

# OTIMIZAÇÃO DOS TEMPOS MTBF E MTTR UTILIZANDO A METODOLOGIA 6 SIGMA NOS EQUIPAMENTOS DA BRASMETAL WAEZHZOLZ <sup>1</sup>

Fernando Ferreira de Sousa<sup>2</sup>  
Jordão Moura Ferreira<sup>3</sup>

## Resumo

O trabalho analisa o estudo de caso sobre uma abordagem de otimização do MTBF e MTTR utilizando a metodologia Seis Sigma no atual sistema de gerenciamento da manutenção da Brasmetal Waelzholz S/A Indústria e Comércio, empresa que atua no ramo de relaminação de aço e que possui, entre outros processos, decapagem, laminação a frio, tratamento térmico e revestimento superficial. O levantamento de dados foi feito através do sistema existente de histórico de manutenção de uma Linha de Decapagem Contínua tipo *Push-Pull*. A partir dos resultados obtidos através da metodologia aplicada, pode-se avaliar a eficiência dos planos de manutenção existentes na empresa e dos investimentos que estavam em fase de implantação, com isso, algumas sugestões de melhorias foram implantadas.

**Palavras-chave:** Otimização; Manutenção; Seis Sigma.

## IMPROVEMENT OF TIMES MTBF E MTTR USING TOOLS SIX SIGMA IN THE EQUIPEMENT OF BRASMETAL WAEZHZOLZ

## Abstract

The paper analyzes the case study on a boarding of improvement of MTBF and MTTR using the methodology Six Sigma in the current system of management of the maintenance of the Brasmetal Waelzholz S/A Industria e Comércio, This company act in the branch of cold rolling of steel and have among others processes, pickling, rolling cold, thermal treatment and superficial covering. Collected data were made based made through the existing system of description of maintenance of one equipment: Line of Continuous Pickling Push-Pull type. The results gotten through the applied methodology, the efficiency of the existing target of maintenance in the company and of the investments that were in implantation phase, with this, some suggestions of improvements had been implanted.

**Key words:** MTBF, MTTR, Maintenance, Six Sigma.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 46º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 27 a 30 de outubro de 2009, Santos, SP.*

<sup>2</sup> *Engenheiro Mecânico, Técnico de Manutenção Mecânica (Brasmetal Waelzholz).*

<sup>3</sup> *Técnico em Mecânica, estudante de Engenharia de Produção industrial e Analista Qualidade (Brasmetal Waelzholz).*

# 1 INTRODUÇÃO

Em meados da década de 1980, a Motorola decidiu levar a questão da qualidade a sério. Ficando para trás em relação aos concorrentes estrangeiros que conseguiam vender produtos de melhor qualidade e custos inferiores. Nessa época, a Motorola destinava cerca de 5% a 10% dos investimentos - às vezes até 20% - para corrigir defeitos em seus produtos, o que equivalia cerca de US\$ 900 milhões por ano. Desenvolver o 6-Sigma era então uma questão de sobrevivência.

Ao passar o controle de uma fábrica da Motorola que produzia televisores nos Estados Unidos para uma empresa japonesa, com a mesma força de trabalho, mesma tecnologia e os mesmos projetos, a fábrica logo iniciou a produção de televisores com um vigésimo do número de defeitos da época em que era gerenciada pela Motorola. A partir disso ficou claro que o problema era o gerenciamento em si. O presidente da empresa na época encaminhou a companhia para o 6-Sigma e tornou-se um ícone na área empresarial, em grande parte devido ao que realizou em qualidade na Motorola.

Alguns anos mais tarde, em 1996, a empresa norte americana General Electric (GE) propôs a si mesma o desafio de atingir o nível de qualidade 6-Sigma em todos os seus processos: do projeto à fabricação, prolongando-se até os serviços. Começava a nascer então o caso mais famoso de aplicação sistemática e bem sucedida da ferramenta 6-Sigma, sendo até hoje considerado modelo a ser seguido por todos. Sob a liderança de seu presidente Jack Welch, os resultados foram tão rápidos quanto surpreendentes.

Sem sombra de dúvidas essa experiência foi importante não só para a GE, mas também para o futuro do 6-Sigma no universo empresarial, uma vez que a ferramenta se enriqueceu com as contribuições de Welch e de seu pessoal da GE. Porém, é importante citarmos que o destino do 6-Sigma implantado na GE teria sido outro se não fosse o apoio incondicional do então presidente executivo da empresa Jack Welch.

