



CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC
MBA EM GESTÃO DE MANUTENÇÃO

YURI DE ANDRADE ACIOLI

**ESTUDO DE CASO: DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES DE
MANUTENÇÃO DE UM SISTEMA DE PORTAS EM UMA
EMPRESA DE TRANSPORTE PÚBLICO METROVIÁRIO**

Salvador
2018

YURI DE ANDRADE ACIOLI

**ESTUDO DE CASO: DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES
DE MANUTENÇÃO DE UM SISTEMA DE PORTAS EM UMA
EMPRESA DE TRANSPORTE PÚBLICO METROVIÁRIO**

Trabalho Final apresentado ao Curso de MBA em Gestão de Manutenção do CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC como requisito final para obtenção do título de Especialista em Gestão da Manutenção.

Orientadora: Prof^a MSc. Marinilda Lima Souza

Salvador
2018

ESTUDO DE CASO: DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES DE MANUTENÇÃO DE UM SISTEMA DE PORTAS EM UMA EMPRESA DE TRANSPORTE PÚBLICO METROVIÁRIO

Yuri de Andrade Acioli¹

Marinilda Lima²

RESUMO

O Brasil iniciou, em tempos recentes, um período de recessão econômica que impactou em grandes transformações políticas e estruturais. Diante deste cenário, o quesito “otimização de recursos visando aumento da disponibilidade na manutenção” tornou-se um ponto estratégico para a sobrevivência da maior parte das empresas e base central da competitividade no cenário internacional. Em uma empresa de mobilidade urbana, o custo de serviço de manutenção é alto e o tempo de reparo na infraestrutura do trem impacta diretamente na operação do transporte de passageiros. Assim, este trabalho tem como objetivo determinar os indicadores de manutenção de um sistema de transporte público metroviário da região Nordeste, especificamente no conjunto de portas do trem. Foram analisados indicadores de manutenção MTBF, MTTR e Disponibilidade a partir de um histórico de dados do software de Manutenção SAP, exportados ao Excel. Os indicadores citados são importantes, uma vez que o adequado funcionamento das portas garante satisfação e segurança aos usuários, bem como economicidade de tempo na operação para a empresa. O estudo dos indicadores de manutenção em dois períodos (anterior e posterior ao ajuste de portas) permitirá mensurar o impacto da melhoria do projeto na operação e disponibilidade do sistema de portas.

Palavras - Chave: MTBF, MTTR, Disponibilidade, Gestão, Manutenção, Transporte Metroviário

¹ Pós Graduando em MBA Gestão da Manutenção. Centro Universitário SENAI CIMATEC. E-mail: yuri.acioli@gmail.com.

² Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial. Possui MBA em Gestão da Manutenção. Docente do Centro Universitário SENAI CIMATEC. E-mail: marinilda.lima@fieb.org.br

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas metroviários são mecanismos complexos na garantia da mobilidade urbana, uma vez que transportam uma grande quantidade de passageiros e requerem agregar os quesitos qualidade, segurança, eficácia, eficiência e altos índices de aceitação por parte do cliente. Conforme a abordagem de Berardinelli (2018), esses sistemas são estruturados para atender às necessidades dos clientes, acionistas, funcionários e a sociedade.

Conforme Brinco (2012), a implantação de uma rede metroviária em um centro urbano está inter-relacionada com o poder público, uma vez que requer a construção de terminais urbanos, passarelas e integração com o transporte coletivo de passageiros porventura já estruturado. Após a fase de implantação, iniciam-se as rotinas de manutenção preventiva e corretiva do complexo. No estudo de caso a seguir, a melhoria no projeto das portas foi importante, uma vez que o bom funcionamento do trem, decorrente da manutenção bem executada, impacta diretamente na disponibilidade de transporte para o cliente.

De acordo com a abordagem de Lima (2016), a gestão da manutenção tem interface com as diferentes áreas da organização. De forma a ilustrar a citação acima, de acordo com Porto (2018) o corpo humano é um sistema com subsistemas: respiratório digestivo, neurológico etc. De forma análoga, a ferrovia requer que vários sistemas operem em simultaneidade para que o transporte se realize: trens, vias, eletrificação e sinalização.

A manutenção de equipamentos é outro tema relevante, tanto na fase de construção, quando tratamos de máquinas de terraplanagem e montagem, como na de operação do empreendimento, mais complexa. O gestor precisa prever os ciclos a se realizar, definir os locais para as oficinas, treinamento de pessoal, impacto na disponibilidade. É essencial planejar a manutenção de equipamentos de construção e, no futuro, do material rodante da ferrovia, inclusive de equipes de socorro a equipamento com falha (PORTO, 2018).

