

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Programa de Pós-Graduação em Estatística com Ênfase em Indústria e Mercado

Monografia

“AUMENTO DA QUALIDADE DA FROTA DE TRATORES DE ESTEIRA DO
COMPLEXO MINERADOR DE ITABIRA-MG”

Autor: Rodrigo Meneses Oliveira Campos

Orientador: Prof. Roberto da Costa Quinino

Julho/15

Rodrigo Meneses Oliveira Campos

“AUMENTO DA QUALIDADE DA FROTA DE TRATORES DE ESTEIRA DO
COMPLEXO MINERADOR DE ITABIRA-MG”

Monografia para Especialização apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estatística com Ênfase em Indústria e Mercado do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do Grau de Especialista em Estatística

Área de Concentração: Qualidade

Orientador: Prof. Roberto Quinino Costa

Belo Horizonte

Universidade Federal de Minas Gerais

Instituto de Ciências Exatas ICEX

2015

AUMENTO DA QUALIDADE DA FROTA DE TRATORES DE ESTEIRA DO COMPLEXO MINERADOR DE ITABIRA-MG

Rodrigo Meneses Oliveira Campos

rmoc86@gmail.com

Especialização em Estatística – Professor Roberto Quimino

roberto@est.ufmg.br

Resumo

Neste artigo apresenta-se o desenvolvimento da metodologia Seis Sigma para identificar e corrigir os gargalos presentes na manutenção da frota de Tratores de Esteira do Complexo Minerador de Itabira-MG. Com uso de ferramentas estatísticas simples foi possível entender e identificar falhas no processo. Como resultado obteve-se aumento de produtividade e redução de custo na frota de 21 Tratores de Esteiras do Complexo.

Palavras-chave: Trator de Esteira, Manutenção, Metodologia Seis Sigma.

1 - Introdução

A competição entre as empresas tem aumentado no mercado internacional e nacional, o que gera uma busca contínua de operações e processos mais eficientes. Na busca por reduzir o desperdício e ampliar as melhorias de qualidade das organizações, a metodologia gerencial Seis Sigma vem sendo adotada por grandes organizações no mundo todo, e o resultado é a redução cada vez maior de desperdícios.

Acompanhando a tendência da economia global, o ambiente da mineração tornou-se extremamente competitivo nos últimos anos. Diante deste cenário encontra-se a mineração de minério de ferro no Brasil que tem a China como o principal cliente. O grande desafio é colocar o minério Brasileiro do outro lado do mundo a preços competitivos com o minério Australiano que está próximo da China. Assim sendo, a busca por maior produtividade e redução de desperdício é vital para manter o minério de ferro Brasileiro competitivo no mercado internacional. Portanto, haja vista a necessidade constante da mineração em reduzir falhas, à utilização da metodologia Seis Sigma aliada as ferramentas estatísticas para

identificação e entendimento dos pontos vulneráveis de um processo são os fatores motivacionais para realização deste trabalho que busca uma maior qualidade e produtividade na manutenção dos Tratores de Esteira do Complexo Minerador de Itabira-MG.

A produção mundial de minério de ferro é obtida na grande maioria por minas de céu aberto e o restante em minas subterrâneas. O método de lavra depende das características de cada jazida. As operações de lavra em minas a céu aberto compreendem basicamente cinco atividades: perfuração, desmonte, carregamento, transporte e infraestrutura. Dentre elas, a infraestrutura de mina é uma das mais críticas, pois a falta de infraestrutura em uma mina pode levar ao não cumprimento do plano de lavra e conseqüentemente gerar desperdícios e perda de produtividade para a produção.

O complexo minerador de Itabira-MG que faz parte da Diretoria de Ferrosos Sudeste da Vale S.A produz cerca de 33 Milhões de Toneladas de Minério de Ferro. Um dos principais gargalos do complexo em 2012 era o atraso dos serviços de infraestrutura de mina devido a baixa confiabilidade da frota de tratores de esteira.

Possivelmente o equipamento de infraestrutura mais versátil que existe voltado à movimentação de terra em curta distância é o Trator de Esteiras. A frota de tratores do complexo de Itabira é composta por 21 equipamentos que possui potência no entorno dos 300 a 540 HP, pesando cerca de 40 a 50 toneladas. Estas máquinas podem operar com diferentes velocidades, tanto a vante quanto a ré, até aproximadamente 13 km/h. Qualquer que seja o trator selecionado, os três principais fatores que afetam o seu desempenho são: sua potência, peso e velocidade. Na maior parte dos trabalhos o Trator de Esteira é implementado com uma lâmina acionada por pistões hidráulicos, transformando-se numa unidade capaz de escavar e transportar terra que recebe a designação de bulldozer. Algumas vezes este equipamento é implementado com escarificadores capazes de desagregar materiais mais duros.