Diferentemente do que se acredita, o 6-Sigma não se ocupa da qualidade no sentido tradicional, ou seja, a conformidade com as normas e requisitos internos. Na verdade, o programa redefine qualidade como o valor agregado por um esforço produtivo e busca que a empresa alcance seus objetivos estratégicos. Cada vez que acontece um erro, a empresa gasta tempo e dinheiro para corrigí-lo. Isso quer dizer que, ao projetar e fabricar produtos quase sem defeitos, ou a prevenir a possibilidade de erros, ela está contendo gastos.

Conforme definido na apostila do Curso Green Belt.<sup>(1)</sup> Definindo em poucas palavras, o 6-Sigma consiste na aplicação de métodos estatísticos a processo empresariais, orientada pela meta de eliminar defeitos. A maioria das empresas opera no nível 3-Sigma, o que equivale a 35 mil defeitos por milhão de oportunidades de haver defeitos. O nível 6-Sigma gera apenas 3,4 defeitos por milhão.

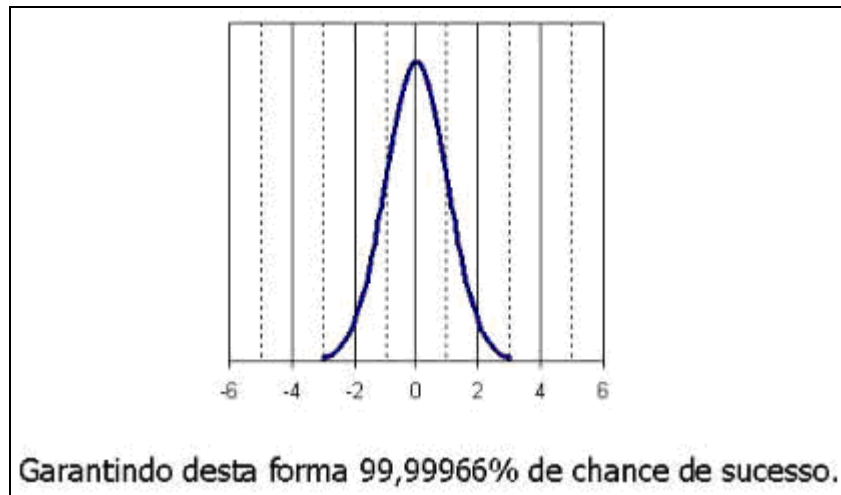


Figura 1. Histograma Seis Sigma.<sup>(1)</sup>

O sistema 6-Sigma se concentra na melhoria da qualidade (por exemplo, redução do desperdício) ao ajudar as organizações a produzir de forma melhor, mais rápida e mais econômica. Em termos tradicionais, o 6-Sigma focaliza a prevenção de defeitos, a redução dos tempos de ciclo e a economia de custos.

Ao contrário dos cortes de custos descuidados, que reduzem valor e qualidade, o 6-Sigma identifica e elimina custos do desperdício, ou seja, que não agregam valor aos clientes. Em geral, esses custos são extremamente elevados em empresas que não o utilizam. Empresas que operam em níveis 3-Sigma ou 4-Sigma geralmente gastam entre 25% e 40% de suas receitas para reparar ou resolver problemas. Isso é conhecido como o custo da qualidade ou, mais precisamente, o custo da má qualidade. Empresas que operam em 6-Sigma geralmente gastam menos de 5% de suas receitas para consertar problemas. O custo em dólares dessa diferença pode ser enorme.

### 1.1 Objetivo

Esse trabalho tem o objetivo de utilizar a metodologia Seis Sigma aplicando o estudando em uma Linha de Decapagem Contínua tipo *Push-Pull*:

- aumentar o tempo médio entre falhas – MTBF;
- reduzir o tempo médio de reparo – MTTR;
- aumentar o tempo disponível para produção; e
- reduzir custos de manutenção.

Por se tratar de um trabalho de conclusão de curso do Seis Sigma que foi ministrado na empresa, optou-se em se fazer o estudo, como citado acima, em função da disponibilidade de um banco de dados e histórico de manutenção confiáveis, além do que existia a possibilidade de implementação de melhorias.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi empregado o método de estudo de caso, no qual se utilizaram levantamentos através de histórico de manutenção existente das máquinas acima citadas. A coleta das informações inicializou-se via sistema de um determinado período escolhido.<sup>(2,3)</sup>

