píer 01 .....	56

## **LISTA DE SIGLAS**

TR-A3C – Transportador de correia A3C

TR-A3D – Transportador de correia A3D

TR-A3E – Transportador de correia A3E

TR-A3F – Transportador de correia A3F

TR-A4A – Transportador de correia A4A

TR-C4A – Transportador de correia C4A

CN1A – Carregador de navio

CN2A – Carregador de navio

FTA – Failure Tree Analysis (Análise de Árvore de Falha)

JIPM – Instituto Japonês de Manutenção de Planta

TPM - Manutenção Produtiva Total

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>19</b>
1.1 OBJETIVOS .....	21
1.1.1 Objetivo Geral .....	21
1.1.2 Objetivo Específico .....	21
1.2 HIPÓTESE .....	21
1.3 JUSTIFICATIVA .....	21
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>23</b>
2.1 HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO .....	23
2.2 MANUTENÇÃO PRODUTIVIDADE TOTAL - TPM .....	25
2.3 INDICADORES E FERRAMENTAS .....	27
2.3.1 OEE ( Overall Equipment Effectiveness).....	27
2.3.2 PDCA .....	28
2.3.3 FTA .....	28
2.3.4 Produtividade .....	30
2.3.5 Disponibilidade Física.....	30
2.3.6 Falhas .....	30
2.3.7 Diagrama causa e efeito .....	32
2.3.8 Diagrama de Pareto.....	32
2.3.9 Plano de ação 5W2H .....	33
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>35</b>
3.1 INSTRUMENTOS.....	36
3.2 UNIVERSO.....	37
<b>4 RESULTADO E DISCUSSÕES</b> .....	<b>39</b>
4.1 TRANSPORTADORES DA LINHA “A” NO PÍER 01 .....	39
4.2 CONHECENDO OS PROBLEMAS DOS TRANSPORTADORES DO PÍER01 .....	41
4.3 PLANO DE AÇÃO .....	45
4.4 ANÁLISE DO PROBLEMA .....	46
4.5 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	48

4.6 EXECUÇÃO DAS AÇÕES .....	50
4.7 RESULTADOS OBTIDOS .....	54
4.8 PADRONIZAÇÃO.....	55
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>58</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>60</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O aumento da competitividade do mercado mundial faz com que as empresas passem por mudanças rápidas criando, assim, a necessidade de melhorar o acompanhamento dos seus ativos, a qualidade da manutenção, a redução de custos e diminuir os tempos de parada de seus sistemas produtivos.

Atualmente, a manutenção é vista como um dos setores mais importantes dentro das empresas, pois, a partir da aplicação de técnicas e soluções inovadoras, ela atua como elo entre a estratégia e a operação dos processos, garantindo alcançar os objetivos e metas, através de serviços e produtos mais confiáveis e de maior valor agregado (ESTEFANO, 2011).

Neste sentido, nota-se que a importância em medir a eficiência dos equipamentos e a forma como são conduzidos contribui para o desempenho das empresas, pois deles dependem vários aspectos que, em última instância, determina o seu sucesso ou mesmo a sua sobrevivência. O desempenho dos equipamentos determina diretamente a produtividade dos processos produtivos, por isso uma das condições básicas de uma boa gestão é possuir um conjunto de indicadores representativos do desempenho da fábrica e das operações, a fim de maximizar a operacionalidade e o desempenho dos equipamentos em termos de eficiência e qualidade (FOGLIATO, 2009).

No mundo, é bastante nítida a preocupação que todos têm em situar suas empresas entre as melhores do mundo. Em consequência, a área de manutenção dessas empresas procura também a excelência. Nota-se que no Brasil, a maioria das manutenções tem característica do 3º mundo, ou seja, alta taxa de retrabalho, falta de pessoal qualificado, baixa produtividade, falta de planejamento prévio, etc (NASCIF, 2005).

Segundo dados estatísticos da Abraman (2013), o Brasil tem custo de manutenção por faturamento bruto de 4,69% do PIB (Produto Interno Bruto), contra média mundial de 4,1%. Esses dados demonstram que as empresas brasileiras devem implantar sistemas de melhorias contínuas em seus processos, além da aplicação das melhores práticas da manutenção, já praticadas nos países de primeiro mundo.

Atualmente, a missão da manutenção é garantir a disponibilidade dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com

confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo adequados (KARDEC; NASCIF, 2005).

É de grande importância para as empresas o aumento da disponibilidade dos equipamentos, assim um bom planejamento de manutenção é primordial. O baixo desempenho dos equipamentos, a manutenção de baixa qualidade e elevados tempos de corretiva, aumentam as perdas de produção, de mercado e oportunidades de crescimento, além da redução do lucro da empresa, entre outras consequências indesejáveis (CAPETTI apud MARQUES; RIBEIRO, 2012).

Com intuito de se manter entre uma das maiores mineradoras do mundo, uma empresa multinacional que atua no ramo de mineração, identificou que uma de suas linhas de embarque de minério de ferro (Pier I), sido implantada em 2009, estava operando abaixo da sua capacidade nominal, devido a necessidade de manutenções não programadas. Por esse motivo foi designado uma equipe com pessoas de diversos campos da manutenção a fim de realizar estudos e propor melhorias, com intuito de elevar a capacidade de produção da linha de produção.

A equipe identificou que a baixa produtividade da linha de produção se dava por constantes paralisações em função da necessidade de manutenção, ou seja, estava gerando custos adicionais como por exemplo: multas devido aos navios ficarem atracados no porto mais tempo do que o programado, desvio de mão-de-obra de manutenções de outros equipamentos para realizarem a manutenção corretiva da linha, assim diminuindo a confiabilidade de outros equipamentos, uma vez que são canceladas ordens de serviço por desvio de mão-de-obra e compras externas de componentes em caráter de urgência, o que torna o sobressalente mais caro, ou seja os eventos descrito acima torna o custo dessa linha de produção maior do que as demais.

Diante do exposto, expõe-se o seguinte problema: Qual impacto e as causas da baixa disponibilidade da linha de produção do Pier I, no Porto de Tubarão?

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem por objetivo geral: Descrever o processo de melhoria a fim de aumentar o grau de disponibilidade na linha de produção que compõe o embarque de minério de ferro no Porto de Tubarão, atuando especialmente nos transportadores de minério.

### 1.1.2 Objetivo Específico

A partir deste objetivo pretende-se alcançar maior produtividade, confiabilidade, segurança e redução dos rejeitos provenientes dos equipamentos que compõem o processo logístico do embarque de minério do Porto de Tubarão.

São objetivos específicos desse trabalho:

- Apresentar os dados históricos de manutenção destacando graus de disponibilidade do sistema.
- Listar as causas das falhas detectadas que comprometiam o desempenho dos equipamentos na linha de produção.
- Descrever as ações pontuais que diminuam as perdas da linha de produção.
- Evidenciar os resultados obtidos aos atuais graus de disponibilidade.

## 1.2 HIPÓTESE

Este trabalho assume, por hipótese, que o uso de ferramentas do PDCA e FTA são suficientes para detectar problemas e diminuir perdas de produtividade nas correias transportadoras dos processos de mineração são avaliados por este estudo.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Devido a evolução dos sistemas e necessidades de redução de perdas, cresce a busca por um sistema produtivo de maior eficiência, além da adoção de práticas e modelos de excelência de gestão dentro das estruturas organizacionais.

Nota-se nas empresas que uma gerência de manutenção moderna tem por objetivo maximizar sua capacidade produtiva, empregando os menores custos (TAKAHASHI, 1993).

As ações desenvolvidas com base nas ferramentas de gestão para melhoria contínua, como FTA, PDCA e da metodologia TPM (Manutenção Produtiva Total) são fundamentais para identificar e tratar falhas de diversos tipos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O tema nesse capítulo tem como premissa demonstrar importantes ferramentas utilizadas pelas empresas no processo de manutenção de seus equipamentos, afim de melhorar seus resultados diante das demais.

### 2.1 HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO

Segundo Siqueira (2005), a história da manutenção pode ser dividida em três gerações, onde cada geração é caracterizada por diferentes estágios de evolução tecnológica dos meios de produção.

**Primeira Geração:** Mecanização

**Segunda Geração:** Industrialização

**Terceira Geração:** Automatização

A Figura 1 demonstra a evolução de cada geração, após a Segunda Guerra Mundial (1945).

Figura 01 – Evolução da manutenção



Fonte: Siqueira (2005, p. 04)

A primeira geração tem duração de 10 anos, em um período de 1930 a 1940. Nesta época, a produção industrial era pequena, assim a dependência em relação ao desempenho dos equipamentos era mínima.

Devido à situação econômica daquela época, não havia prioridade sobre a questão da produtividade, não havendo necessidade de uma manutenção sistematizada.

Além disso, a visão em relação a falha dos equipamentos era que todos os equipamentos se desgastavam com o passar dos anos, vindo a sofrer falhas ou quebras (KARDEC; NASCIF, 2009).

Durante a Segunda Geração, que tem início em 1950 e estende até 1975, esse período é caracterizado como pós-guerra e é marcado pela dependência da sociedade por produtos e processos industriais. Devido a essa dependência, a produtividade e disponibilidade dos equipamentos passaram a representar perdas financeiras e se transformaram em itens importantes para competitividade entre as indústrias.

Esse período é marcado pela primeira onda de escassez de mão-de-obra especializada, devido a velocidade de implantação da automação. Aumento da disponibilidade e vida útil dos equipamentos, a um baixo custo, tornaram-se o objetivo básico de avaliação dos equipamentos no ambiente industrial (SIQUEIRA, 2005).

A Terceira Geração, que teve início a partir da década de 70, foi marcada pelo impacto gerado pela indisponibilidade dos equipamentos e processos, por falha ou manutenção preventiva.

Nesse período observou-se uma grande demanda por produtos industrializados. Como consequência, houve um aumento dos custos de mão-de-obra e de capital em escala global, conduzindo à prática do dimensionamento de equipamentos no limite da necessidade dos processos, tornando mais estreitas suas metas operacionais, aumentando a importância da manutenção (SIQUEIRA, 2005).

As interrupções da produção passaram a ser uma grande preocupação, seus efeitos na manufatura foram agravados pela tendência global de utilizar sistemas just-in-time, onde utilizava-se estoques reduzidos para a produção em andamento, isso significava que pequenas pausas na produção poderiam paralisar a fábrica (KARDEC; NASCIF, 2009).

Diante dessa situação, confiabilidade, disponibilidade e vida útil se tornam importantes indicadores para as organizações, além de produtos com uma melhor qualidade que é exigida pela sociedade, leis ambientais e de segurança mais severas entram em vigor e representam passivos internalizados nos custos das empresas.

## 2.2 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL – TPM

A TPM desenvolve um ambiente de melhoria contínua dos sistemas produtivos, conseqüentemente aumentando a confiabilidade dos sistemas e redução de custo.

Com a evolução da manutenção, a metodologia TPM surgiu pós a Segunda Guerra Mundial, iniciando na indústria japonesa uma grande mobilização nacional a fim de conscientizar o povo sobre a importância da qualidade como um fator de sobrevivência no novo cenário econômico emergente. Para isto, foi necessária a busca por métodos de eliminação de desperdícios e melhoria de procedimentos relacionados à elevação da qualidade e da produtividade (CARRIJO; LIMA, 2006).

A TPM é uma forma de gerenciamento que visa a eliminação progressiva das quebras, obtendo a evolução permanente da estrutura pela maior qualificação das pessoas e através do aperfeiçoamento dos sistemas de produção e da qualidade dos produtos e serviços (JIPM-S, 2005).

No conceito TPM para eliminação das 6 grandes perdas do equipamento, aplica-se as 8 atividades seguintes conhecidas como 8 pilares de sustentação do desenvolvimento da TPM:

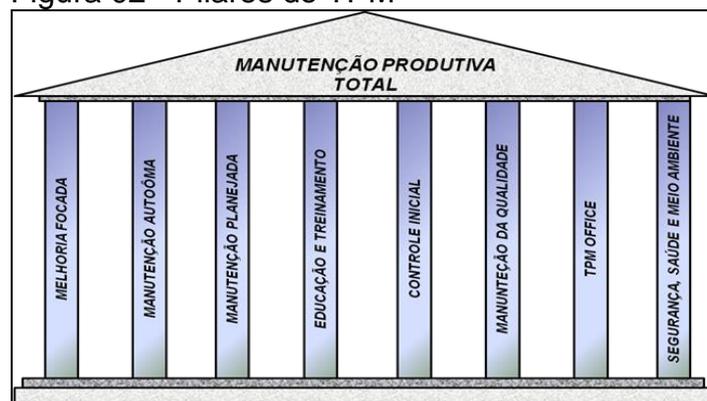
A seguir estão descritos os 8 pilares (Figura 2) de acordo com Nakajima (1989) e Palmeira (2002).