Diante desta problemática, este artigo tem como o objetivo mostrar o desenvolvimento da metodologia Seis Sigma na manutenção da frota de Tratores de Esteira do complexo minerador de Itabira-MG entre os meses de Jul/2012 à Jul/2013, com a missão de aumentar a confiabilidade dos Tratores e evitar um possível gargalo no processo. Este artigo está dividido em quatro partes, na introdução é apresentado a formulação do problema e a justificativa para realização do trabalho. Na segunda parte é apresentado o desenvolvimento da metodologia

Seis Sigmas. Na terceira parte são relatados os resultados obtidos com o trabalho. E por fim, é apresentada a conclusão e recomendações.

2 - Métodos

Nesta sessão é apresentado o desenvolvimento da metodologia Seis Sigma para aumentar a confiabilidade da manutenção da frota de Tratores de Esteira do Complexo de Itabira-MG. O indicador de confiabilidade utilizado será o MTBF (Mean Time Between Failures). Os dados de quantidade de paradas dos equipamentos, Horas trabalhadas, Disponibilidade Física (DF) e MTBF foram retirados do Sistema Despacho Online, este é responsável por controlar a operação de Mina no Complexo de Itabira. A definição do motivo que levou o equipamento parar em manutenção foi extratificado através do sistema de manutenção Maximo, onde a falha do equipamento foi extratificada em dois níveis, sistema e conjunto.

2.1 – Estabelecimento da Meta Geral

A meta do projeto consistiu em aumentar a confiabilidade da frota de Tratores de Esteira em 67,6% saindo de 21,75 horas para 36,45 horas.

Sendo que o MTBF é calculado conforme equação 1 e que as horas trabalhadas permanecem constantes, esta meta em aumentar a confiabilidade da frota em 67,6% significa sair de uma média de 229 paradas não programadas mensais para 187 paradas, uma redução média de 76 paradas não programadas.

A meta foi traçada conforme a equação 2, onde os dados de MTBF dos últimos 18 meses (Jan/2011 à Jun/2012) foram utilizados como referência.

$$MTBF = \frac{HT}{NumNP}$$

Equação (1)

MTBF – Tempo Médio entre Falhas (Mean Time Between Failures)

HT – Horas Trabalhadas da Frota de Tratores de Esteira

NumNP – Numero de Paradas não Programadas

$$\text{Meta} = 50\% * \Delta + \text{Patamar Atual}$$

Equação (2)

Δ - Diferença entre o melhor resultado de MTBF pelo o pior resultado no período de Jan/2011 à Jun/2012.

Patamar Atual – MTBF praticado em Jun/2012 (21,75 horas)