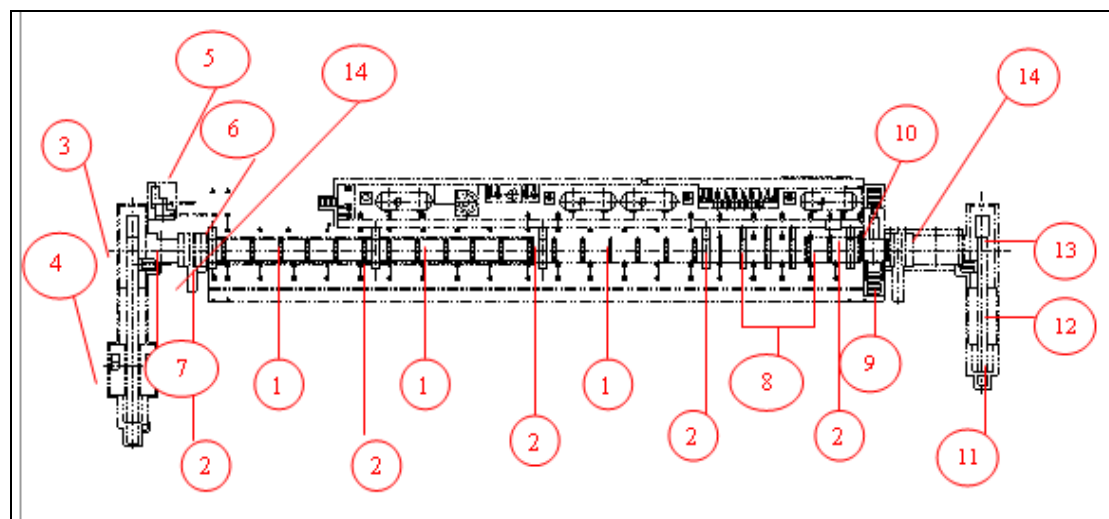
A tratativa e análise de dados consistiram nas seguintes etapas:

- coleta de dados do histórico de manutenção existente referente à máquina escolhida para o estudo;
- avaliação da viabilidade de utilização de técnicas aplicadas na metodologia Seis sigma;
- aplicação da metodologia Seis Sigma utilizando as ferramentas necessárias para o estudo de caso como ferramentas de confiabilidade: Estimador Kaplan Meyer, ID Plot para confiabilidade, teste log-rank etc; e
- gráfico de Pareto – Organização das falhas de modo a determinar as prioridades para o estudo, diagrama de causa e efeito.

Um trabalho de melhoria iniciou-se com a utilização das ferramentas acima citadas, em busca dos melhores índices de MTBF e MTTR e dos pontos mais críticos de falhas nos equipamentos. Dentre as etapas para se iniciar um trabalho de melhoria, o planejamento do estudo a ser feito é de grande importância, além do planejamento, torna-se fundamental o levantamento de dados para a avaliação técnica preliminar, ou seja, analisar os *lay-out* disponíveis da máquina e o histórico de manutenção existente da mesma.<sup>(2,3)</sup>

Obviamente, seria difícil contemplar neste estudo o detalhamento de todo o estudo que foi realizado em cada equipamento. Contudo, devido à sua importância para o sucesso do trabalho, vamos detalhar o que foi feito para a linha de decapagem.<sup>(2)</sup> O estudo feito nos laminadores<sup>(3)</sup> mostraremos em outra oportunidade. Dessa forma poderemos mostrar as ferramentas estatísticas utilizadas e a forma de planejamento e organização dos dados.

O primeiro passo do estudo foi organizar os dados obtidos na fase de coleta, dividindo a máquina em grupo de componentes. Nessa fase cada grupo de componente teve mapeado o seu histórico de manutenção, sendo apresentado o tipo da falha, frequência da falha, intervalo entre as falhas e tempo de reparo, dando origem a uma matriz de priorização de componente. Conforme figura e tabela abaixo.



**Legenda**

- |                         |                                 |
|-------------------------|---------------------------------|
| 1 - Tanques HCL         | 8 - Tanques Spray 1,2           |
| 2 - Pinch Rolls         | 9 - Tanque de Neutralização     |
| 3 - Desenrolador        | 10 - Estufa                     |
| 4 - Carro Transportador | 11 - Enrolador                  |
| 5 - Unidade Hidráulica  | 12 - Cinzel de Saída            |
| 6 - Guia de entrada     | 13 - Conj. Frenagem             |
| 7 - Endireitadeira      | 14 - Guilhotina Entrada e Saída |