- 1- Manutenção Autônoma: Este pilar tem por objetivo desenvolver a capacidade dos operadores, através de treinamentos teóricos e práticos, para que os mesmos tenham capacidade de exercerem pequenos reparos e inspeções, antecipando aos problemas potenciais
- 2- Manutenção Planejada: Refere-se a conscientização das perdas decorrentes das falhas dos equipamentos e as mudanças de mentalidade das divisões de produção e manutenção, tem como objetivo a melhoria contínua da confiabilidade, disponibilidade e a redução de custo.
- 3- Melhorias Específicas: Aplica-se a manutenção corretiva de melhorias, a fim de erradicar de forma concreta as oito grandes perdas que reduzem a eficiência global dos equipamentos, melhorando assim, o OEE (OEE= Overall

Equipment Effectiveness).

- 4- Educação e Treinamento: Pilar cujo objetivo é desenvolver novas habilidades e conhecimentos para o pessoal da manutenção e da produção, através de aplicação de treinamentos técnicos e comportamentais para liderança e a flexibilidade e autonomia das equipes.
- 5- Manutenção da Qualidade: trata-se das atividades que se destinam a definir confiabilidade do equipamento e sua relação com a qualidade dos produtos, excluindo defeitos de qualidade dos produtos e disponibilidade para uso.
- 6- Controle Inicial: Os novos equipamentos adquiridos devem levar em consideração o histórico de manutenção, onde vigorem os conceitos PM (Prevenção da Manutenção), o que resultará em máquinas com quebra / falhas zero.
- 7- TPM Administrativo: Além do aprimoramento do trabalho administrativo, os processos de gestão interferem diretamente na eficiência e produtividade das atividades operacionais.
- 8- Segurança, Saúde e Meio Ambiente: Tem foco na preservação da saúde e bem estar dos funcionários e do meio ambiente, além da diminuição dos riscos de segurança e ambiental.

Figura 02 - Pilares do TPM



Fonte: Kardec e Nascif (2005, p. 185).

## 2.3 INDICADORES E FERRAMENTAS

### 2.3.1 OEE (Overall Equipment Effectiveness)

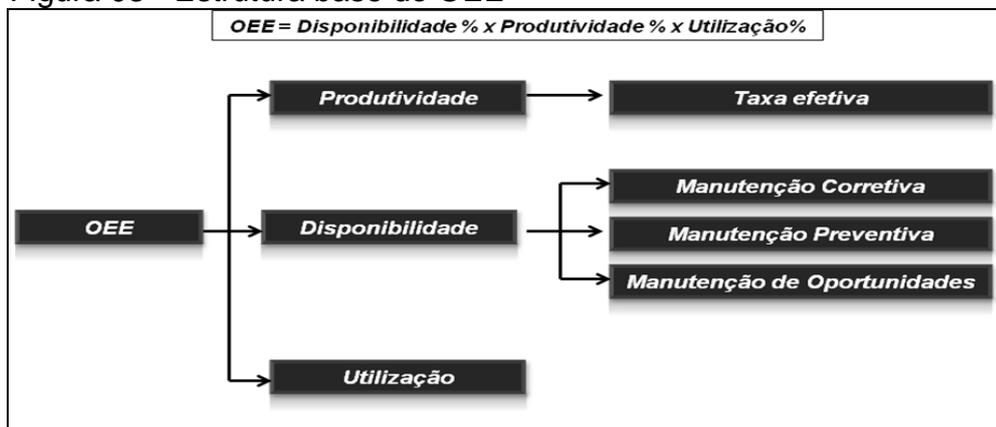
A fim de medir as melhorias introduzidas pela TPM, foi desenvolvida a OEE, que combina resultados de disponibilidade, performance e qualidade, com objetivo único de analisar a taxa global de utilização de um equipamento ou processo. (RODRIGUES, 2009)

Portanto, a OEE tem como objetivo fornecer quantitativamente o quão eficaz as fábricas operam seus processos quando são programadas para produzir, além de identificar com transparência a máxima eficácia possível do sistema. Então esse indicador mede o valor agregado que cada equipamento produz em um determinado tempo (ANTUNES,2008).

De acordo com Nakajima (1989), o OEE resulta na multiplicação de três fatores, disponibilidade, desempenho, e qualidade (Figura 03).

Segundo Zuashkiani (2011), disponibilidade é o percentual do tempo planejado para o equipamento produzir versus o que de fato ele esteve disponível para uso. O desempenho é medido pelo ritmo real em que o equipamento trabalhou durante o tempo de produção planejado em relação a sua capacidade nominal. A qualidade é o percentual de produtos dentro dos padrões aceitáveis.

Figura 03 - Estrutura base do OEE



Fonte: Elaboração própria (2017)

### 2.3.2 PDCA

O ciclo PDCA foi introduzido no Japão após a Segunda Guerra Mundial. Este ciclo tem como objetivo dar agilidade aos processos envolvidos na execução da gestão pode-se usar como exemplo o processo de manutenção.

O PDCA se divide em quatro partes e será comentado sobre cada uma delas segundo Werkema (2012):

O primeiro é conhecido como “*Plan*” (Planejamento), onde se estabelecem as metas a serem alcançadas, metodologia empregada, com objetivo de descobrir as causas fundamentais e criar um plano de ações.

O segundo passo “*Do*” (Execução), significa realizar e executar as atividades conforme o planejamento.

No terceiro passo “*Check*” (Verificação), são monitorados e avaliados os resultados periodicamente, confrontando-os com o planejado, consolidando as informações e gerando relatórios.

O quarto passo “*Act*” (ação) significa agir conforme o avaliado nos relatórios, se necessário desenvolver novos planos de ação a fim de melhorar a qualidade, corrigir eventuais falhas e melhorar a eficiência do processo (Figura 4).

Figura 04 – Diagrama do ciclo PDCA



Fonte: Campos (2004, p. 106)

### 2.3.3 FTA

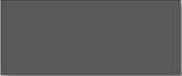
O FTA (Fault Tree Analysis ou Análise de Árvore de Falha), é um procedimento analítico, que tem como objetivo mapear os diversos tipos de falhas de um produto

ou processo, a fim de identificar as origens daquela falha (SCAPIN, 2007).

Dentre os objetivos, a FTA permite visualizar as causas das falhas e a relação entre elas, identifica os eventos críticos e determina a probabilidade de ocorrência dos eventos, determinando os mais relevantes em relação a uma determinada falha (SCAPIN, 2007).

A análise se inicia a partir de uma falha ou problema particular do sistema, conhecido como “evento de topo”. Esse evento é um estado do sistema considerado anormal. A análise segue com a elaboração de uma sequência hierárquica ou combinação de fatos que conduza ao tal evento, demonstrada pela árvore de falhas. Essa demonstração gráfica permite demonstrar o encadeamento dos diferentes eventos que podem resultar no evento de topo. A análise é conduzida sequencialmente (Quadro 1) até atingir eventos ou situações básicas, responsáveis pela situação. Por essa razão, o raciocínio é caracterizado como sendo “de cima para baixo”. Uma vez obtido o conjunto de eventos que constituem a árvore de falhas, deverá ser elaborado um plano de ação visando à eliminação das mesmas (FILHO Eduardo et al., 2011).

Quadro 1 - Simbologia do FTA

<b>SIMBOLOGIA DOS EVENTOS</b>	
	Simboliza que a falha intermediária é o resultado da combinação de mais de uma falha e que deverá ser desdobrada.
	Indica uma falha básica de um componente e também o limite de resolução da árvore. Os eventos contidos dentro de um círculo são chamados também de eventos básicos.
	São eventos que não serão desdobrados na atual fase de elaboração da árvore pois não sabe-se a resposta das causas.
	Evita a repetição de um determinado desdobramento de uma falha que ocorre em diversas portas.
<b>PORTAS LÓGICAS</b>	
	Evento de saída ocorre se pelo menos um dos de entrada ocorrer.
	Evento de saída só ocorre se todos os de entrada ocorrerem.

Fonte: Scapin (2007, p.74)

### **2.3.4 Produtividade**

Produtividade ou Taxa Efetiva Relativa (TER) de um determinado equipamento, mede a relação percentual entre a taxa nominal ou de projeto do equipamento ou taxa efetiva realizada, expressa em porcentagem segundo o PRO 000197 (EMPRESA X, 2011).

Taxa efetiva (TE) é o indicador que mede a performance média dos períodos de operação de um equipamento, desconsiderando quaisquer paralisações, independente das causas ou responsabilidades conforme o PRO 000197 (EMPRESA X, 2011).

Assim, a Taxa Efetiva Relativa, será utilizada como base para calcular o indicador de Produtividade das linhas de transportadores do Porto de Tubarão.

### **2.3.5 Disponibilidade Física**

Disponibilidade Física (DF) mede a relação percentual entre a diferença do número total de horas de um período avaliado e o número total de horas em que o equipamento esteve bloqueado por manutenções. Representa o tempo total em que o equipamento ou planta é empregado efetivamente em operação, ou seja, o tempo total disponível em que a equipe de manutenção deixou o equipamento ou planta disponível para a operação utilizar (MOELLMAN et al., 2006).

### **2.3.6 Falhas**

A falha se caracteriza pela interrupção ou alteração da função de um equipamento ou produto, o tornando incapaz de desempenhar a função para qual foi projetada, totalmente ou parcialmente (XENOS, 2014).

Podemos ter diversas causas para uma falha, essas causas podem aparecer isoladas ou simultaneamente. Segundo Xenos, (2014) essas causas se dividem em três categorias:

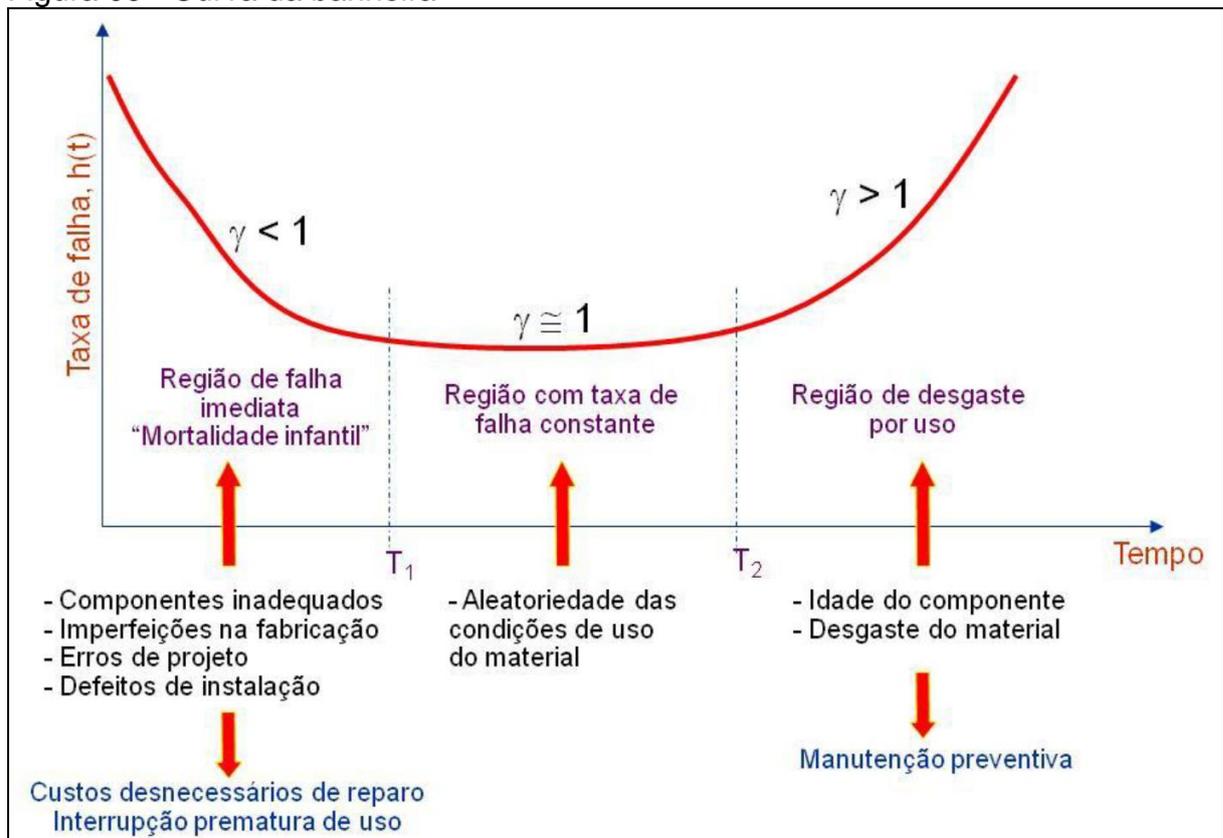
- Falta de resistência: caracteriza-se pela deficiência do projeto, ou seja, escolha de materiais com especificações impróprias, deficiência no método de fabricação e montagem.