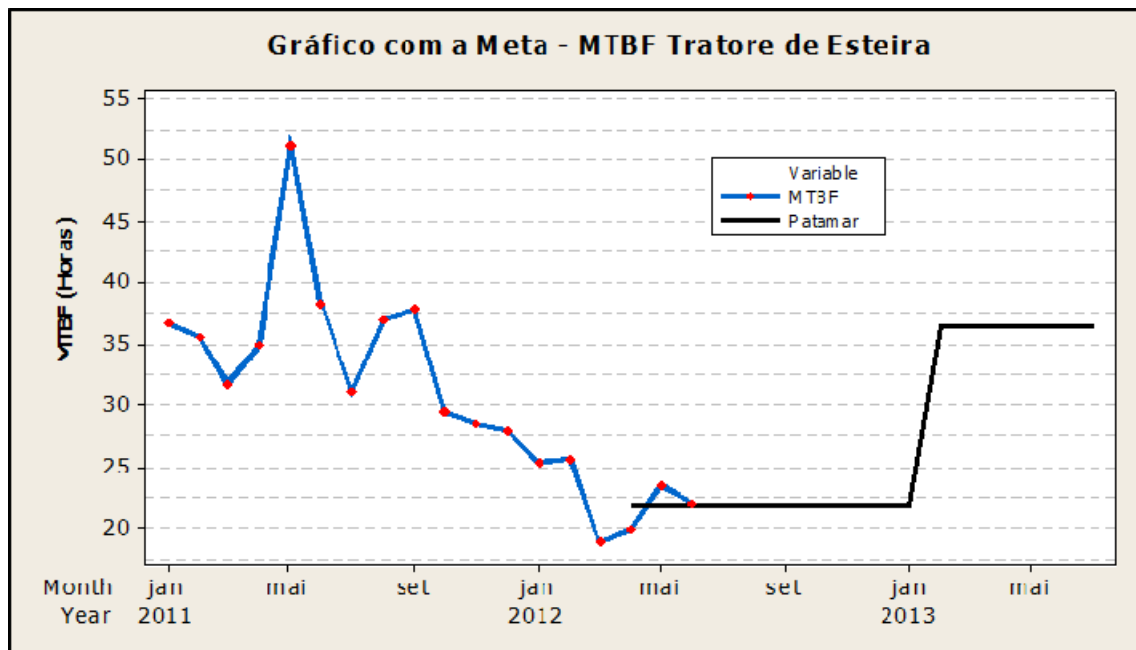


Figura 1 – Estabelecimento da Meta Geral

2.2 – Análise do Fenômeno

Para extratificar as paradas não programadas dos Tratores de Esteira foram utilizados dois bancos de dados e feito um extratificação em três níveis. Através do banco de dados do Despacho Online foi levantado o número de ocorrências não programadas de manutenção (NumNP) e conseqüentemente a quantidade de paradas de cada modelo na frota de Tratores. Com o banco de dados do Sistema de Manutenção Maximo foi extratificado em qual parte do equipamento ocorreu à falha não programada. Com a figura 2 é possível compreender melhor os três níveis de extratificação realizado.

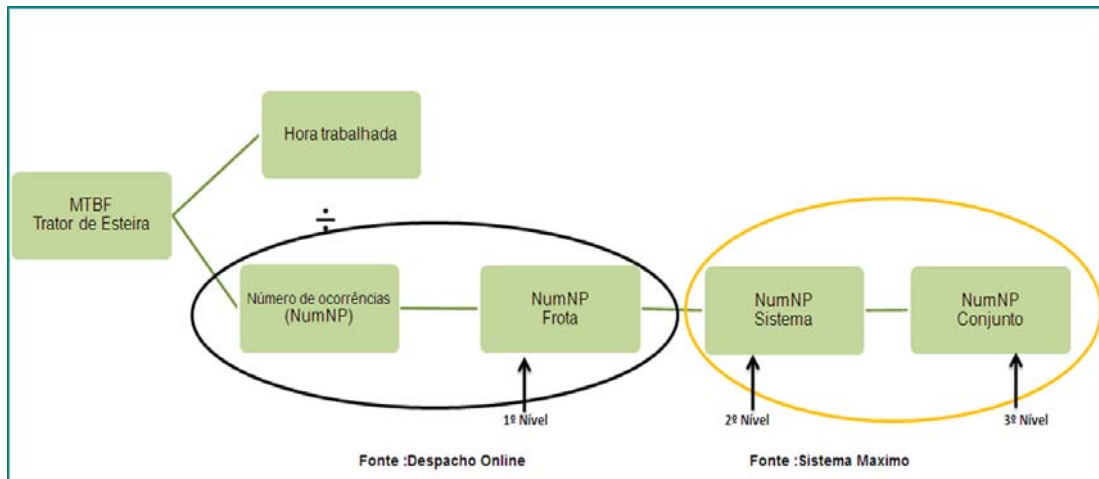


Figura 2 – Extratificação do Problema

Com objetivo de identificar os modelos, sistemas e conjuntos com maior número de ocorrências de paradas não programadas dentro da frota de Tratores de Esteira, foram plotados 36 gráficos de pareto e 36 gráficos sequenciais para verificar o comportamento das falhas ao longo do tempo. A figura 3 exemplifica o gráfico de pareto e sequencial gerados para a extratificação de quantidades de parada não programada por modelo de Tratores de Esteira.