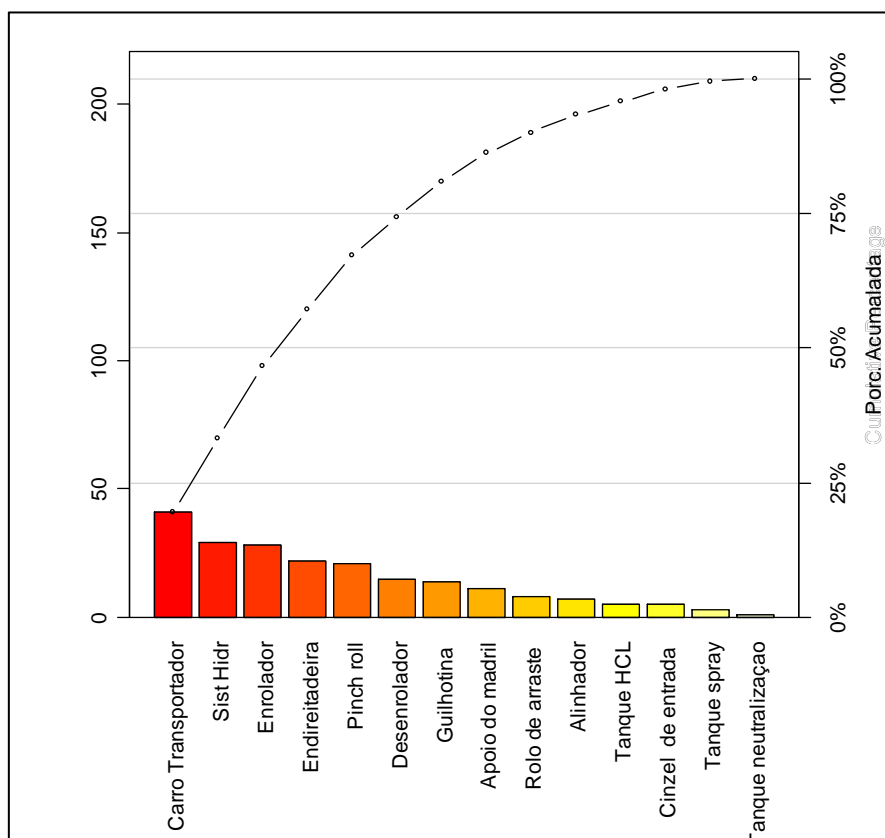
**Figura 1.** Linha decapagem dividida em grupos de componentes.<sup>(2)</sup>

Organizando os dados em uma matriz de priorização, foi feito um estudo das principais falhas emergenciais da linha de decapagem, dividindo-a em grupos de componentes. Conforme mostra Tabela 1.

**Tabela 1.** Matriz de priorização do tempo entre falhas x tempo de reparo por componente<sup>(2)</sup>

Componente	Porcentagem	Porc. Acumulada
<b>Carro Transportador</b>	<b>19,52%</b>	<b>19,52%</b>
Sist Hidr	13,81%	33,33%
Enrolador	13,33%	46,67%
Endireitadeira	10,48%	57,14%
Pinch roll	10,00%	67,14%
Desenrolador	7,14%	74,29%
Guilhotina	6,67%	80,95%
Apoio do madril	5,24%	86,19%
Rolo de arraste	3,81%	90,00%
Alinhador	3,33%	93,33%
Cinzel de entrada	2,38%	95,71%
Tanque HCL	2,38%	98,10%
Tanque spray	1,43%	99,52%
Tanque neutralização	0,48%	100,00%

Conforme podemos observar na Tabela 1 grande parte das falhas emergenciais da linha de decapagem está concentrado em 7 grupos de componentes. Como exemplo, iremos estudar o grupo do componente Carro Transportador de forma mais detalhada. Para uma melhor orientação visual, faremos um gráfico de pareto a partir da matriz de priorização acima.



**Figura 2.** Pareto dos principais componentes da matriz de priorização.<sup>(2)</sup>

A fase seguinte do estudo foi separar cada grupo de componentes para calcular o MTBF e MTRR. Utilizaremos para realizar esses cálculos o estimador de Kaplan Meyer e detalharemos o componente Carro Transportador.