O sistema de portas em um trem de transporte público é uma composição de alta criticidade, pois representa um grupo de componentes operacionais que impacta diretamente na operação e está em contato direto com os passageiros no entrar e sair do

trem: uma falha do componente pode ocasionar acidentes, atrasos no cronograma dos trens e prejudicar a imagem da companhia.

Segundo Kardec e Nascif (2009), a manutenção tem por objetivo a garantia da confiabilidade e da disponibilidade a partir do bom funcionamento dos equipamentos e instalações, atendendo a um processo de produção ou de serviço, de forma segura, preservando o meio ambiente e com custos adequados.

A função principal de um sistema de portas é garantir que o passageiro adentre e saia do trem com rapidez e segurança.

De acordo com Siqueira (2009), modificações no projeto, como revisões de processo e mudança de procedimentos operacionais, são consideradas ações necessárias para a redução de falhas.

1.1 JUSTIFICATIVA

Empresas de mobilidade urbana devem sempre focar seus valores internos na satisfação, no conforto e na segurança dos clientes. Falhas operacionais que impactam diretamente nestes pilares são minimizadas com a boa execução de técnicas preditivas e preventivas de manutenção.

Este trabalho se baseia na identificação da problemática encontrada no que tange às falhas de portas dos trens do sistema metroviário de uma metrópole da região Nordeste. Estas falhas impactavam negativamente na operação com diminuição do índice Disponibilidade.

O seguinte estudo de caso explanará os indicadores de Manutenção MTBF (tempo médio entre falhas), MTTR (tempo médio para reparo) e a Disponibilidade de um sistema de 5 (cinco) trens com 32 (trinta e duas) portas cada trem, em períodos anteriores e posteriores à execução de melhorias de projeto do sistema de entrada e saída de passageiros na companhia de mobilidade urbana.

1.2 OBJETIVO GERAL

O alto índice de falhas de portas, registradas na plataforma SAP, indicaram a necessidade de realização de modificações no projeto original das portas dos trens do sistema metroviário. Este trabalho busca analisar o impacto das melhorias no sistema de portas dos trens, por meio do estudo dos indicadores de manutenção de 5 (cinco) trens em períodos anteriores e posteriores à alteração do projeto.

1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Classificar e quantificar as falhas de porta de 5 Trens (Ts1, Ts2, Ts3, Ts4 e Ts5), onde cada trem tem 32 portas. O cálculo será realizado em dois períodos distintos (antes e após a melhoria de projeto). Os dados serão coletados a partir da plataforma SAP e exportados para o Excel 2013.
- b) Calcular os indicadores de Manutenção MTBF, MTTR e Disponibilidade do sistema de portas dos 5 Trens nos períodos indicados para quantificar o impacto das melhorias realizadas.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 SISTEMA METROVIÁRIO

O sistema de transporte metroviário, mais conhecido como metrô, é um meio de transporte de trens urbanos e, segundo Azeredo (2003), se destaca como uma excelente solução para os problemas de transporte de massa em áreas metropolitanas, pois alivia os congestionamentos de automóveis e ônibus em vias urbanas e, ainda, em razão da qualidade e da velocidade do transporte de uma maior quantidade de pessoas.

O metrô proporciona ao usuário final segurança, confiabilidade, conforto e pontualidade, bem como, minimiza os gastos públicos com a manutenção de infraestrutura rodoviária.

Segundo Ferraz e Torres (2001), a definição de metrô é: um trem urbano que se movimenta por vias segregadas, geralmente com bitola de 1,60 m, podendo ser subterrâneas ou de superfície. A operação é automática possibilitando assim, o desenvolvimento de maiores velocidades e capacidade de transporte.

O metrô é formado por composições de 4 a 10 carros (corpo e truques). Cada carro possui as seguintes dimensões em metros: 22,00 a 23,00 (comprimento), 3,00 a 3,20 (largura) e 3,50 (altura) podendo ser classificados por tipo A (com a motriz) e tipo B (com maior capacidade) D'Agosto (2001).

Já segundo Alouche (1996), este define o metrô como um sistema elétrico (uma vez que não emite gases poluentes) sobre trilhos, que atende às zonas urbanas e tem capacidade que varia entre 40 a 80 mil passageiros/hora e sentido, com, geralmente, estações relativamente próximas com distância média de 1.000m. Os sistemas metroviários são quase na totalidade dos casos implantados pelo poder público, ou parcerias público-privadas, também responsáveis pela expansão, operação e manutenção.