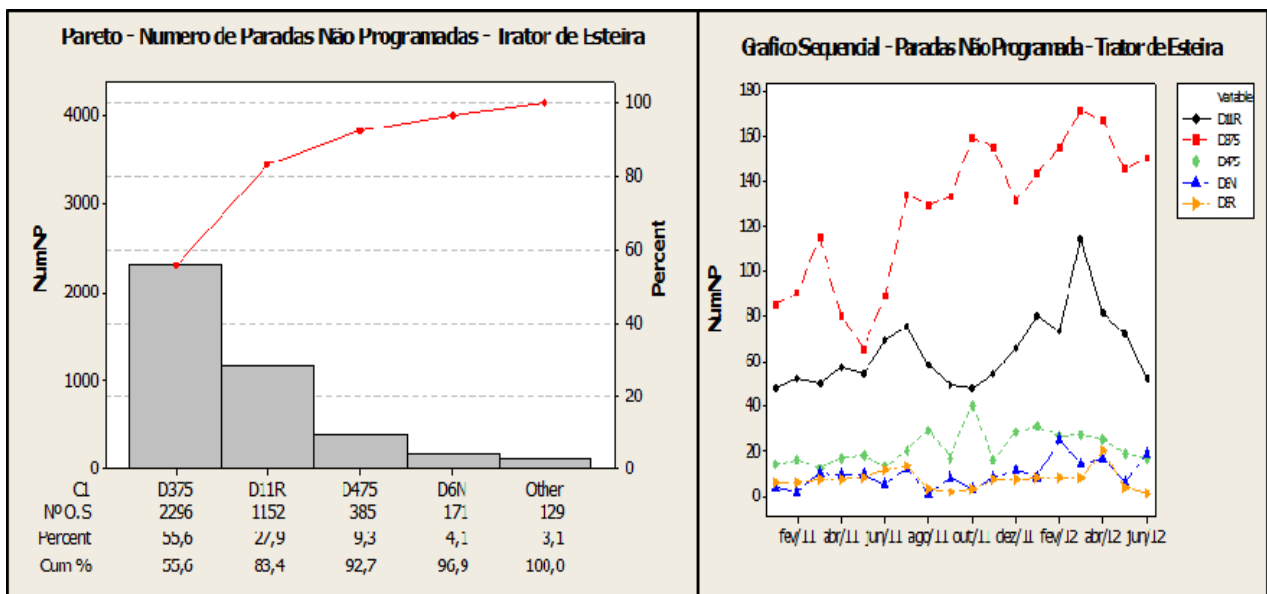


Figura 3 – Gráfico de Pareto & Sequencial

Proseguindo com análise do fenômeno foi criada uma diagrama de árvore, onde foi selecionado conforme Tabela 1, os 15 sistemas dos 5 modelos de Tratores existentes na frota. Estes sistemas representam 80,6% das ocorrências de manutenção não programadas no período de janeiro/2011 à Junho/2012.

Modelo	Sistema
D375 Komatsu	Elétrico
	Motor de Combustão
	Estrutura
	Hidráulico
	Ar Condicionado
D11R CAT	Motor de Combustão
	Elétrico
	Estrutura
	Hidráulico
D475 Komatsu	Elétrico
	Motor de Combustão
	Ar Condicionado
D6N CAT	Elétrico
D8R CAT	Elétrico

Tabela 1 – Sistemas Selecionados no Diagrama de Árvore

Foi realizado teste de normalidade para a quantidade de falhas obtidas nos últimos 18 meses para todos os sistemas selecionados. Sendo que todos os sistemas apresentavam distribuição normal foram construídos 30 cartas de controle P, duas para cada sistema.

O objetivo das cartas de controle era monitorar o desempenho de cada sistema nos últimos 18 meses, verificar se o processo de falhas era previsível, ou seja, se estava sob controle estatístico e identificar causas especiais. A segunda carta gerada para cada sistema era referente ao comportamento do processo excluindo as causas especiais identificadas.

Analisando as 18 cartas de controle, foi constatado que o processo estava sob controle estatístico sendo poucos os casos de causas especiais. Desta forma, o maior desafio do trabalho foi em trabalhar em causa sistêmicas reduzindo a taxa média de falhas.