- Uso inadequado: define-se por exceder o limite para o qual aquele equipamento foi projetado, podendo haver falhas durante o seu funcionamento.
- Manutenção inadequada: compreende-se que as intervenções preventivas nos equipamentos são inadequadas ou não estão sendo suficiente para garantir a integridade do equipamento.

Então podemos dizer que ao entrar em operação os equipamentos são submetidos a vários tipos de esforços, e quando esses esforços ultrapassam o limite de resistência dos equipamentos acontecem as falhas (TAKAHASHI, 1993).

Na Figura 5, podemos observar o gráfico conhecido como curva da banheira e através do mesmo, podemos identificar as fases de um projeto e suas possíveis falhas.

Figura 05 - Curva da banheira



Fonte: Reis e Andrade (2009, p.7)

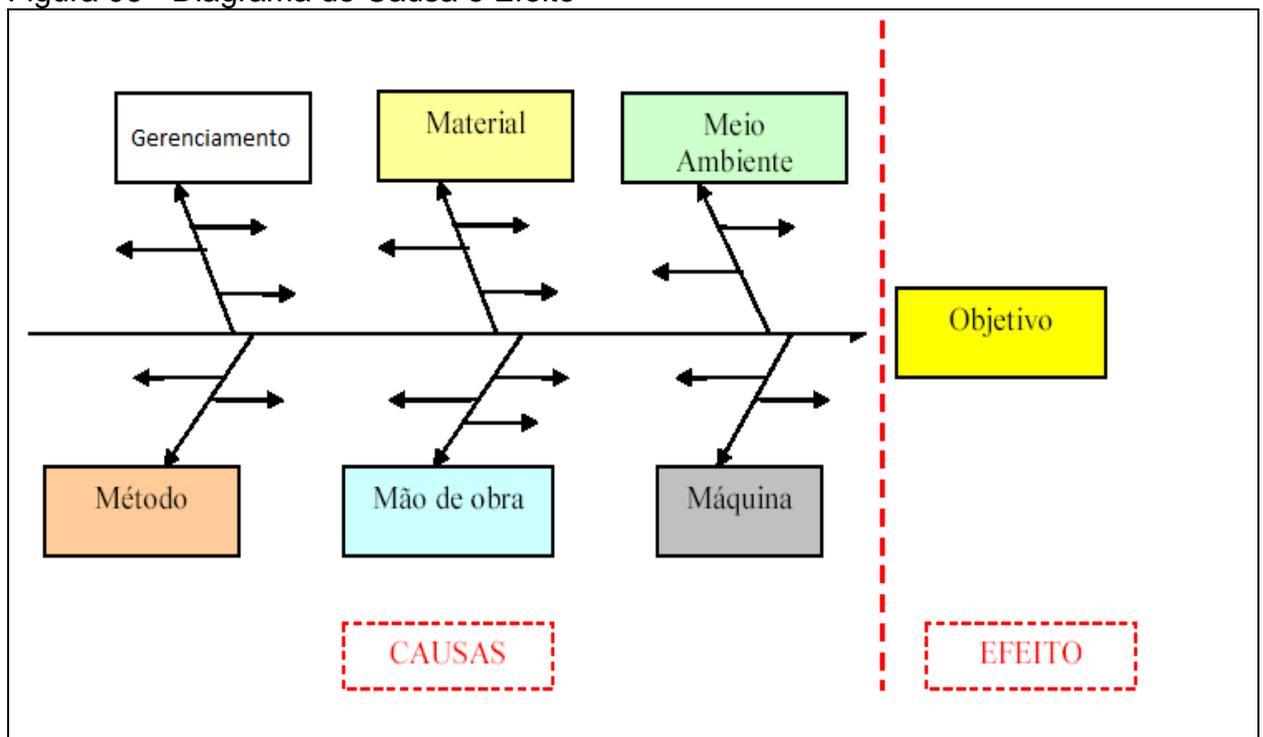
As ações desenvolvidas com base nas ferramentas de gestão para melhoria contínua FTA, PDCA e da metodologia TPM (Manutenção Produtiva Total) são fundamentais para identificar e tratar falhas de diversos tipos (NAKAJIMA, 1989).

### 2.3.7 Diagrama causa e efeito

O diagrama de causa e efeito (Figura 6), também conhecido por diagrama de Ishikawa ou espinha de peixe foi criado em 1943 por Kaoru Ishikawa, com objetivo básico de pessoas pensarem sobre os motivos ou causas que fazem com que o problema aconteça (PALADINI et al., 2012).

Esse diagrama, de acordo com Slack et al. (2013), é um dos métodos mais utilizados e efetivos para encontrar as causas raiz que originam um problema. O diagrama parte da ideia de que a causa possível é toda a fonte geradora de um determinado efeito. Assim podem ser identificados vários fatores de causa, porém é necessário priorizar os que possuem influência direta sobre os efeitos.

Figura 06 - Diagrama de Causa e Efeito



Fonte: Ishikawa (1993 p.79)

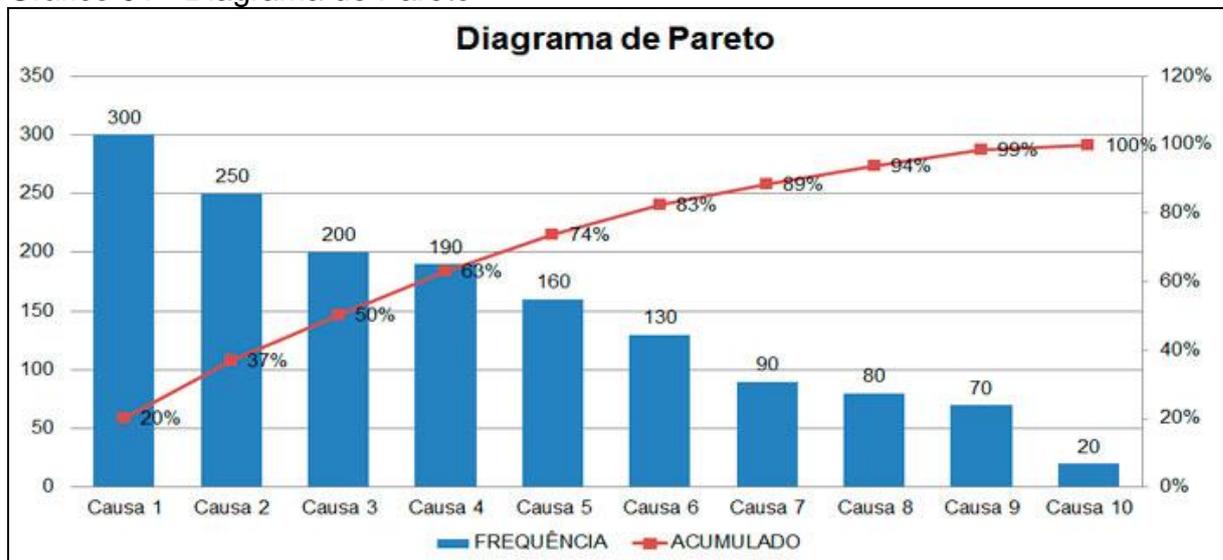
### 2.3.8 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é uma técnica matemática que auxilia na tomada de decisões, ele permite uma pequena seleção de causas (aproximadamente 20%) seja responsável pela maior parte dos problemas (aproximadamente 80%), ou seja se

eliminarmos 20% dos problemas que mais impacta no processo, vamos garantir um efeito muito positivo na melhoria do mesmo (WERKEMA, 2006).

O diagrama consiste em um gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências na ordem decrescente (Gráfico 1), e mostra uma curva de porcentagem acumulada, tornando-o de fácil visualização e interpretação dos dados, de forma a permitir solução nas áreas onde os melhores resultados serão obtidos (WERKEMA, 2006).

Gráfico 01 - Diagrama de Pareto



Fonte: Marcondes (2016)

### 2.3.9 Plano de ação 5W2H

A técnica 5W2H foi desenvolvida por profissionais da indústria automobilística japonesa como uma ferramenta de auxílio na utilização do PDCA, principalmente na fase de planejamento e tem como objetivo identificar dados e rotinas mais relevantes de um projeto ou linha de produção (Serviço Brasileiro de Apoio às Micros e Pequenas Empresas, 2008).

Através dessa ferramenta (Quadro 2) cria-se um plano que contém informações básicas para o acompanhamento e a execução das atividades, respondendo as seguintes perguntas: O que? (What?), Por quê? (Why?), Onde? (Where?), Quando? (When?), Quem? (Who?), Como? (HOW?) e Quanto custa? (How much?).

Segundo Serviço Brasileiro de Apoio às Micros e Pequenas Empresas (2008), a ferramenta 5W2H é de simples utilização mais de grande importância no apoio a

análise e conhecimento dentro do processo, problemas ou ação a serem implementadas, podendo ser dividido em 03 tópicos para solução de problemas:

- **Diagnostico:** durante a averiguação de um problema ou processo, para ampliar o nível de informações e identificar de maneira rápida e eficaz as falhas.
- **Plano de ação:** orientar na construção do plano de ação de forma objetiva para evitar efeitos colaterais e quais ações serão implementadas para eliminar o problema.
- **Padronização:** facilita na padronização de procedimentos que devem ser usados como modelo, para evitar a repetição dos mesmos.

Quadro 02 - Metodologia 5W2H

	<b>Plano de ação</b>
<b>Pergunta</b>	<b>Descrição</b>
<b><i>What / O que?</i></b>	Definir o que será feito.
<b><i>Why / Por quê?</i></b>	Descrever o porquê deve-se executar a tarefa.
<b><i>Where / Onde?</i></b>	Em que local as tarefas serão realizadas.
<b><i>When / Quando?</i></b>	Estabelecer um prazo para execução da tarefa.
<b><i>Who / Quem?</i></b>	Descrever quem será responsável pela tarefa.
<b><i>How / Como?</i></b>	Qual mecanismo será utilizado para execução.
<b><i>How Much / Quanto custa?</i></b>	Definir quais os custos para a execução da tarefa.

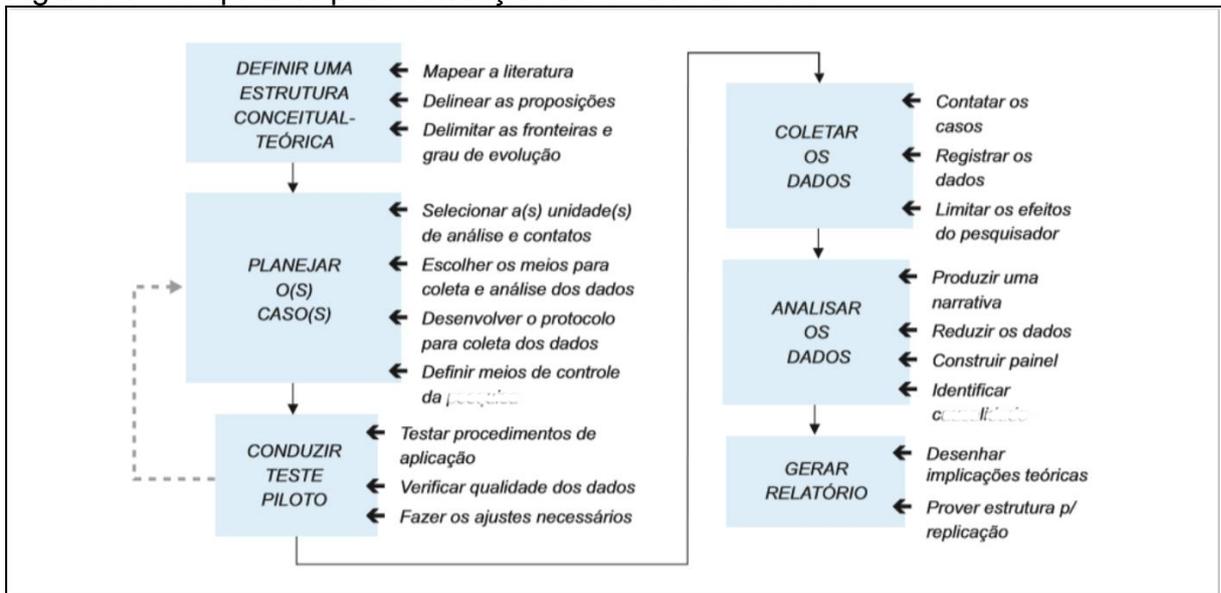
Fonte: Adaptado de Lenzi, Kiezel e Zucco, (2010).