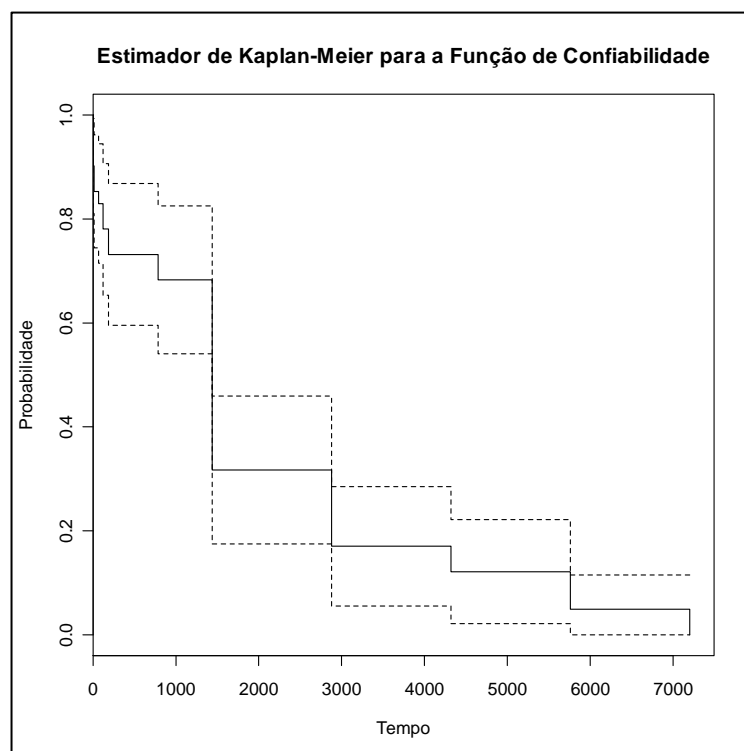
**Tabela 2.** Matriz de priorização do tempo entre falhas x tempo de reparo por componente<sup>(2)</sup>

Tempo (minutos)	Número de falhas	Quantidade em risco	Confiabilidade	Desvio Padrão	Limite inferior	Limite superior
1	4	41	0,902	0,046	0,812	0,993
12	2	37	0,854	0,055	0,745	0,962
60	1	35	0,829	0,059	0,714	0,944
120	2	34	0,780	0,065	0,654	0,907
180	2	32	0,732	0,069	0,596	0,867
<b>780</b>	<b>2</b>	<b>30</b>	<b>0,683</b>	<b>0,073</b>	<b>0,540</b>	<b>0,825</b>
1440	15	28	0,317	0,073	0,175	0,460
2880	6	13	0,171	0,059	0,056	0,286
4320	2	7	0,122	0,051	0,022	0,222
5760	3	5	0,049	0,034	0,000	0,115
7200	2	2	0,000			

<b>MTBF</b>	<b>1986</b> <b>33</b>	Minutos Horas
-------------	--------------------------	------------------

Conforme Tabela 2 onde detalhamos o componente: Carro Transportador, podemos constatar que 42% das falhas têm um tempo médio de 780 minutos (13 horas). Obtendo um MTBF de 1986 minutos (33 horas).

Outro importante recurso foi a obtenção do gráfico do estimador de Kaplan Meyer para a função de confiabilidade do componente estudado.



**Figura 3.** Estimador Kaplan Meyer para função de confiabilidade MTBF.<sup>(2)</sup>

Para o cálculo do MTRR utilizamos o mesmo método acima, conforme Tabela 3.

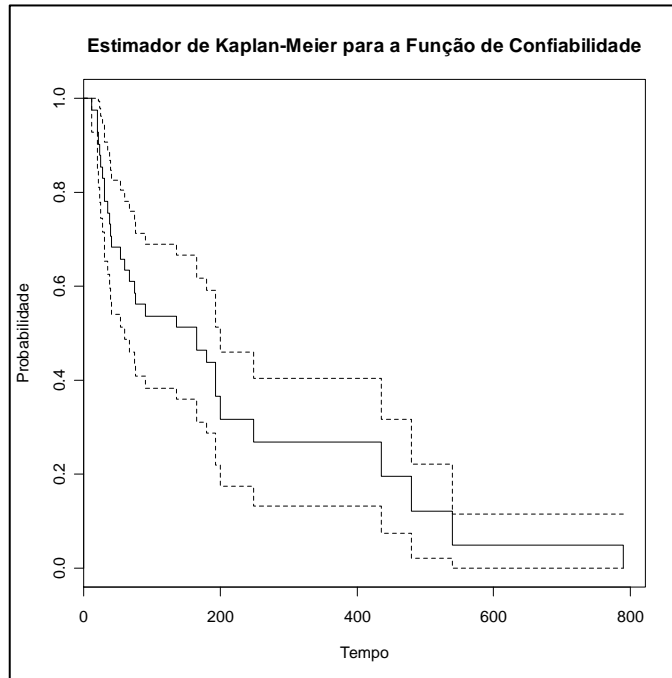
**Tabela 3.** Matriz de priorização do tempo de reparo x probabilidade<sup>(2)</sup>