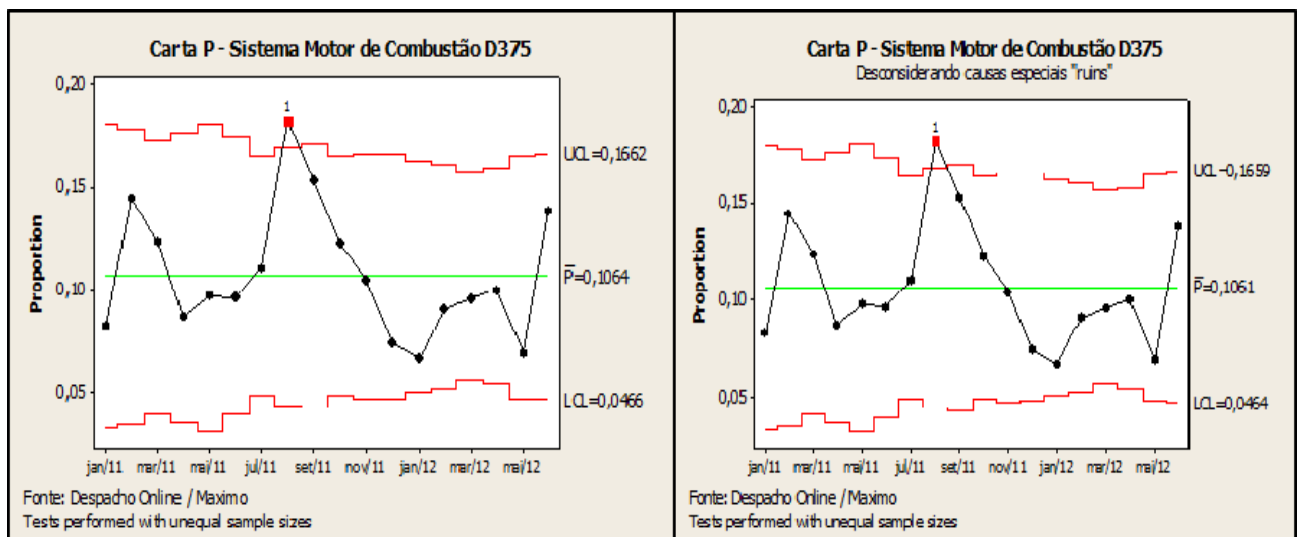


Figura 4 – Cartas de Controle P

2.3 – Análise do Processo

Para identificação das causas potenciais das paradas não programadas foram realizadas 8 FTAs (Failure Tree Analysis). Participaram das FTA's uma equipe de manutenção muito experiente, esta equipe era composta por 2 Inspectores, 1 Planejador de manutenção, 4 Técnicos em manutenção e 1 Engenheiro de Manutenção. Mesmo sabendo que foram selecionados 15 sistemas que representavam 80,6% das falhas ocorridas nos últimos 18 meses a equipe responsável pela realização das FTA's optou por realizar 8 FTA's por considerar que algumas FTA's mesmo tratando-se de modelos de Tratores diferentes seriam semelhantes. As causas potenciais indicadas nas FTA's foram classificadas entre críticas/ não críticas,

controladas/não controladas. Também é importante ressaltar que o desenvolvimento das FTA's foi embasado no manual de manutenção e recomendações dos fabricantes de Tratores.

A figura 5 explica o desenvolvimento de uma FTA para o sistema Motor Diesel da frota de Tratores Komatsu modelo D375A5.

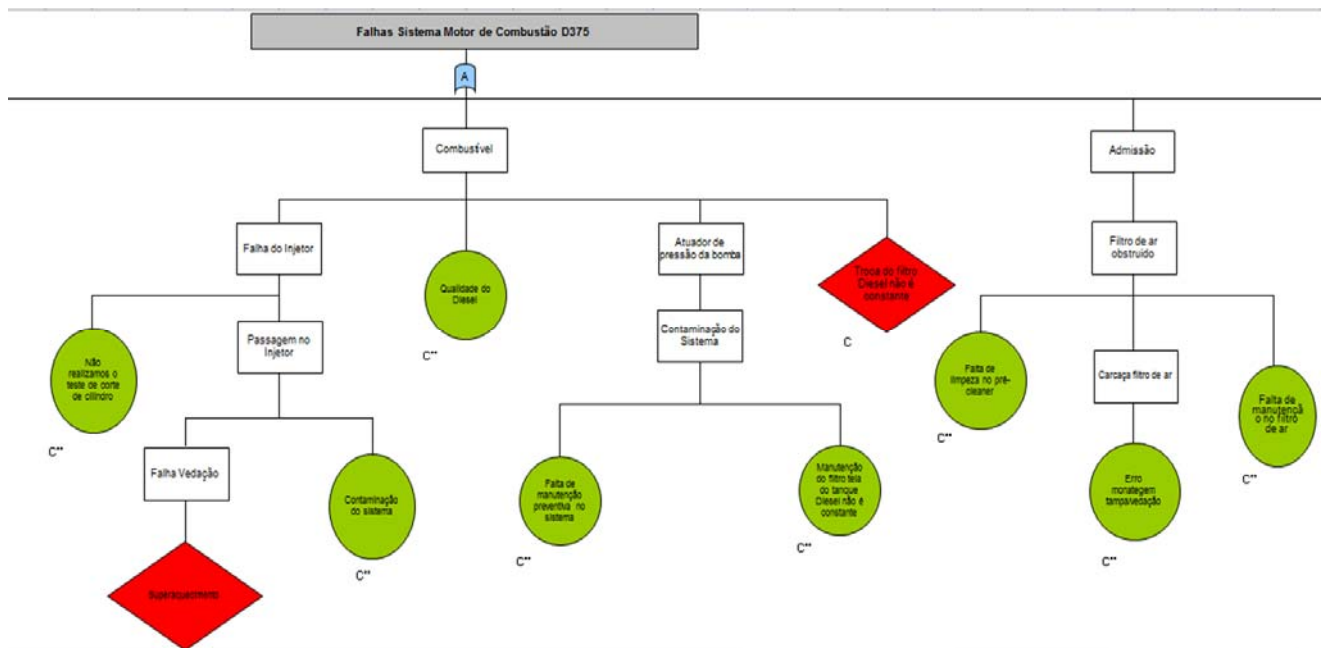


Figura 5 – FTA – Motor Diesel Trator D375A5 Komatsu

Foi elaborado uma lista de possíveis soluções para cada causa potencial levantada nas 8 FTA's, estas possíveis soluções foram priorizadas conforme relevância, menor complexidade e menor tempo de resolução. Diante desta priorização foi elaborado um plano de ação com 31 ações distribuídas entre 12 pessoas com o objetivo de eliminar as causas potenciais de paradas não programadas e assim reduzir numero de manutenções da frota de Tratores de Esteira e consequentemente aumentar o MTBF da frota.

3 - Resultados

3.1 – Verificação do Alcance da Meta Global

O projeto atrasou 2 meses devido o atraso na compra de algumas ferramentas necessárias para melhorar as manutenções preventivas e a necessidade de mudar a estratégia de planejamento e programação de manutenção adotada a fim de aumentar o numero de manutenções preventivas na frota. Assim sendo, o período de verificação dos resultados passou para Maio/2013 à Julho/2013.