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido através do método de estudo de caso (Figura 7) e possui natureza empírica que se distingue, devido ao fato de ser um plano de investigação científica de um determinado fenômeno, normalmente contemporâneo e inserido dentro de um contexto real de vida. Trata-se de uma ampla análise, onde pode existir um ou mais objetos (casos), que permita um melhor esclarecimento (GIL,1996).

O estudo de caso tem como objetivo compreender a razão pelo qual uma decisão ou um conjunto delas foram tomadas, de que maneira elas foram aplicadas e com quais resultados atingidos (YIN, 2001).

Figura 07 - Sequência para condução do estudo de caso



Fonte: Miguel (2012, p.95)

Esta pesquisa é classificada como aplicada, pois foi realizada análise de uma linha de produção no qual pertence a uma multinacional que atua no mercado de mineração com objetivo de propor soluções para o problema existente.

Devido a suas características, o trabalho possui duas classificações quanto a abordagem: qualitativa e quantitativa. Na metodologia qualitativa, inicia-se com coleta dos dados, a fim de criar a (teoria base) ou seja, o conjunto de conceitos, princípios e significados. Já na metodologia quantitativa utiliza-se da seleção dos dados para provar hipóteses baseados em informações numéricas e do estudo estatístico para estipular padrões de comportamentos (MARCONI; LAKATOS, 2007).

Caracteriza-se como sendo uma pesquisa descritiva, pois relata as descrições e capacidade técnica dos equipamentos, a baixa disponibilidade de uma linha de produção e seu perfil de perdas.

Também foi utilizada a metodologia de pesquisa bibliográfica, pois faz análise de temas em publicações foi utilizado uma base de dados de um sistema informatizado já existente, além de considera-lo documental, uma vez que essa base de dados pertence a própria empresa.

A fase inicial dessa pesquisa consiste em abordar a evolução da manutenção em cada uma das suas 3 gerações e as ferramentas utilizadas pelas empresas, a fim de melhorar o desempenho das mesmas.

Observa-se que linhas de produção estão vulneráveis à falha e com isso necessitam de manutenções, ou seja durante esse período a sua capacidade é reduzida. Assim este trabalho tem por objetivo analisar a baixa produtividade inerente a atividade de manutenção.

### 3.1 INSTRUMENTOS

Durante a fase inicial, foram utilizadas fontes de pesquisa como: documentos, livros, artigos e consultas em sites, que abordam a utilização da metodologia TPM (Manutenção Produtiva Total).

Com a introdução dos dados no Microsoft Excel, foi possível gerar gráficos que demonstram a disponibilidade de uma linha de produção e a quantidade de horas sem operar, devido a paradas não programadas para execução de manutenções corretivas.

Nota-se que foi utilizado o ciclo do PDCA e FTA, a fim de identificar problemas e propor melhorarias no desempenho dos equipamentos do Píer 1.

Os modelos de excelência de gestão da manutenção inseridos nas empresas consistem em princípios, metodologias e ferramentas. A metodologia TPM (Manutenção Produtiva Total), a prática de engenharia de manutenção, o uso de indicadores de classe mundial para o acompanhamento de performance dos equipamentos, bem como a utilização de ferramentas de gestão para a melhoria contínua, como PDCA e FTA, englobam esses itens de excelência da manutenção

industrial (SOUZA, 2005).

### 3.2 UNIVERSO

A empresa analisada é uma mineradora multinacional, de origem brasileira fundada no governo Getúlio Vargas em 1942 com o objetivo de extração do minério de ferro na região de Itabira, no estado de Minas Gerais (EMPRESA X, 2016).

Presente em cerca de 30 países a empresa hoje é privada de capital aberto e emprega atualmente mais de 110 mil pessoas, profissionais próprios e terceiros (EMPRESA X, 2016).

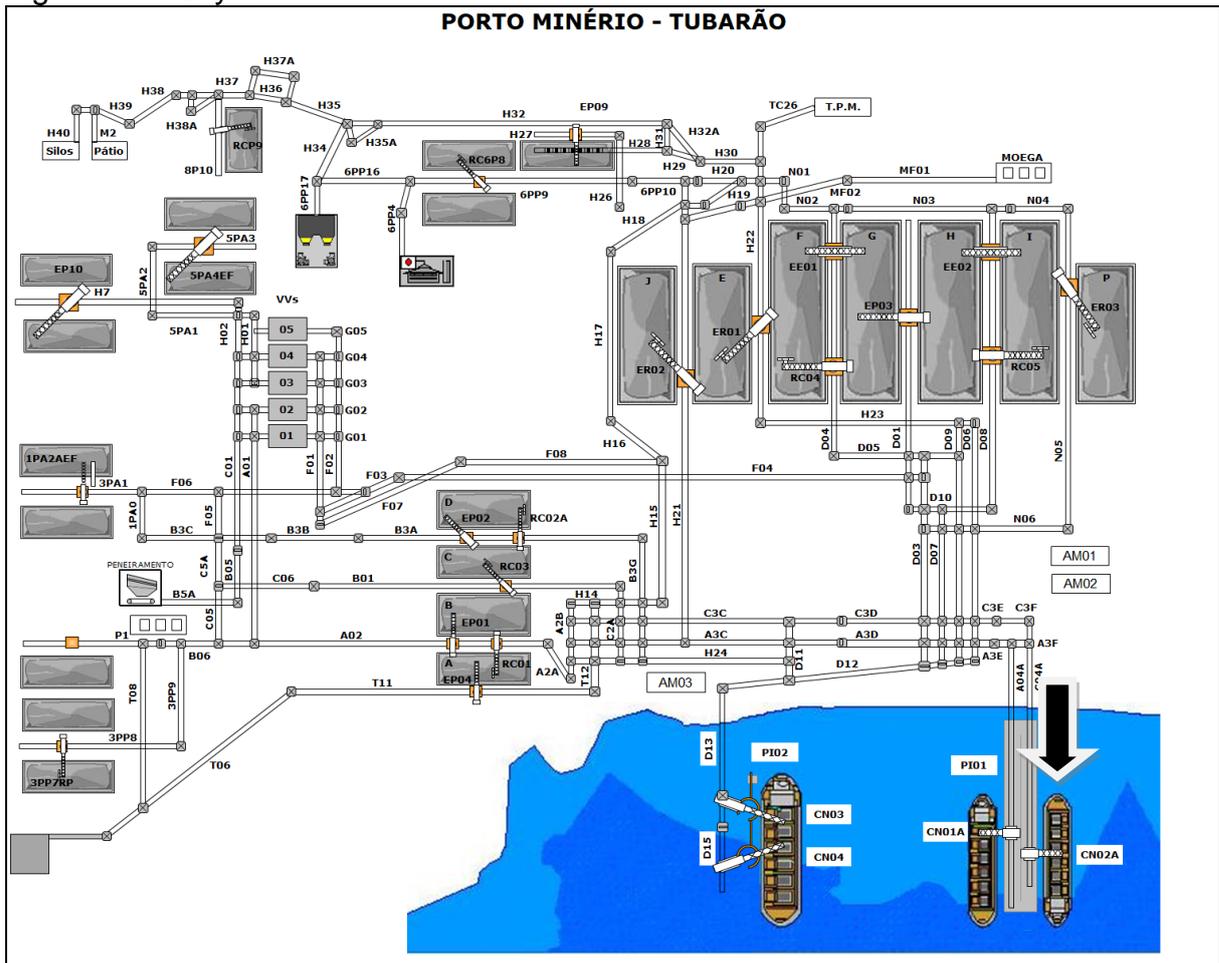
A companhia possui sua sede no Rio de Janeiro, é uma empresa global situada em 26 países e no Brasil está presente em 14 estados dentre eles o Espírito Santo, onde possui na capital Vitória um dos Portos mais produtivos do mundo, conhecido como Porto de Tubarão. Seu carro chefe é principalmente minério de ferro e pelotas, mas atua no setor de grão e outros minerais (EMPRESA X, 2016).

O principal transporte de sua matéria prima de Minas Gerais até o porto do Espírito Santo é feito pela FVM (Ferrovia Vitória Minas), construída pela companhia para este fim, atualmente a ferrovia é utilizada para abastecer a região com outros produtos e serviços como o transporte de passageiros entre os dois estados, o que faz da mineradora uma das maiores empresas operadoras de logística do nosso país. O setor em estudo é o Píer 01 onde se embarca minério de ferro em navios através de correias transportadoras, situado neste porto da mineradora da grande Vitória/ES, onde tem seu funcionamento 24 horas composto de 14 pessoas dispostas em 4 turmas de regime de turno de revezamento de 12 horas de dois dias consecutivos. Sua principal atividade é embarcar minério de ferro em navios (EMPRESA X, 2016).

Com o objetivo de desenvolver ações que visam à melhoria contínua dos equipamentos e processos, além de identificar as principais ocorrências que limitam a produtividade da linha de produção, através de uma análise de confiabilidade aumentar a eficiência dos equipamentos estudados. A metodologia utilizada é baseada em ferramentas de gestão da manutenção.

O CN2A está identificado na Figura 8 através de uma seta.

Figura - 08: Layout terminal de minério no Porto de Tubarão.



Fonte: Empresa x (2011)

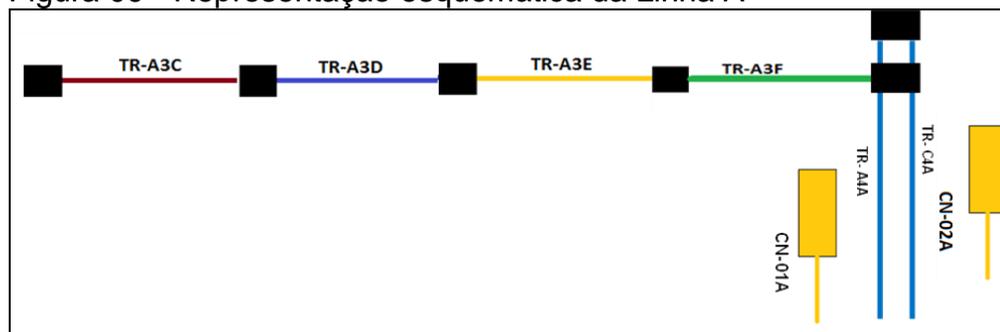
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta os transportadores de correia que compõem a rota do Píer 01, as possíveis causas de suas falhas e os motivos das mesmas, além das propostas de melhorias e demonstração dos resultados alcançados.

### 4.1 TRANSPORTADORES DA LINHA “A” NO PÍER 1

Conhecido como linha “A” (Figura 9) no Porto de Minério de Tubarão, o conjunto de correias transportadoras TRA3C, TRA3D, TRA3E, TRA3F, TRA4A, TRC4A e os carregadores de navio CN1A e CN2A, são responsáveis pelo transporte de minério de ferro e pelotas que abastecem os navios atracados no Píer 1.

Figura 09 - Representação esquemática da Linha A



Fonte: Elaboração própria (2017)

Essa linha de produção, conforme representado na Figura 09, teve o início da operação em novembro de 2009, com objetivo de aumentar a capacidade de embarque de graneis do Porto de Tubarão. Porém após o início da sua operação observou-se uma baixa disponibilidade.

A linha “A” do Píer 1 tem capacidade de projeto de 16000 toneladas/hora e capacidade nominal de 13350 toneladas/hora, conforme Tabela 01. Porém, estava operando com baixa produtividade devido a inúmeras paradas para manutenções corretivas. Esse fenômeno se justifica através do gráfico da curva da banheira, uma vez que estamos estudando uma linha de produção recém instalada. A mesma se encontra-se na primeira fase do gráfico conhecida como “mortalidade infantil”, onde se tem um grande número de falhas que podem ter como causas principais: componentes inadequados, imperfeições na fabricação, erros de projeto e defeitos de instalações.