2.2 GESTÃO DA MANUTENÇÃO NO SISTEMA METROVIÁRIO

De acordo com Vasconcelos (1979) e Xenos (2014), manutenção é o ramo da Engenharia que contempla um conjunto de ações conduzidas com a finalidade de manter em condição funcional as instalações, bem como os equipamentos, de forma a assegurar a regularidade das operações de uma empresa, a qualidade e a segurança, com o mínimo de custos totais, visando manter, por longos períodos, os ativos fixos da empresa em condições de atender plenamente a suas finalidades funcionais.

Uma empresa metroviária, conforme Reis e Rodrigues (2006), pela sua importância, qualidade e eficiência comprovadas, não pode estar aquém das novas técnicas e tecnologias existentes. Neste contexto, a manutenção tem uma enorme contribuição na empresa, e, dessa forma, a melhoria de processos e serviços garante a otimização da gestão da manutenção.

2.3 INDICADORES DE MANUTENÇÃO

Os dois principais indicadores de desempenho de manutenção são o **MTTR** (*mean time to repair* ou tempo médio para reparo) e o **MTBF** (*mean time between failures* ou tempo médio entre falhas) e estão relacionados à disponibilidade de uma aplicação. Apesar de sua relevância no desempenho de processos, muitos gestores subutilizam esses indicadores de desempenho (KPIs) em suas atividades de controle.

O indicador de MTTR refere-se ao prazo médio que demora para se realizar uma correção depois da eventualidade, ou seja, da ocorrência de erro. É mensurado o tempo gasto durante a intervenção em um determinado processo.

O indicador MTBF refere-se aos períodos de tempo inutilizados, quando da ocorrência de erros na operação de uma máquina, e sua média pode ser realizada por meio de uma fórmula. Devemos aplicar o tempo total do desempenho natural durante um ciclo preestabelecido sob o número de erros ocorridos durante esse tempo. A determinação do tempo médio para reparo é obtida por meio da fórmula:

$$MTBF = \frac{(Tempo\ total\ disponível - Tempo\ perdido)}{(Número\ de\ paradas)}$$

$$Disponibilidade = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \times 100 \quad (3)$$

3. METODOLOGIA

A metodologia abordada no estudo de caso teve por objetivo determinar os indicadores de Manutenção MTTR, MTBF e Disponibilidade do sistema de portas de 5 (cinco) trens anteriormente e posteriormente a um processo de melhorias que foram implementadas, como forma de redução de falhas. O cálculo destes indicadores mensura o impacto destas melhorias na operação dos trens.

A metodologia baseou-se na análise do quantitativo das falhas de porta dos trens de um sistema metroviário, que estavam ocorrendo com frequência elevada e impactando negativamente na operação. Foram realizadas melhorias de projeto: ajuste do espaçamento entre as folhas de porta, padronização da abertura em V e com espaçamento de 2mm, abertura máxima de 300 mm, substituição das porcas-bilha com rebite de alumínio por rebite de aço inox, ajuste dos torques dos parafusos e atualização dos softwares de portas.

Foi realizado o levantamento de dados de falha de porta através da Plataforma SAP e exportados para uma planilha do Excel 2013. Foram coletados dados de 5 trens (TS01, TS02, TS03, TS04 e TS05) contendo 32 portas cada, sendo que são 4 vagões com 8 portas em cada vagão, 4 na lateral esquerda e 4 na lateral direita.

Foi realizado registro das datas inicial e final dos ajustes realizados nas portas em 19/05/2016 e 03/08/2018 para comparação dos indicadores em períodos anterior e posterior às melhorias realizadas.

Foram calculados os indicadores de Manutenção MTBF, MTTR e Disponibilidade do sistema de portas no período anterior ao ajuste e posterior À regulagem para comparação entre os dados e mensurar o impacto da melhoria realizada.