<b>Tempo (minutos)</b>	<b>Número de falhas</b>	<b>Quantidade em risco</b>	<b>Confiabilidade de</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Limite inferior</b>	<b>Limite superior</b>
12	1	41	0,976	0,024	0,928	1,000
20	2	40	0,927	0,041	0,847	1,000
21	1	38	0,902	0,046	0,812	0,993
23	1	37	0,878	0,051	0,778	0,978
24	1	36	0,854	0,055	0,745	0,962
27	1	35	0,829	0,059	0,714	0,944
30	2	34	0,780	0,065	0,654	0,907
35	1	32	0,756	0,067	0,625	0,888
38	1	31	0,732	0,069	0,596	0,867
39	1	30	0,707	0,071	0,568	0,847
40	1	29	0,683	0,073	0,540	0,825
54	1	28	0,659	0,074	0,513	0,804
60	1	27	0,634	0,075	0,487	0,782
67	1	26	0,610	0,076	0,460	0,759
74	1	25	0,585	0,077	0,435	0,736
75	1	24	0,561	0,078	0,409	0,713
90	1	23	0,537	0,078	0,384	0,689
<b>136</b>	<b>1</b>	<b>22</b>	<b>0,512</b>	<b>0,078</b>	<b>0,359</b>	<b>0,665</b>
165	2	21	0,463	0,078	0,311	0,616
180	1	19	0,439	0,078	0,287	0,591
193	3	18	0,366	0,075	0,218	0,513
200	2	15	0,317	0,073	0,175	0,460
248	2	13	0,268	0,069	0,133	0,404
435	3	11	0,195	0,062	0,074	0,316
480	3	8	0,122	0,051	0,022	0,222
540	3	5	0,049	0,034	0,000	0,115
790	2	2	0,000			

<b>MTTR</b>	<b>215</b> <b>3,6</b>	Minutos Horas
-------------	--------------------------	------------------

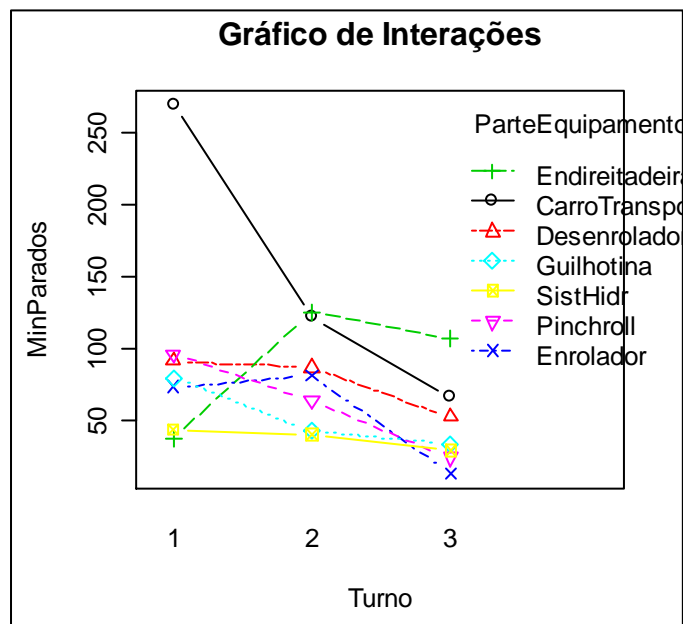
Analisando os dados podemos constatar que 50% dos reparos levar em média 136 minutos (2,3 horas). Obtendo um MTTR de 215 minutos (3,6 horas).

Outro importante recurso foi a obtenção do gráfico do estimador de Kaplan Meyer para a função de confiabilidade do componente estudado.



**Figura 4.** Estimador Kaplan Meyer para a função de confiabilidade MTTR.<sup>(2)</sup>

A segunda etapa foi a análise a partir do gráfico da figura 5, Parte do Equipamento x Turno x Min. Parados. No gráfico também constata-se que o Carro Transportador é o componente que apresenta a maior quantidade de falhas em minutos.



**Figura 5.** Gráfico de interação entre componente x turno x tempo de reparo.<sup>(2)</sup>

Um ponto importante do estudo foi à possibilidade de verificar as interações entre tipo de falha (mecânica ou elétrica), minutos parados, turno, Esse estudo permitiu alinhar e obter conclusões. Que a incidência de parada do Carro do Transportador decorrentes de falhas mecânica são superiores do que a de falhas elétrica, e isso foi confirmado observando-se a situação a que o Carro é submetido durante o seu trabalho.