Tabela 01 - Dados técnicos do transportador de correia no CN2A

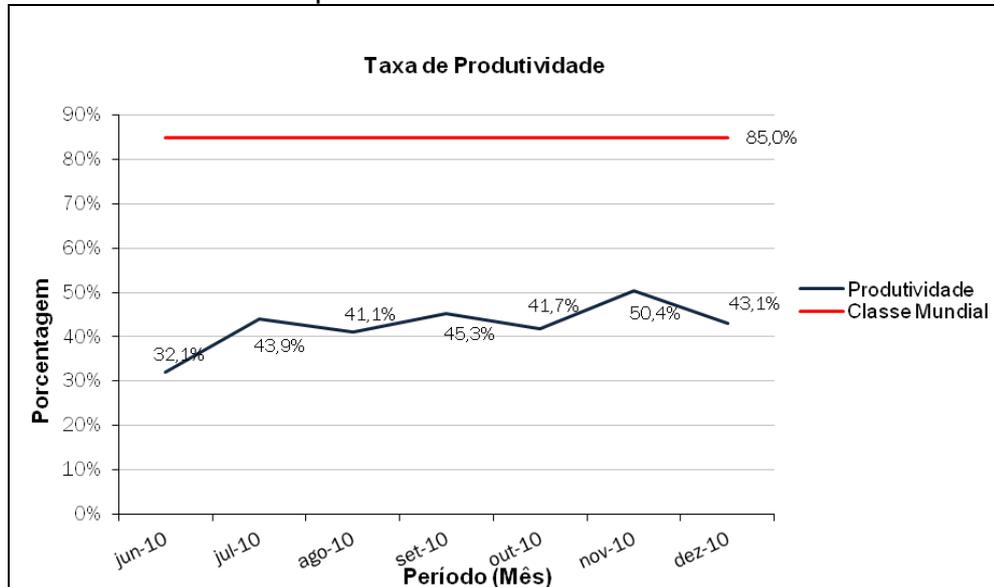
DADOS TÉCNICOS		
CAPACIDADE NOMINAL / PROJETO	t/h	13.350/16.000 (MIN. DE FERRO)
MATERIAIS A TRANSPORTAR		MINÉRIO DE FERRO, PELOTAS
PESO ESPECIFICO DO MATERIAL	t/m <sup>3</sup>	2,7(MINÉRIO DE FERRO) – 2,15(PELOTAS)
GRANULOMETRIA	mm	0,1 a 75–5a18
UMIDADE	%	12
REGIME DE TRABALHO	h/dia	24
ANGULO DE ACOMODACAO DO MATERIAL	°	25 (MINÉRIO DE FERRO)
VELOCIDADE DA CORREIA	m/s	4,8
LARGURA DA CORREIA	mm	1800
TIPO DA CORREIA E COBERTURA		EP 2000/5 – 10x3 mm RMA 1
MOTOR	HP	1000 x 2 , 900 rpm
REDUTOR		B3SE16
ACOPLAMENTO ALTA		TVVSC 1000
BAIXA		–

Fonte: Empresa X (2011)

Segundo Nakajima (1993) que ocupa uma posição de destaque no (JIPM) Japan Institute of Plant Maintenance, Instituto Japonês de Manutenção Industrial o OEE tem como objetivo identificar se uma máquina ou planta é eficiente ou não. Após a criação do índice, foi desenvolvido o conceito World Class OEE (Empresa de classe mundial), que são linhas de produção extremamente produtivas, que tem índice OEE igual ou superior a 85%, esse índice nada mais é do que uma multiplicação de 3 itens: Disponibilidade, Desempenho e Qualidade.

Através de dados do sistema, é possível observar a baixa produtividade da planta de produção do Píer 01. Devido às restrições, observa-se que a sua taxa de produtividade do período de junho a dezembro de 2010 não ultrapassou 50,4% (Gráfico 02), nota-se então que a planta está bem abaixo do índice considerado de classe mundial.

Gráfico 02 – Taxa de produtividade do Píer 1



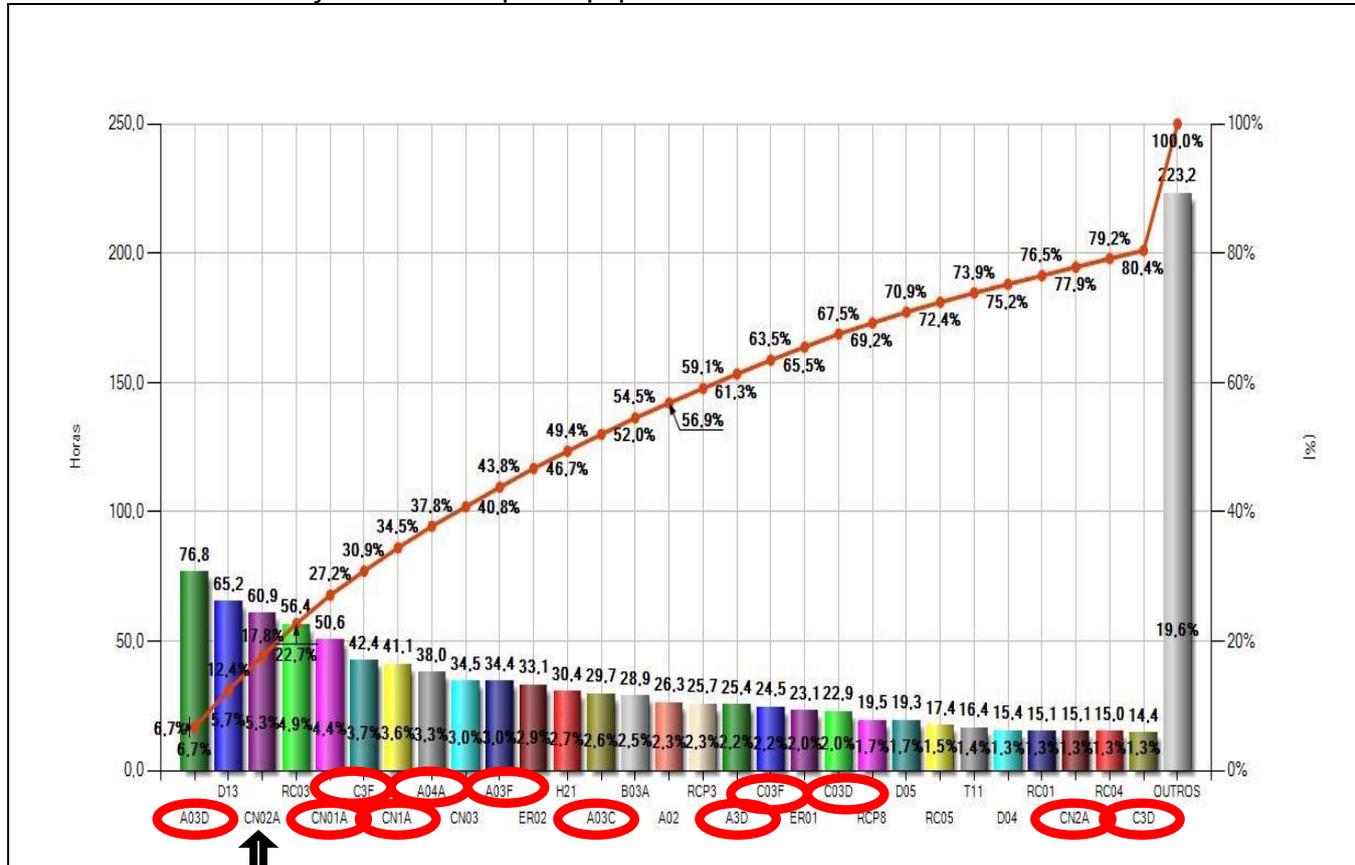
Fontes: Empresa X (2011)

#### 4.2 CONHECENDO OS PROBLEMAS DOS TRANSPORTADORES DO PÍER 1

Através do Gráfico 03 (Pareto) é possível identificar que os equipamentos que compõem a linha “A” do Píer 1, possuem baixa produtividade, os mesmos estão destacados através do círculo vermelho, devido a seus altos índices de manutenção corretiva conforme é demonstrado.

Ainda no Gráfico 03 demonstra que o equipamento CN2A, que se encontra identificado através de uma seta, teve aproximadamente 60 horas de manutenção corretiva no período de 6 meses. Devido a sua importância dentro do processo produtivo o equipamento foi escolhido como foco do estudo.

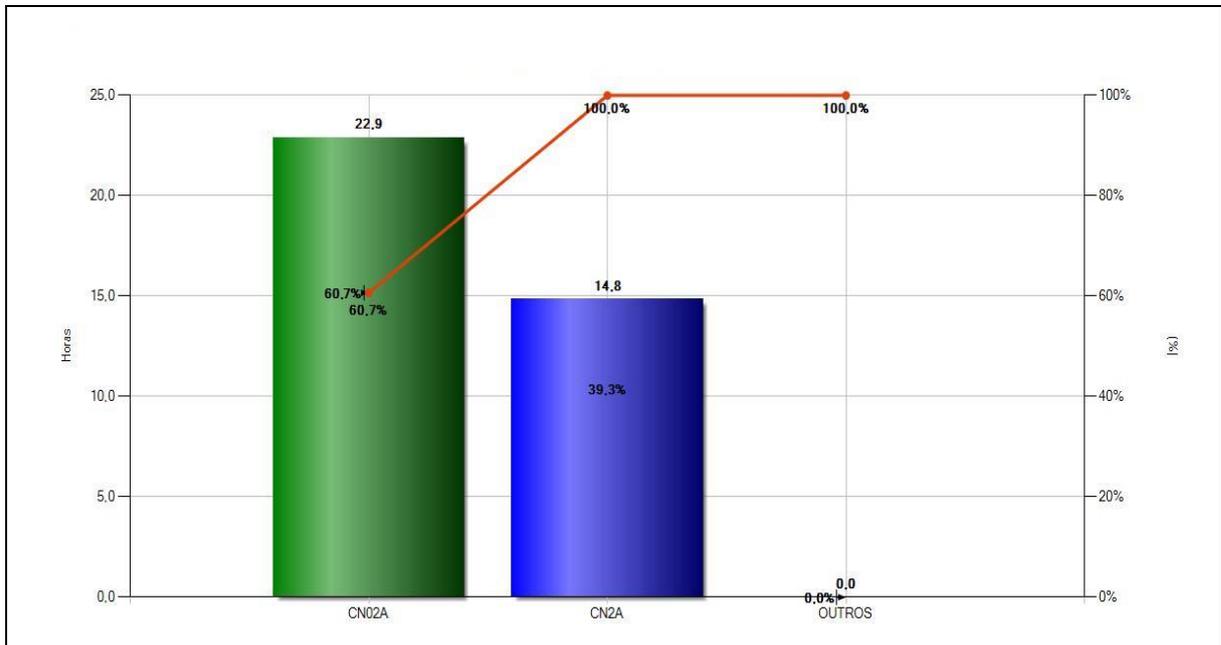
Gráfico 03 - Manutenção corretiva por equipamento 01/07/2011 à 31/12/2011



Fonte: Empresa x (2011)

Nota-se que no Gráfico 4, em um período de 6 meses, houve uma perda operacional de 37,7 horas durante a operação do CN2A, somente por defeito relacionado ao desalinhamento do transportador e falhas no chute de transferência. Comparando o Gráfico 3 com o Gráfico 4 pode-se identificar que aproximadamente 62,8% das paradas inesperadas estão relacionados a transferência de material de um transportador de correia para outro, ou seja, os principais apontamentos gerados no sistema informatizado do Porto de Tubarão indicam que os maiores limitadores a produtividade da linha são: entupimento do chute com 22,9 horas de parada para manutenção corretiva e desalinhamento do transportador de correia com 14,8 horas, conforme demonstrado no Gráfico 04.

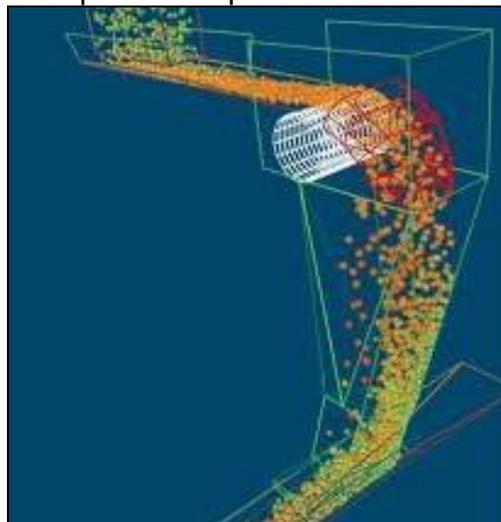
Gráfico 04 - Falha mecânica no chute e desalinhamento do transportador 01/07/2011 à 31/12/2011



Fonte: Empresa x (2011)

Durante a passagem do material de uma correia para outra, encontramos os chamados chutes de transferência (Figura 10), onde sempre haverá descarga e carregamento de material entre dois pontos como pode-se observar na Figura 10.

Figura 10 – Material passando pela transferência simulado em 3D.



Fonte: Empresa X (2011)

Para obter bom desempenho das transferências, há uma dependência do projeto e do posicionamento do chute. Quando esses dois parâmetros são bem implantados, refletem positivamente no modo de carregamento do material sobre as correias

transportadoras, evitando assim entupimento do chute, fuga de material e desalinhamento da correia transportadora.

Se o material for carregado no centro da correia, na mesma velocidade e sentido da correia receptora, sem restrições na parte intermediária e inferior do chute, o mesmo não apresentará problemas, pois todas as condições para perfeito funcionamento da transferência de material estariam sendo atendidas.