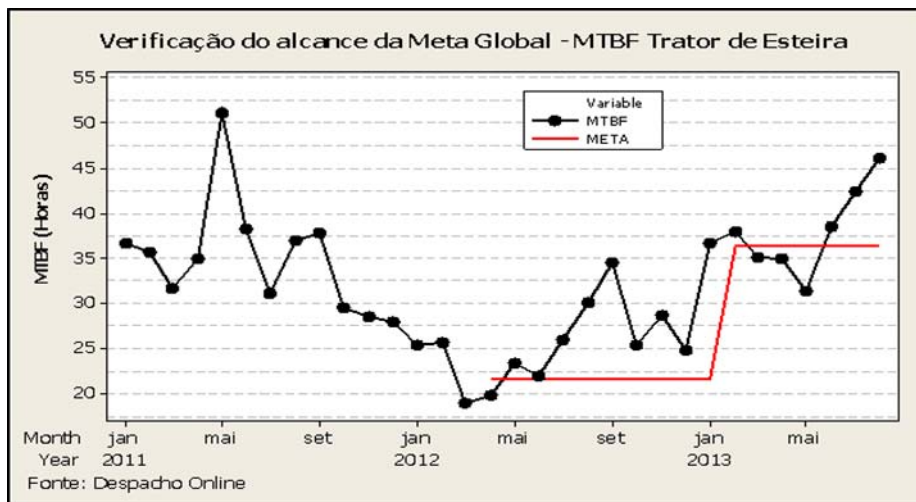


Figura 6 – Verificação do Alcance da Meta Global – MTBF Trator de Esteira

A Figura 6 apresenta o MTBF do período utilizado para análise (Jan/2011 à Jun/2012), o MTBF durante o desenvolvimento do projeto Seis Sigma (Jul/2012 à Abr/2013) e o MTBF atingido durante o período de verificações do projeto (Mai/2013 à Jul/2013). O MTBF médio atingido no período de verificação foi de 38,44 horas, assim sendo o projeto superou sua meta global que era de aumentar a confiabilidade da frota em 67,6% (MTBF 36,45 horas), a confiabilidade da frota de Tratores de Esteira aumentou 76,1%, o número médio de paradas não programadas passou de 229 para 194 por mês, redução média de 69 paradas. Com tudo, reduzindo as intervenções de manutenção não programadas, a operação dos Tratores de Esteira passou a ser mais eficiente e as horas utilizadas de Tratores (HT) passaram de 5.723 horas mensais para 7182 horas.

3.2 – Análise de Capacidade do Processo

Com a realização do projeto Seis Sigma, houve uma redução de 12% das paradas não programadas fora do limite proposto pelo projeto (187 NumNP mensais). Conforme teste de hipótese presente na figura 7, podemos afirmar que estatisticamente a média de paradas e a variabilidade do processo foram reduzidas.