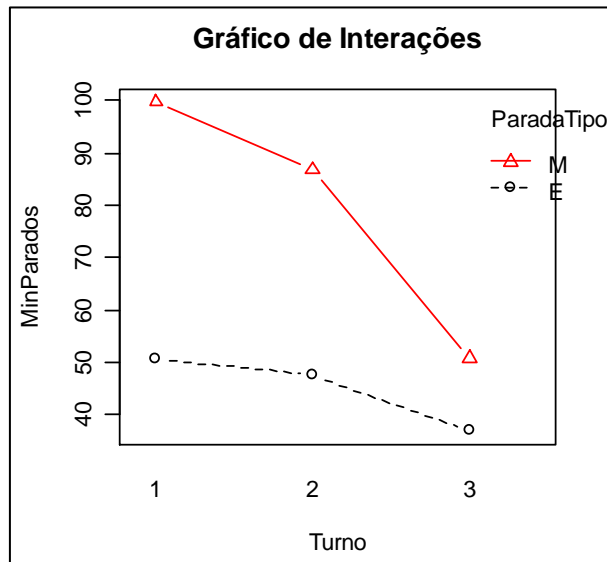


Figura 6. Gráfico de interação entre componente x turno x tempo de reparo.<sup>(2)</sup>

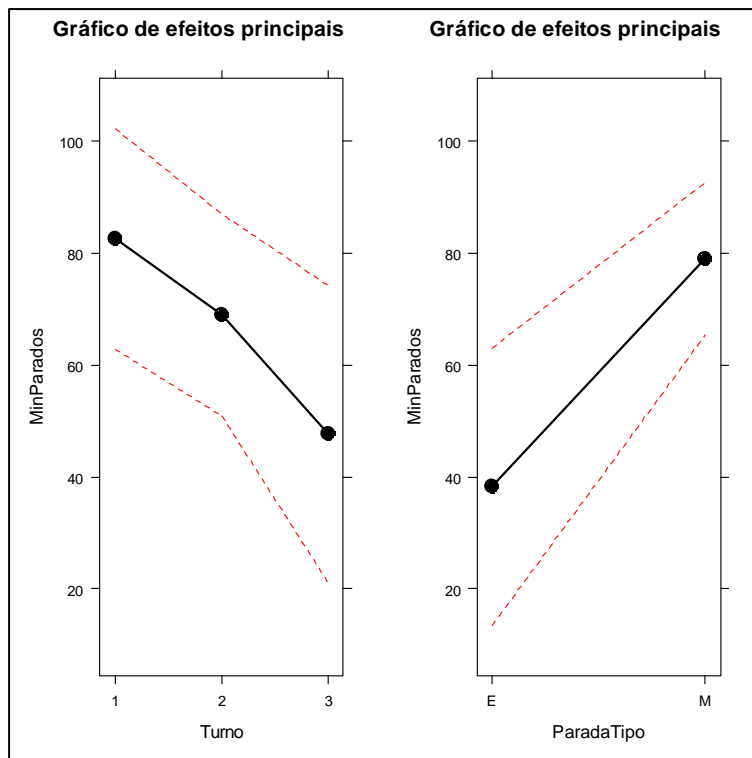


Figura 7. Gráfico de efeito entre tipo de parada x turno x tempo de reparo.<sup>(2)</sup>

O gráfico da Figura 8 demonstra a incidência das ocorrências por tipo de falha (A, B, C), com isso verificou-se que a falha do tipo C, tem um maior impacto nas paradas do equipamento.

No Caso da Manutenção da Brasmetal Waelzholz há uma sistemática de gerenciamento implantada em que, uma equipe multidisciplinar composta por colaboradores especializado é responsável pelo levantamento, análise dos dados de paradas, avaliação e solução dos problemas. A coleta dos dados para análise é feita via sistema, onde um funcionário especializado analisa todos os dados e esses são passados para equipe que planeja e efetua as ações necessárias.<sup>(3)</sup>

Então foram propostos e implantadas as seguintes ações:

- criado um check list com freqüência mensal de inspeção para o carro Transportador;
- aquisição de um novo Carro Transportador de maior capacidade adequado conforme o processo; e
- adequação do Carro existente para maior capacidade conforme o processo.