Na Figura 11 o transportador de correia TRA4A transporta o minério de ferro até a transferência do CN2A, que por sua vez faz o carregamento do navio.

Figura 11 – Foto do transportador TRA4A e o carregador de navio CN2A



Fonte: Acervo pessoal (2011)

Um dos elementos que podem gerar restrições nas linhas são, chutes de transferência. Esses componentes são responsáveis por garantir a transferência do material de um transportador de correia para o outro de forma centralizada e sem que haja transbordamento da carga ou desalinhamento da correia.

### 4.3 PLANO DE AÇÃO

Após o levantamento das causas raízes utilizando as ferramentas FTA e Ishikawa, associadas ao alto índice de falhas na linha de produção a equipe de engenharia elaborou um plano de ação (Quadro 3) com objetivo de aumentar a taxa efetiva do Píer 1.

O plano de ação enquadra-se na primeira fase do ciclo do PDCA, conhecida como planejamento, através desse plano foi direcionado ações para toda equipe, estabelecendo os seguintes critérios: causa, como fazer, o que fazer, onde fazer, quando fazer e responsável.

Quadro 03 - Plano de ação elaborado em 2011

Causa	O QUE	COMO	QUEM	ONDE	QUANDO														
					M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Projeto incorreto do chute do CN2A	Melhoria e modificação do projeto	Através do Ciclo PDCA e FTA	Engenharia	CN2A	M														
					P			X											
					R			X											
	Fabricar peças para o novo projeto	Abrir ordem para fabricar peças na oficina	PCM	Oficina	M														
					P							X							
					R								X						
	Realizar pré montagem das peças	Verificando medidas do novo projeto	Equipe de manutenção	Oficina	M														
					P							X							
					R								X						
Projeto incorreto do chute do CN2A	Realizar procedimento para instalação do projeto	Através do sistema SISPAV	PCM	CN2A	M														
					P								X						
					R								X						
	Instalar novo projeto	Com parada programada de acordo com o planejamento	Equipe de manutenção	CN2A	M														X
					P														X
					R														X
	Realizar medições dos indicadores após a instalação	Através das ferramentas de qualidade	Engenharia	CN2A	M														X
					P														X
					R														X

Fonte: Empresa X (2011)

O uso do plano de ação permitiu distribuir o processo em diferentes partes, demonstrando o que estava sendo feito por cada setor e o que eles estavam operacionalizando em cada fase, além de qual setor estava sendo realizada determinada etapa. O plano foi elaborado no ano de 2011, os estudos e implantação do novo projeto no chute do CN2A, teve como objetivo aumentar a disponibilidade e produtividade da linha.

A equipe de engenharia realizou um estudo, a fim de desenvolver um novo projeto para o chute do CN2A com prazo de conclusão no mês de março de 2011. A equipe concluiu o plano conforme programado e após a conclusão do novo projeto o

mesmo foi encaminhado para oficina fabricar as peças. Porém a mesma teve dificuldade na aquisição do material para fabricação e com isso houve um atraso de 01 mês na fabricação, depois das peças fabricadas a equipe de execução fez a pré-montagem do projeto, a fim de conferir todas as peças e evitar retrabalhos durante a instalação.

A equipe do PCM desenvolveu um procedimento de instalação do novo projeto o PRO-000327 com objetivo de padronizar a atividade, foi desenvolvido um cronograma para instalação do projeto através do software Microsoft Project junto as equipes de manutenção e engenharia, onde foi descrito passo a passo da tarefa e quanto tempo duraria cada uma delas. Esse cronograma foi colocado na sala de reunião do Píer I e acompanhado passo a passo pelas equipes envolvidas.

A instalação ocorreu no mês de dezembro conforme o programado, para cumprir o cronograma foi realizado acompanhamento no “chão de fábrica” e estipulado ações caso algum passo da atividade estivesse com atraso.

Após a conclusão da instalação no mês de dezembro a equipe de engenharia iniciou as novas medições da linha de produção, através das ferramentas da qualidade, a fim de verificar os ganhos obtidos.

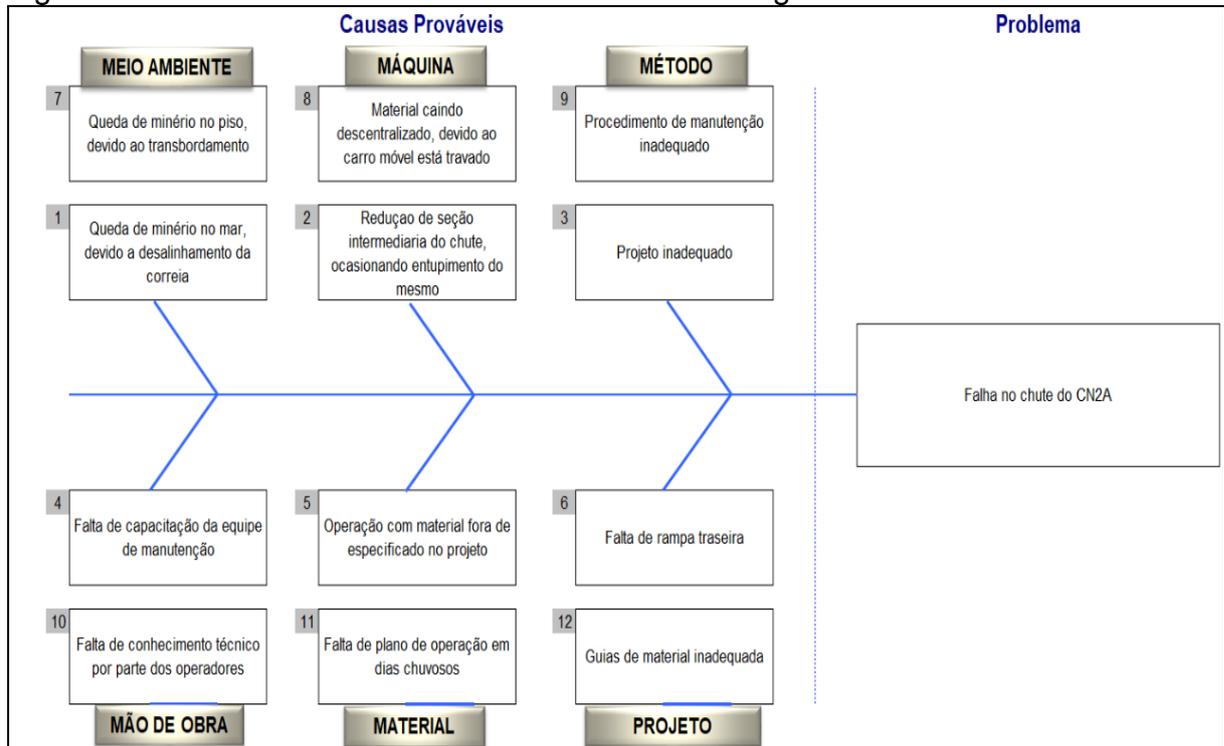
#### 4.4 ANÁLISE DO PROBLEMA

O diagrama da Figura 12 demonstra que há várias fontes geradoras para um determinado problema, porém a equipe deve priorizar as que têm influência direta na eficiência do equipamento. Algumas fontes geradoras:

- Falta de guia adequada: pois as guias ajudam a centralizar o material sobre a correia transportadora evitando que a mesma desalinhe.
- Material caindo descentralizado, devido ao carro móvel: com o travamento das rodas do carro, o mesmo se torna fixo e não acompanha o deslocamento da queda do material, fazendo com que o minério seja projetado de forma descentralizada sobre o transportador de correia do CN2A, causando o desalinhamento do mesmo.
- Redução de seção intermediária do chute (anel inferior): devido à redução, o material encontra dificuldade em sua passagem pela transferência, assim

ocasionando o entupimento do chute e transbordo de material do mesmo.

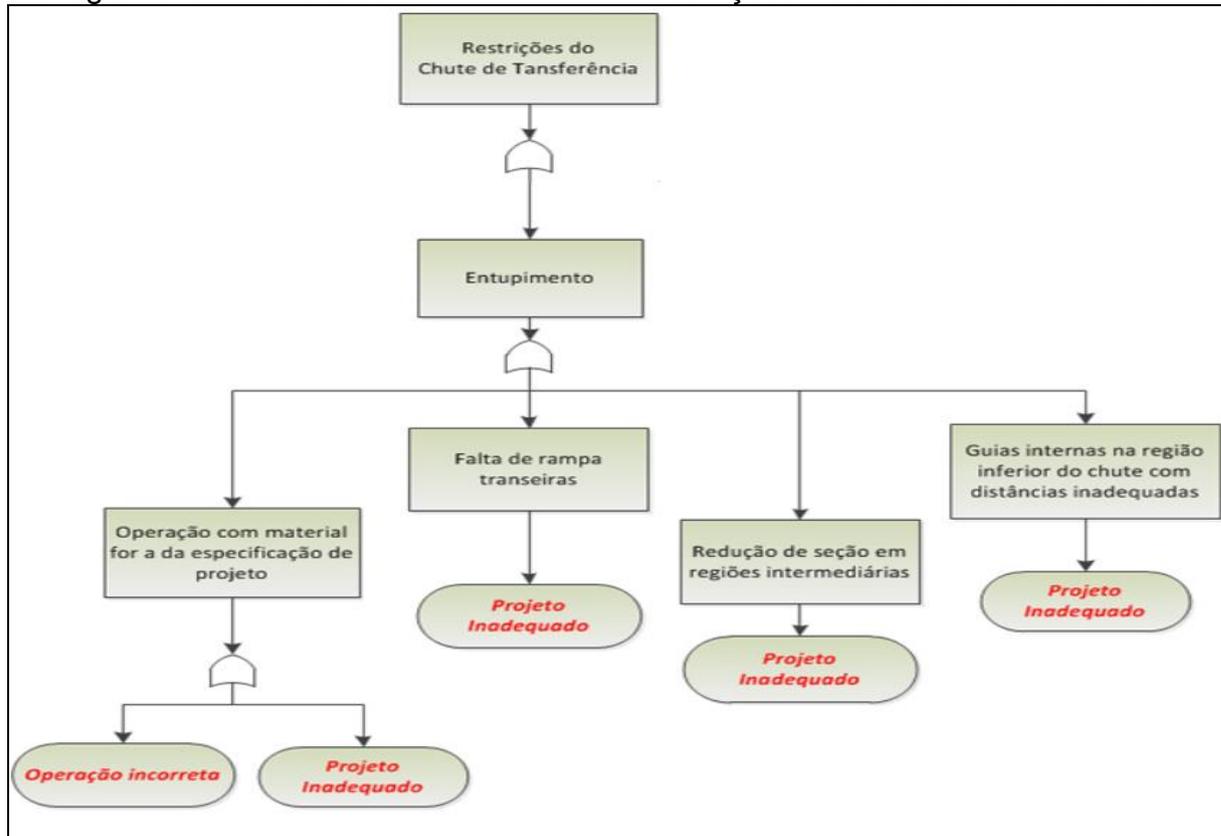
Figura 12 - Causas da falha no chute do CN2A no diagrama de Ishikawa



Fonte: Elaboração própria

Nota-se as principais causas do entupimento do chute através da análise da árvore de falhas (Fluxograma 01). A adequação do projeto do chute e a operação correta, aumentaria a disponibilidade da linha "A", assim aumentando o volume embarcado de minério de ferro. Através da FTA, foi possível identificar as principais causas da baixa produtividade da linha "A". A partir desse levantamento, foi realizado um estudo junto a equipe de manutenção e foram feitas propostas de melhorias na linha, a fim de aumentar a sua produtividade.

Fluxograma 01 - Árvore de falha associada a restrições no chute de transferência



Fonte: Elaboração própria

#### 4.5 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Através dos dados coletados pela equipe de engenharia foi identificado que o projeto do chute estava inadequado, gerando assim o acúmulo de material e conseqüentemente o seu entupimento, além da queda de material descentralizado, devido ao travamento do carro móvel, assim ocasionando o desalinhamento da correia.

Segundo o estudo realizado pela engenharia, foi constatado que devido o chute possuir um anel inferior conforme a Figura 13, o mesmo limitava o fluxo de material transportado pela correia, ou seja dependendo da densidade do material, a operação é restringida a uma determinada carga, pois gera obstrução e entupimento do chute, caso ultrapasse a carga estabelecida. Além disso a ausência da rampa traseira faz com que o material não siga o fluxo adequado passando a acumular na parte inferior do chute, gerando entupimento e atuando como freio na correia, gerando assim paradas do equipamento por sobrecarga.