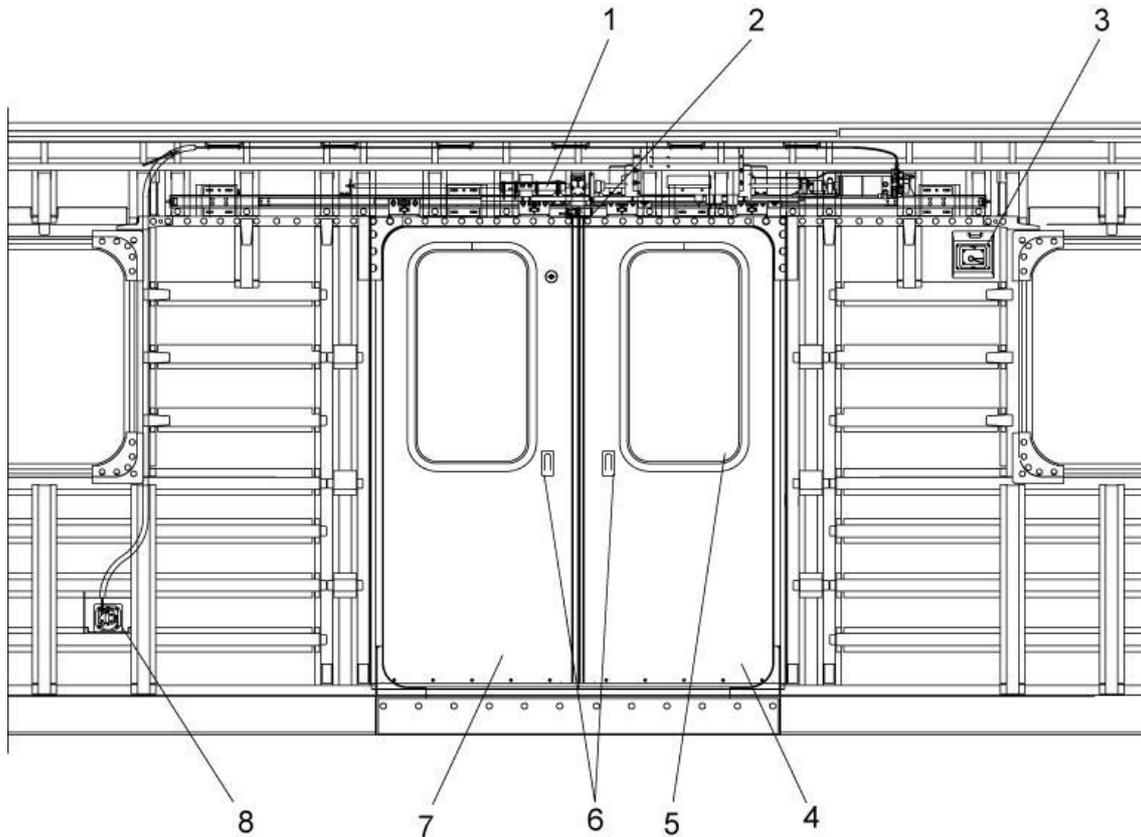
4. ESTUDO DE CASO

O sistema de portas da composição metroviária é composto por 32 (trinta e duas) portas sendo que existem 8 (oito) portas em cada vagão, dispostas lateralmente. O acionamento das portas é eletromecânico, onde um motor elétrico aciona 2 (duas) folhas de portas que correm ao longo de um trilho. A porta é controlada por um computador de porta (DCU – Door control unit) que registra todas as falhas que ocorrem durante o período da utilização.

Cada carro da composição ferroviária é equipado com 8 (oito) portas laterais. Todas 8 (oito) portas laterais de passageiros têm o Dispositivo de Saída de Emergência (EED) e apenas 2 (duas) portas laterais de passageiros têm o Dispositivo de Acesso de Emergência (EAD). O sistema de porta do lado do passageiro é uma folha dupla, que abre para o exterior.

Os painéis de porta, do lado do passageiro, se projetam e movem em paralelo com o exterior do carro. A porta do lado do passageiro é operada eletricamente e ambas as folhas de porta em cada entrada são sincronizados por meio de uma unidade de linha. Quando a porta do lado do passageiro abre e fecha, as folhas da porta se movem ao longo do trilho de guia. A Figura 1 a seguir ilustra os principais componentes de uma porta do trem:

Figura 1: Descritivo dos principais componentes de uma porta do trem



Fonte: Manual dos Trens Série 2000 Hyundai Rotem

A Tabela 1 a seguir, discrimina os principais componentes de uma porta do trem Série 2000:

Tabela 1: Descritivo dos principais componentes de uma porta do trem Série 2000

Item N°	Descrição
1	Acionamento de porta
2	Dispositivo de Ativação de Bloqueio (LOS)
3	Dispositivo de Saída de Emergência (EED)
4	Folha de Porta RH
5	Vidro da janela
6	Cabo
7	Folha de porta LH
8	Dispositivo de acesso de Emergência (EAD)

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Segundo Xenos (2014), o Departamento de Manutenção deve identificar claramente suas interfaces. A principal interface da Manutenção é a produção, que exige que os equipamentos sejam mantidos em ótimas condições de funcionamento. Uma outra interface importante é a alta administração, que exige uma manutenção dentro do orçamento e a um custo cada vez menor. Ainda de acordo com Xenos (2014), existem itens relativos ao controle dos equipamentos e que são simples de medir, tais como a taxa de falhas, a taxa de utilização e a disponibilidade dos ativos.