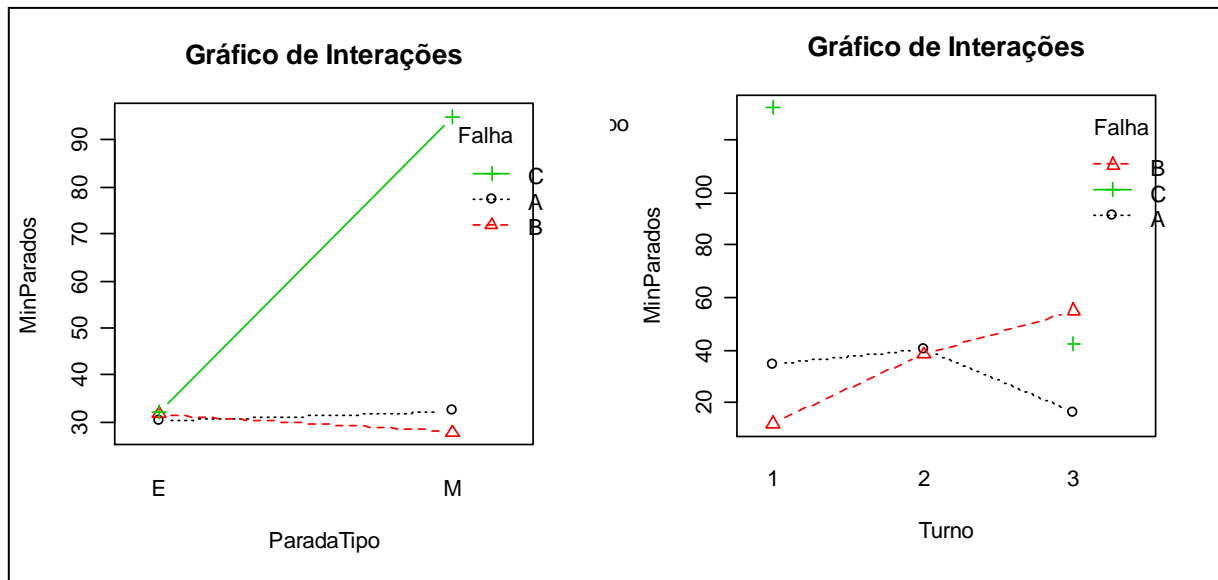


Figura 8. Gráfico de efeito entre modo de falha x turno x tempo de reparo.<sup>(2)</sup>

### 3 RESULTADOS

Conforme observado no estudo de caso, alguns aspectos são essenciais para a verificação da eficácia de otimização dos tempos de MTBF e MTTR. Foi possível observar os seguintes resultados (alguns mensuráveis apenas a partir de 2009).

#### 3.1 Redução de Paradas por Falha do Carro Transportador

De acordo com a Tabela 4, é possível constatar a redução do consumo de paradas por falha no Carro Transportador.

Tabela 4. Aumento do MTBF<sup>(2)</sup>

Ano	Freq	MTBF
2008	41	1986 minutos
2009	3	84070 minutos
		<b>Aumento do MTBF 82084 minutos</b>

### 4 DISCUSSÃO

Em relação ao estudo de apresentado, as iniciativas do grupo responsável pela manutenção dos equipamentos, apresentam resultados importantes, o uso da metodologia Seis Sigma somente agregou valor a sistemática de manutenção existente na Brasmetal Waelzholz demonstrando assim, a importância de termos um acompanhamento por mais tempo para que seja possível comparar os resultados do estudo. Acreditamos que é necessário ter um conhecimento nas rotinas de manutenção, visando obter a precisão desejada na análise dos dados.

## 5 CONCLUSÃO

Pelo exposto, os resultados importantes foram alcançados com baixo investimento, treinamento e formação de pessoas especializadas no setor de manutenção. O presente trabalho mostrou que, além da importância da otimização dos índices de MTBF e MTTR, garante também o retorno financeiro em curto prazo dos investimentos aplicados.

Destacam-se, entre os resultados obtidos, o aumento expressivo do índice MTBF do Carro Transportador.

### Agradecimentos

Agradecemos a todas as pessoas envolvidas na execução do estudo apresentado, Marcelo Bielskis (Gerente de Produção), Celso Tadeu Bielskis (Gerente de Manutenção), Edwilson Leite (Supervisor de Produção), a todos os funcionários da área de manutenção e à Brasmetal Waelzholz pela oportunidade de implementar e manter a metodologia Seis Sigma para estudo de caso nos tempos de paradas por falhas emergenciais.

### REFERÊNCIAS

- 1 LEÃO, D **Apostila** Estatcamp. Material didático de apoio ao curso ministrado na Brasmetal Waelzholz, Diadema, 2009
- 2 MOURA, J.F. **Mapeamento dos tempos entre paradas por falhas da linha decapagem**, 2008. Dissertação (TCC Green Belt) - Brasmetal Waelzholz, Diadema, 2008.
- 3 SOUSA, F.F. **Mapeamento dos tempos de paradas/falhas de emergência no laminador MDL**, 2008. Dissertação (TCC Green Belt) - Brasmetal Waelzholz, Diadema, 2008.