Figura 13 - Anel inferior no chute do CN2A



Fonte: Empresa X (2011)

O carro móvel usado para melhor direcionamento do material sobre outro transportador estava travando devido acúmulo de material conforme Figura 14. Assim o mesmo não se deslocava de forma adequada, ocasionando o bloqueio parcial do fluxo de material e a projeção de forma descentralizada na correia receptora ocasionando o desalinhamento da mesma.

Figura 14 - Carro móvel



Fonte: Empresa X (2011)

Outro problema identificado foi a falta de rampa traseira e posição inadequada das guias de materiais. Com isso o material não tinha uma queda de forma centralizada sobre o transportador. Além da guia servir para evitar a fuga de material se ela não possuir o espaçamento e altura adequada, pode obstruir a passagem do material causando entupimento.

#### 4.6 EXECUÇÃO DAS AÇÕES

A segunda fase do ciclo PDCA, conhecida como “Do” executar as atividades conforme previsto no cronograma, o que foi um grande desafio, uma vez que a atividade estava sendo realizada pela primeira vez e seu procedimento poderia sofrer alterações durante a execução da atividade.

Foi retirado carro móvel pela equipe de manutenção conforme a Figura 15, como previsto no novo projeto desenvolvido pela engenharia, a fim de solucionar o problema de travamento do carro, que gerava uma projeção irregular do material sobre a correia receptora, ocasionando o desalinhamento da mesma.

Figura 15 - Retirado carro móvel da transferência do CN2A



Fonte: Empresa X (2011)

Além disso, foram instaladas guias internas (Figura 16) de acordo com a especificação da engenharia com espaçamentos e ângulo adequado para que o

material seja projetado na correia receptora de forma suave e centralizada, assim diminuindo o desalinhamento da correia do CN2A.

Figura 16 - Instalação das novas guias de materiais



Fonte: Empresa X (2011)

As novas guias foram prolongadas para fora do chute conforme Figura 17, evitando a fuga de material para outras partes do equipamento e até mesmo para o piso, em caso do chute receber uma sobrecarga de material, além de manter o material excedente centralizado no transportador de correia.

Figura 17 - Novas guias internas



Fonte: Empresa X (2011)

No lugar onde havia carro móvel e anel inferior, foi instalada rampa traseira conforme Figura 18, possibilitando um melhor escoamento e direcionamento do material no mesmo sentido da correia receptora de forma suave, assim evitando acúmulo de material e conseqüentemente o entupimento do chute.

Figura 18 - Rampa traseira



Fonte: Empresa X (2011)

Figura 19 - Chute sem o carro móvel e anel inferior



Fonte: Empresa X (2011)

Conforme Figura 19, após a conclusão do novo projeto foi eliminado o sistema de carro móvel e em seu lugar a equipe instalou um chute fixo conforme Figura 20, evitando uma projeção irregular do material na correia receptora uma vez que o mesmo não tem necessidade de se movimentar para acompanhar o fluxo do

material. Além disso ele possui uma área muito maior de recebimento de material, o que evita acúmulos e entupimento.

Figura 20 - Concluída instalação do novo chute



Fonte: Empresa X (2011)

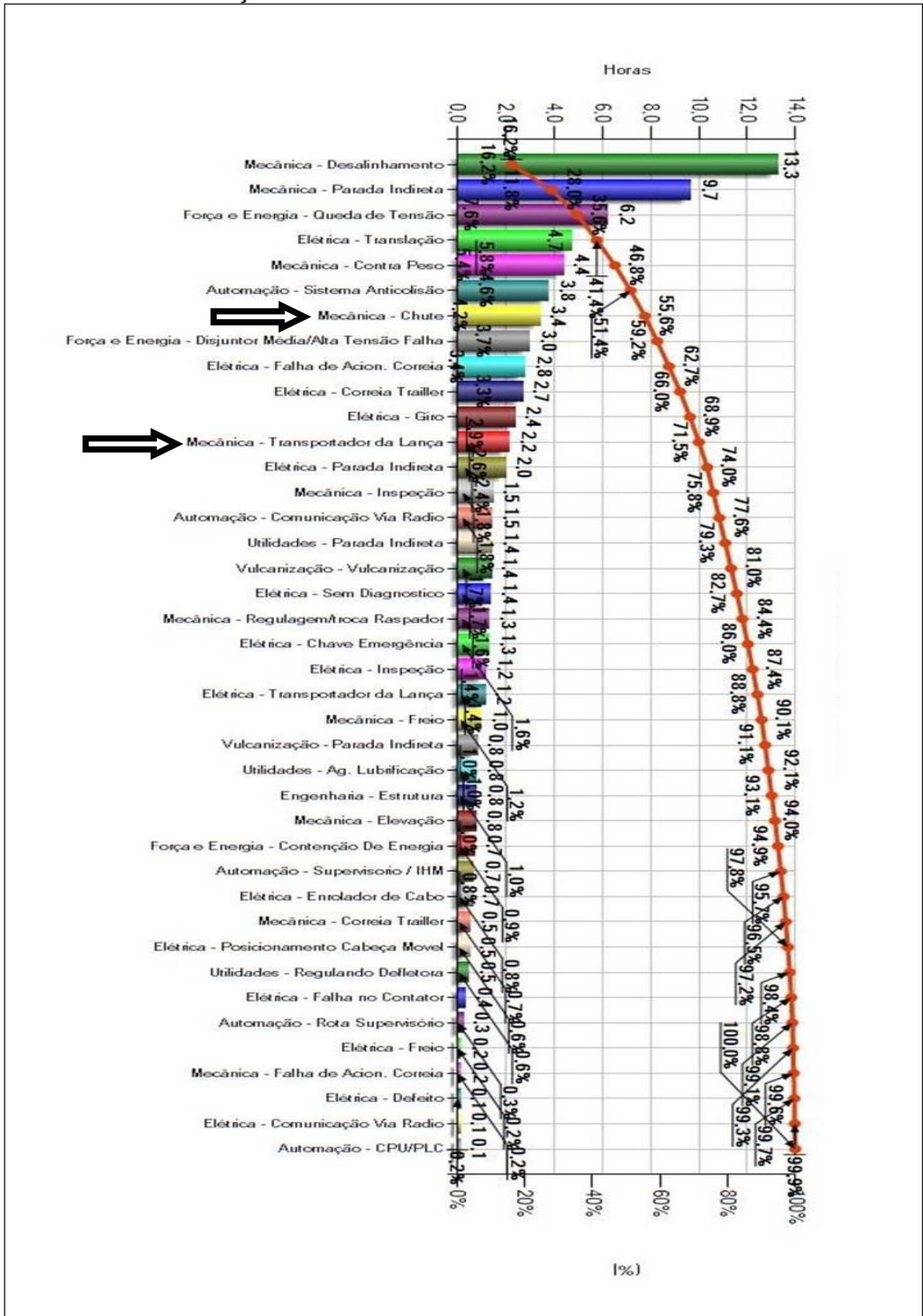
#### 4.7 RESULTADOS OBTIDOS

A terceira etapa do ciclo PDCA, é conhecida como “*Check*” e tem como objetivo monitorar e avaliar os resultados alcançados periodicamente.

Conforme Gráfico 05 após, a implantação do novo formato de chute no CN2A o mesmo apresentou uma melhora significativa na redução de horas paradas para manutenções corretivas por desalinhamento do transportador e falha no chute que eram os motivos principais de parada. Porém fica explícito que a falha por desalinhamento ainda persistiu como o maior índice de falha do equipamento.

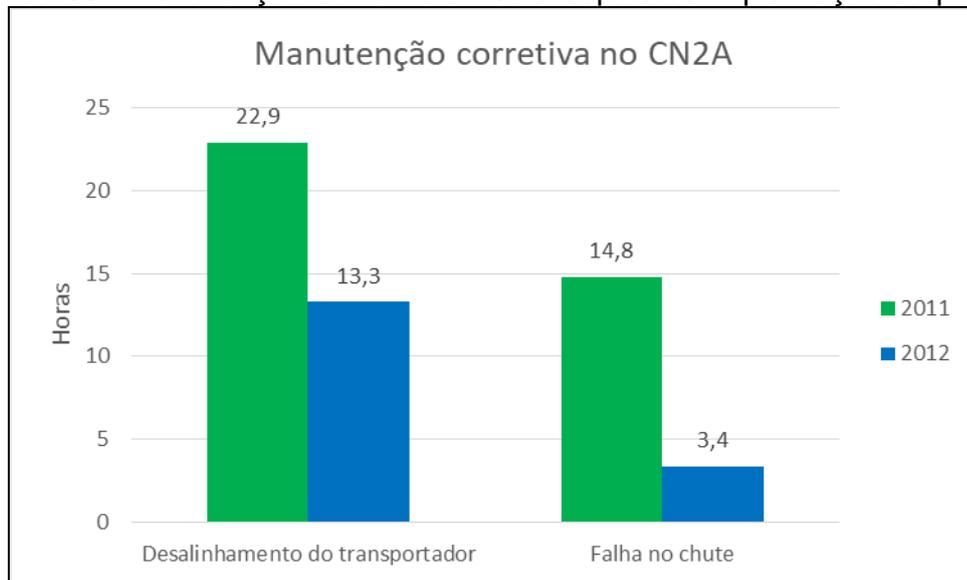
Nota-se no Gráfico 05, que em um período de 6 meses após a implantação do novo projeto, conseguimos reduzir o número de horas de parada por desalinhamento do transportador em 9h36min e problema no chute 11h24min as falhas estão indicadas através setas no gráfico de Pareto. Isso representa um aumento na disponibilidade da linha de aproximadamente 55,7% no item desalinhamento e chute.

Gráfico 05 - Manutenção corretiva CN2A 01/01/2012 à 31/06/2012



Fonte: Empresa x (2011)

Gráfico 06 - Manutenção corretiva antes e depois da implantação do projeto



Fonte: Elaboração própria (2017)

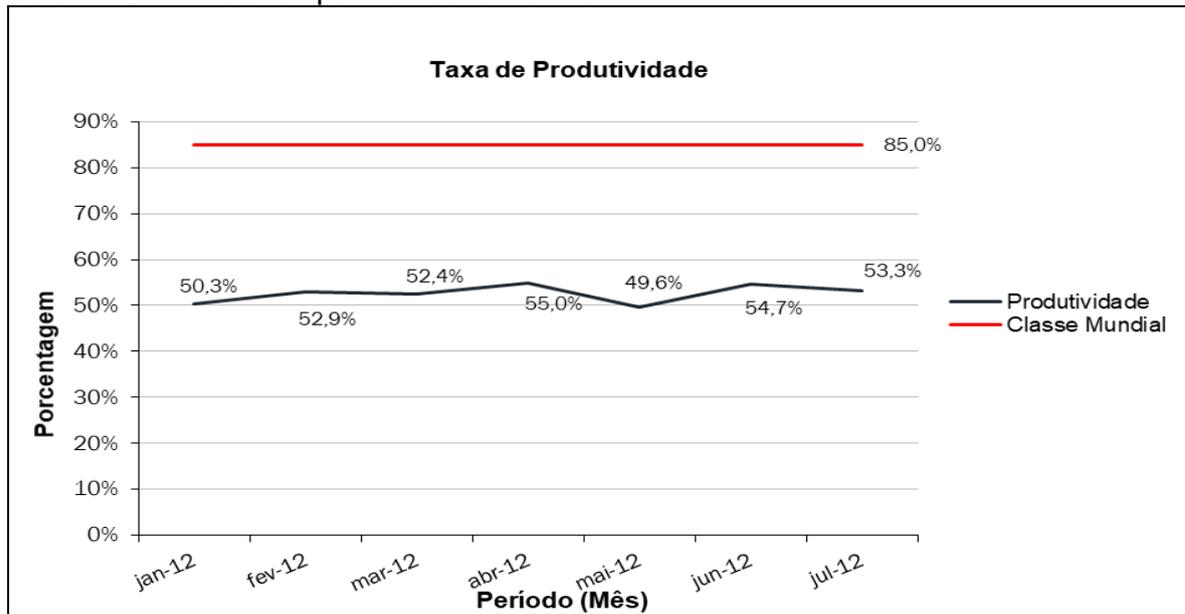
Na comparação da taxa efetiva do píer 01 que antes era de 5914 t/h no ano de 2011, passou para 6332 t/h no ano de 2012, ou seja um ganho de 418 t/h se considerarmos que um ano tem 8760 horas aproximadamente e multiplicarmos pelo valor de toneladas que embarcamos a mais, após o projeto chegamos ao resultado de 3.661.680 toneladas de minério embarcado a mais no Píer 01 pelo CN2A.

Observa-se no Gráfico 06 que houve uma redução de horas na manutenção corretiva, após a implantação do novo modelo de chute se comparado ao modelo anterior.