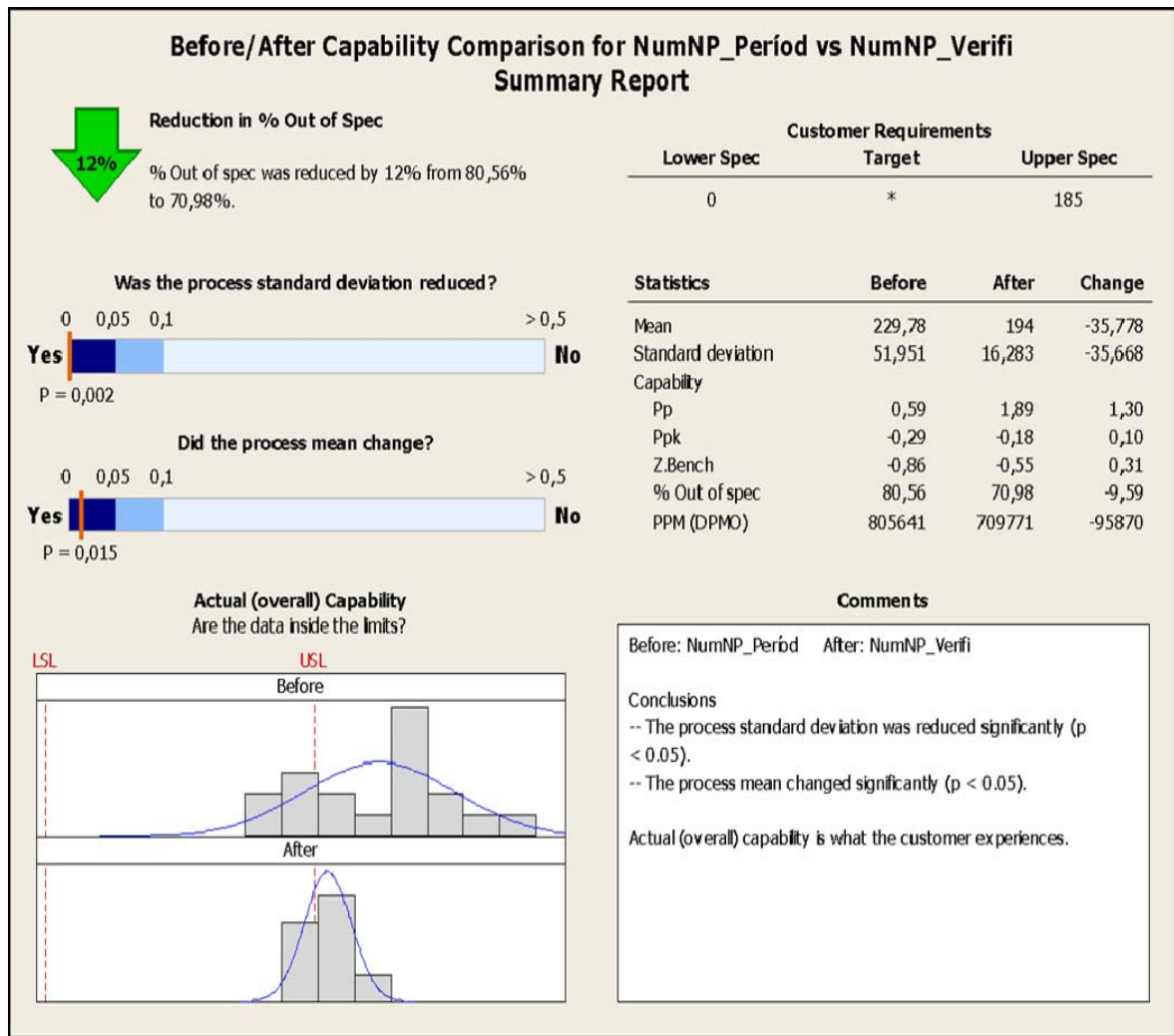


Figura 7 – Verificação da redução da média e variabilidade do processo

Portanto, a média de paradas não programadas saiu de 229 para 194 paradas e a variabilidade do processo passou de 51,95 para 16,28.

3.3 – Ganhos do Projeto

Devido a maior confiabilidade da frota a disponibilidade física (DF), indicador que mede o percentual de horas disponibilizada pela manutenção para operação dos Tratores teve um aumento médio de 11%.

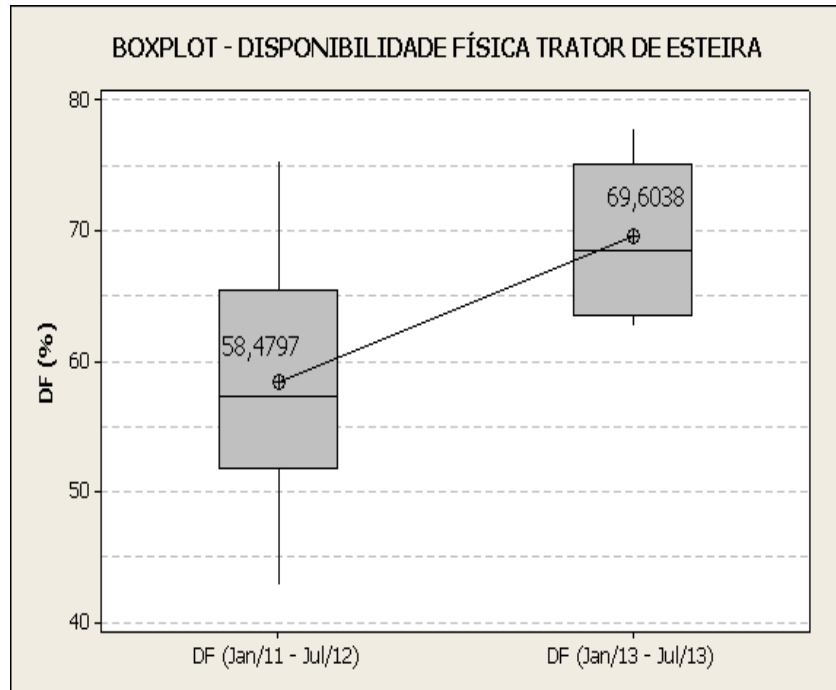


Figura 8 – Boxplot – Disponibilidade Física Trator de Esteira

Com o aumento da DF e o aumento de produtividade obtido pela operação devido à redução das paradas não programadas as horas disponíveis mensais de Tratores de Esteira aumentaram em média 1097 horas