Nota-se ainda que as taxas de produtividade não tiveram uma evolução satisfatória (Gráfico 07), pois ficou abaixo dos 85% que é a referência para linhas de produção de alta performance.

Observa-se que no período de 2010 (Gráfico 2) que a menor taxa de produtividade foi 32% e a maior 50,4%, logo, houve uma melhora na taxa de produtividade, pois nas medições realizadas no ano de 2012 (Gráfico 7), temos como a menor taxa 49,6% e a maior 55%.

Gráfico 07 – Taxa de produtividade do Píer 1



Fontes: Empresa x (2011)

#### 4.8 PADRONIZAÇÃO.

A última fase do ciclo PDCA, descrita como “Act” tem como característica avaliar relatórios, desenvolver novos planos de ação, caso necessário, corrigir possíveis falhas, além de aumentar os intervalos de tempos entre as manutenções corretivas.

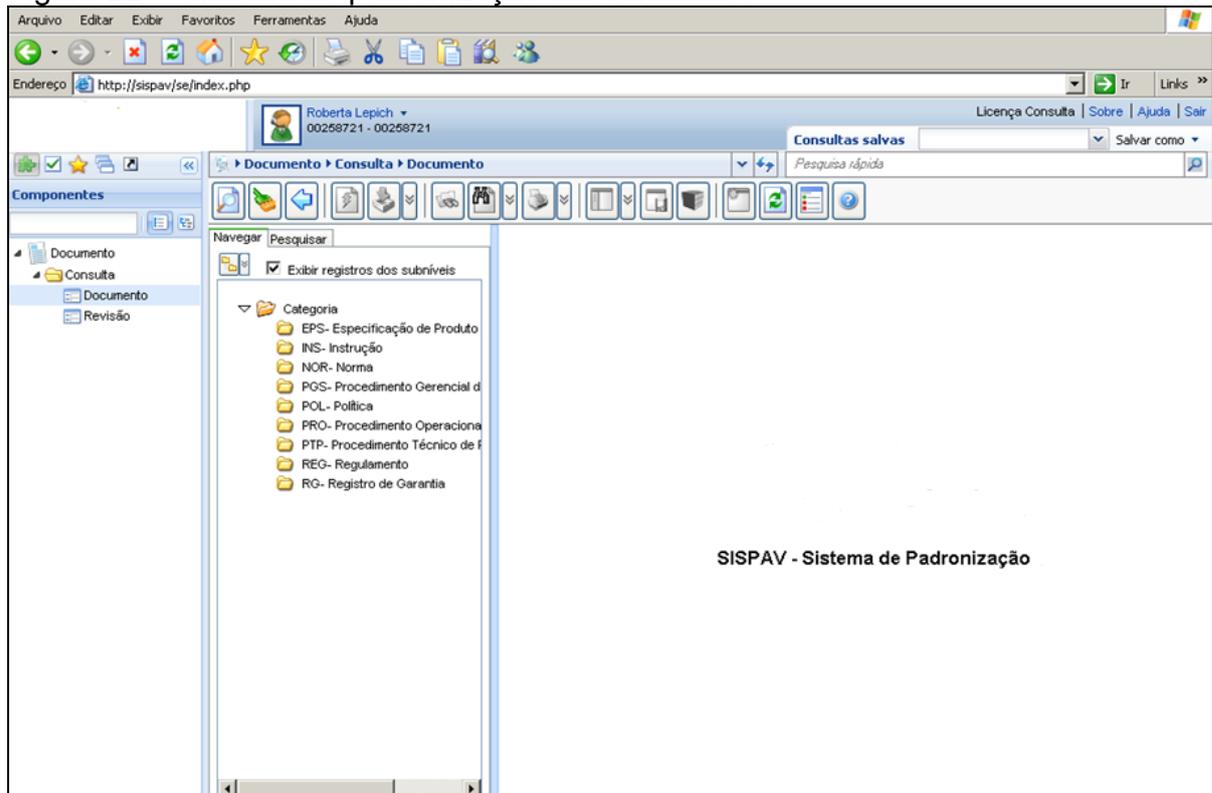
Na empresa X as melhorias devem ser cadastradas na central de boas práticas (Figura 22), onde são submetidas a avaliação de gestores para sua aprovação, após concluir o processo a boa pratica todos empregados podem acessar e verificar se ela se aplica em sua área de trabalho.

Figura 21 – Formulário de cadastro da central de boas práticas

Fonte: Empresa X (2012)

Foi elaborado o PRO-000327 onde descreve de forma padronizada cada passo da atividade e da modificação e instalação do novo projeto de chute, o formulário pode ser encontrado no sistema informatizado (Figura 23) da empresa X e fica disponível para todos os empregados.

Figura 22 – Sistema de padronização das atividades



Fonte: Empresa X (2012)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho contemplou como tema principal a manutenção e sua relação com a produtividade, visando demonstrar as principais práticas adotadas pela indústria, a fim de melhorar os resultados operacionais e atingir níveis de excelência organizacional, para então implementar as mesmas e aumentar a produção da linha do píer 01, uma vez que o setor operava abaixo de sua capacidade nominal, tornando-o menos lucrativo.

O estudo de caso em questão proporcionou compreender melhor o assunto manutenção e foi possível visualizar através do gráfico de Pareto os equipamentos com maior número de paradas não programadas por um determinado período e quais deles limitavam diretamente o embarque de minério de ferro.

Nota-se que a metodologia do PDCA e FTA possibilitou identificar problemas que limitavam a linha de produção. Após essa identificação foi traçado um plano de ação com objetivo de mudar o projeto original da transferência, após implantação do novo projeto a equipe obteve um aumento da produtividade, redução das manutenções corretivas e aumento da taxa efetiva de embarque.

Com relação a disponibilidade da linha, a mesma foi aumentada em aproximadamente 21 horas após a implantação do novo projeto de transferência. Porém, verifica-se que algumas falhas persistiram por causas básicas diferentes das analisadas, mesmo que com um número de horas menor, como por exemplo o número de horas de manutenção por desalinhamento do transportador que foi responsável por aproximadamente 13:18hs.

Considera-se portanto que o objetivo não foi alcançado, pois ainda a equipe não conseguiu atingir a sua taxa de produtividade de 85% da linha de produção, que é uma taxa considerada de classe mundial. Porém houve um aumento na taxa efetiva de 418 t/h, ou seja, após a melhoria o equipamento passou a operar com uma taxa efetiva de 6332 t/h, ou seja, com a implantação do projeto da nova transferência houve uma melhora de produtividade na linha de produção.

Assim foram realizados novos estudos e encontrada possibilidade de melhorias em mais equipamentos que compõem a linha de produção do Píer 01. Então foi dado

continuidade no processo de melhoria continua utilizando a mesma metodologia aplicada no presente trabalho, a fim de atingir a sua plena capacidade de produção.

O próximo estudo concentra-se no alto nível de vibração das estruturas de sustentação dos transportadores, ocasionando a quebra prematura dos rolamentos que são utilizados nos equipamentos da linha de produção do Píer I.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L.; SCHERER, C. **Estudo de Caso da Aplicação do Indicador de Eficiência Global de Equipamentos (OEE) para Diagnóstico e Melhoria de Produtividade em uma Linha de Produção Automotiva**. In: ENEGEP, 29, 2009, Salvador, BA, Brasil, Anais ..., Salvador: BEPRO, 2009.
- ANTUNES, J. et al. **Sistemas de produção: conceitos e práticas para o projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- BRANCO FILHO, G. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, 2008.
- CAMPOS, V. F. **Como definir os seus problemas**. In: Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004.
- CARRIJO, J. R. S.; LIMA, C. R. C. **A implementação do TPM – total productive maintenance nas empresas brasileiras: uma busca pela competitividade**. In: Simpósio de engenharia de produção Bauru, 13. ,2006.
- CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 28º, 2013, Salvador. **A situação da manutenção no Brasil: ABRAMAN - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO**, 2013.
- DAYCHOUW, M. **40 ferramentas e técnicas de gerenciamento**. 3. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2007.
- DAYCHOUW, M. **40 ferramentas e técnicas de gerenciamento**. 3.ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2010.
- ESTEFANO, A. P. **Revisão bibliográfica – metodologias para implantação e desenvolvimento de sistemas de gestão da manutenção: as Melhores Práticas**. Paraná, 2011.
- FOGLIATTO, F.S.; DUARTE, J.L.R. **Confiabilidade e manutenção industrial**. 14 Tiragem. Rio de Janeiro: Elsevier.2009.
- FRREIRA FILHO, Eduardo. et al. **Projeto do produto**. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier 2011.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1996.
- JIPM. Japan Institute of Plant Maintenance Solutions Company Limited. **JIPM-S**.
- JUBINI, G. M. C, et al. **O PDCA como Ferramenta de Apoio à Implementação do Planejamento Estratégico em uma Instituição de Ensino**. Revista Gestão Universitária na América Latina, v. 06 p.68-91, 2013. GUAL.
- LENZI, F. C.; KIESEL, M. D.; ZUCCO, F. D. **Ação empreendedora: como desenvolver e administrar o seu negócio com excelência**. São Paulo: Gente, 2010.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

MARQUES, R. Q.; RIBEIRO, J. L. D. **Criação de um Plano de Manutenção para o Equipamento Torno Descascadeira Utilizando Conceitos de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) e Manutenção Produtiva Total (MPT)**. 2012. Disponível em: <  
<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/65664/000858032.pdf?sequence=1>  
> Acesso em 6 out. 2015.

MARCONI, J. S. **Diagrama ou Grafico de Pareto: Ferramenta da Gestão da Qualidade**. 2016. Disponível em: <  
<https://www.gestaodesegurancaprivada.com.br/diagrama-ou-grafico-de-pareto-conceito/>> Acesso em 24 set. 2017.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed. Atlas: São Paulo. 2007.

MIGUEL, P. A.C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MOELLMANN, A.H. et al. **Aplicação da Teoria das Restrições e do Indicador de Eficiência Global do Equipamento para Melhoria de Produtividade em uma Linha de Fabricação**. Revista Gestão Industrial. v. 2, p. 89-105, 2006.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM, Productivity press**. Cambridge: MA, 1993.

PADRÕES, VALE: PSG-000712 – DIID, **Indicadores operacionais de portos**, 2010. PSG -0002 – GAMNG, **Indicadores de Performance da Manutenção**, 2010.

PALADINI, E. P. et al. **Gestão da Qualidade: Teoria e Prática**. 3 a ed. – São Paulo: Atlas, 2012.

PALMEIRA, J. N.; TENÓRIO, F. G. **Flexibilização organizacional**: aplicação de um modelo de produtividade total. Rio de Janeiro: FGV Eletronorte, 2002.

REIS, L. O. R.; ANDRADE, J. J. O. **Análise de falha e da posição na curva da banheira de moldes empregado em equipamentos de injeção**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29°. 2009, Salvador. Disponível em : < [http://abepro.org.br/biblioteca/enegep2009\\_TN\\_STO\\_092\\_626\\_14075.pdf](http://abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_092_626_14075.pdf)>. Acesso em 15/05/2018.

REVISTA GESTÃO INDUSTRIAL, Paraná, v. 04, n. 2, p. 1-16, 2008. ISSN: 1808-0448.

ROJAS, P. **Introdução à Logística Portuária**. 1 ed. Porto Alegre: Bookman 2014.

SCAPIN, C, A. **Análise de Sistêmica da Falhas**. Nova lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda; 2007

SEBRAE. **Ferramenta 5W2H**. Disponível em: <[http://www.trema.gov.br/qualidade/cursos/5w\\_2h.pdf](http://www.trema.gov.br/qualidade/cursos/5w_2h.pdf)>. Acesso em: 14.nov.2015.

SIQUEIRA, I. P. **Manutenção Centrada na Confiabilidade**: – Manual de Implementação, QualityMark, 2005.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JHONSTON, R.; BETTS, A. **Gerenciamento de operações e de processos**. 2. ed. Rio Grande do Sul: Bookman 2013.

SOUZA, V. M. **Estudo de caso – engenharia de manutenção aplicada ao caso do carregador de navios 04 e análise de eficácia das ações utilizando confiabilidade**. Espírito Santo, 2010.

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. **Manutenção Produtiva Total**. São Paulo. IMAMSP, 1993.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Campus, 2012.

WERKEMA, M. C. C. **As Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processo**. Belo Horizonte. Werkema Editora Ltda, 2006.

XENOS, H. G. P. **Gerenciando a manutenção produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade**. 2. Ed. Nova Lima: Falconi Editora, 2014.

YIN, R. K. **Estudo de Caso – Planejamento e Método**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2001.

ZUASHKIANI, A., RAHMANDAD, H., & Jardine, A. K. **Mapping the dynamics of overall equipment effectiveness to enhance asset management practices**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2011.