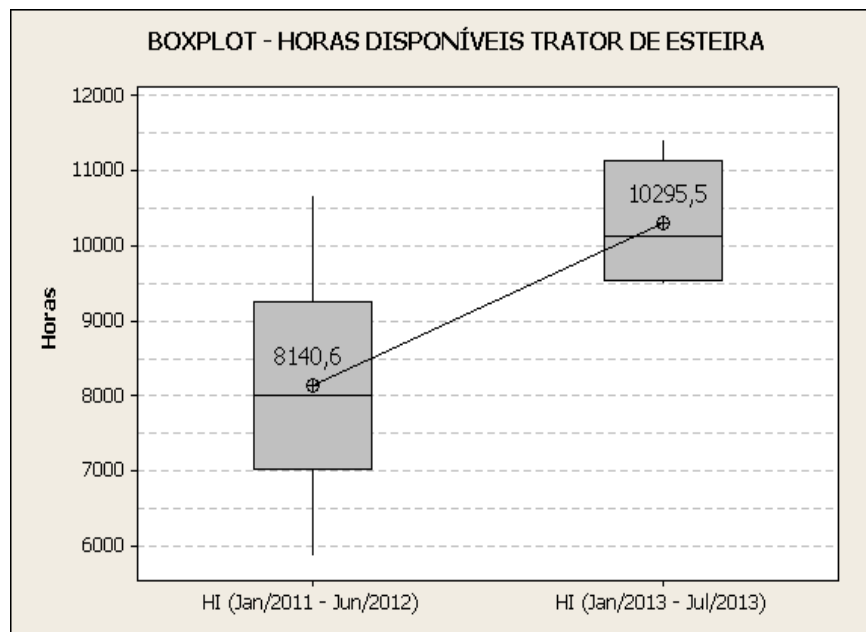


Figura 9 – Boxplot – Horas Mensais Disponíveis de Física Trator de Esteira

Como a confiabilidade da frota de Tratores estava muito baixa e os serviços de infraestrutura de mina tornaram-se críticos para operação das minas do complexo de Itabira-MG, durante o desenvolvimento do projeto foi feito o acréscimo de 2 Tratores na frota, com o objetivo de garantir horas de Tratores suficientes para realização de todos os serviços de mina. Portanto, o aumento médio de 2155 horas disponíveis visto na figura 9, foi em função das 1097 horas graças a maior confiabilidade da frota e 1058 horas referente ao acréscimo de 2 Tratores novos na frota. Com tudo o aumento de horas disponíveis foi maior do que a necessidade e capacidade da operação de Mina do Complexo de Itabira, assim sendo o Trator TE2303 modelo Komatsu D475 que era um Trator crítico quando a componentes reservas e custo de manutenção foi disponibilizado para outra Mina da Vale, desta forma houve uma economia nos custos de manutenção validados pela gestão econômica do Complexo de R\$ 954.800,00 entre os meses de ago/2013 à Dez/2013. Esta redução não afetou a confiabilidade da frota e os serviços de Mina. Além do mais, o projeto possibilitou a redução de mais 3 Tratores no orçamento de operação de 2014.

4 - Considerações Finais

Segundo MONTGOMERY (2002) qualidade ou adequação ao uso é determinada por meio da iteração de qualidade de projeto e qualidade de conformidade. Por qualidade de projeto, queremos dizer os diferentes graus ou níveis de desempenho, de confiabilidade, de serviço e de função que são resultado de decisões deliberadas de engenharia e de gerência. Por qualidade de conformidade, queremos dizer redução sistemática de variabilidade e a eliminação de defeitos até que cada unidade produzida seja idêntica e livre de defeito.

A realização deste projeto Seis Sigmas buscou deslocar a média de paradas não programadas através de mudanças de padrões de qualidade de manutenção que aconteceram por meio de decisões gerenciais e a redução da variabilidade de falhas que foi atingido através da padronização das atividades de manutenção. A dedicação e comprometimento de cada membro da equipe de manutenção no intuito de executar cada tarefa sempre de maneira correta, com conhecimento e entendimento dos detalhes necessários para manter a frota de Tratores de Esteira é a base para o aumento da produtividade da manutenção através da redução de falhas. Percebe-se também que a participação dos líderes é fundamental para garantir o sucesso da disciplina operacional e transformar a cultura da organização buscando a constante execução das atividades de forma correta.

Bibliografia Consultada

MONTGOMERY, Douglas C.,1943 - **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. Tradução e revisão técnica Verônica Calado. Rio de Janeiro,LTC,2012.

NUNES, Camila da Cunha. **Aplicação da Metodologia Seis Sigma no processo de atendimento ao cliente em caixas do Banco Itau S/A**. Porto Alegre,2009.

PANAZZO, Regina. **Um Ferramenta em Busca do Defeito Zero**.São Paulo,2009.

ABNT NBR 6023:2002 – Informação e documentação – Referências – Apresentação.

PÁDUA, E. M. M. de. **Metodologia científica**: abordagem teórico-prática. 10 ed. ver. atual. Campinas, SP: Papyrus, 2004.