Segundo Viana (2002) os índices de Manutenção tais como MTBF, MTTR e Disponibilidade são utilizados não só para acompanhar a evolução da ação humana mantenedora, mas retratam aspectos importantes no processo da planta industrial, no tocante à rotina diária. Viana (2002) define cada indicador:

O MTBF ou tempo médio entre falhas é definido como a divisão da soma das horas disponíveis do equipamento para a operação (HD), pelo número de intervenções corretivas neste equipamento no período (NC).

$$MTBF = \frac{HD}{NC} \quad (1)$$

O MTTR ou tempo médio de reparo é dado como sendo a divisão entre a soma das horas de indisponibilidade para a operação devido à manutenção (HIM) pelo número de intervenções corretivas no período (NC).

$$MTTR = \frac{HIM}{NC} \quad (2)$$

A disponibilidade representa o percentual de dedicação para operação de um equipamento, ou de uma planta, em relação às horas totais do período.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para os 5 (cinco) trens em estudo o início da operação ocorreu em 19/05/2016, período em que se iniciou o registro das falhas de porta. O intervalo de operação foi compreendido entre o dia 19/05/2016 e o dia 03/08/2018, o ajuste de portas foi realizado no dia 14/08/2017. No cálculo do tempo total de operação foi considerado 19 horas de operação diárias, que é o período de funcionamento dos trens.

Para todos os trens foram registrados os seguintes dados conforme a Tabela 2 e a Equação (4) registrada abaixo:

$$\text{Tempo de operação} = 806 \text{ dias} * 19h = 15314h \quad (4)$$

A Tabela 2 demonstra os dados gerais dos indicadores de manutenção a partir do tempo total de operação, quantitativo de horas parados por trem, número de falhas ocorridas no intervalo entre 19/05/2016 (início da operação) e 03/08/2018 (período final da mensuração).

Tabela 2: Dados Gerais dos Trens

Trem	Tempo operação (h)	Horas Paradas (h)	Quantitativo de falhas	MTBF (h)	MTTR TOTAL (h)	Disponibilidade Total (%)
TS01	15314	2440	88	143,3	27,72	83,00
TS02	15314	1483	58	238,46	25,56	90,32
TS03	15314	2062	61	217,24	33,80	86,53
TS04	15314	4040	62	184,82	65,16	73,93
TS05	15314	1899	44	304,88	43,16	87,59

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A Tabela 3 refere-se aos períodos de ajuste de portas de cada trem. O intervalo de operação foi calculado da data inicial de operação (19/05/2016) até a data efetiva do ajuste e da melhoria do projeto. A partir dos dados obtidos, foram calculados MTBF, MTTR e Disponibilidade:

Tabela 3: Indicadores de manutenção antes do ajuste de portas

Trem	Data de ajuste (2017)	Tempo operação (h)	Horas paradas (h)	Quantidade de falhas	MTBF (h)	MTTR (h)	Disponibilidade (%)
TS01	18/07	8094	2095	72	83,31	29,10	74,11
TS02	14/09	9196	1011	51	160,49	19,82	89,01
TS03	12/10	9728	1459	54	153,13	27,02	85,00
TS04	18/07	8094	2894	62	83,87	46,68	64,24
TS05	14/10	9766	1881	40	197,12	47,02	80,74

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A Tabela 4 a seguir, ilustra o cálculo dos indicadores de manutenção MTBF, MTTR e Disponibilidade que quantifica o impacto da melhoria realizada nas portas. O tempo total de operação foi calculado com base nas datas de intervenção (vide tabela 4) e período final de monitoramento (03/08/2018):

Tabela 4: Indicadores Manutenção após o ajuste de portas

Trem	Data de ajuste (2017)	Tempo total (h)	Horas Paradas (h)	Quantidade de falhas	MTBF (h)	MTTR (h)	Disponibilidade (%)
TS01	18/07	6726	345	16	398,81	21,56	94,87
TS02	14/09	6137	471	7	809,42	67,28	92,32
TS03	12/10	5567	603	7	709,14	86,14	89,16
TS04	18/07	6726	1145	11	507,36	104,09	82,97
TS05	14/10	6726	19	4	1676,75	4,75	99,72

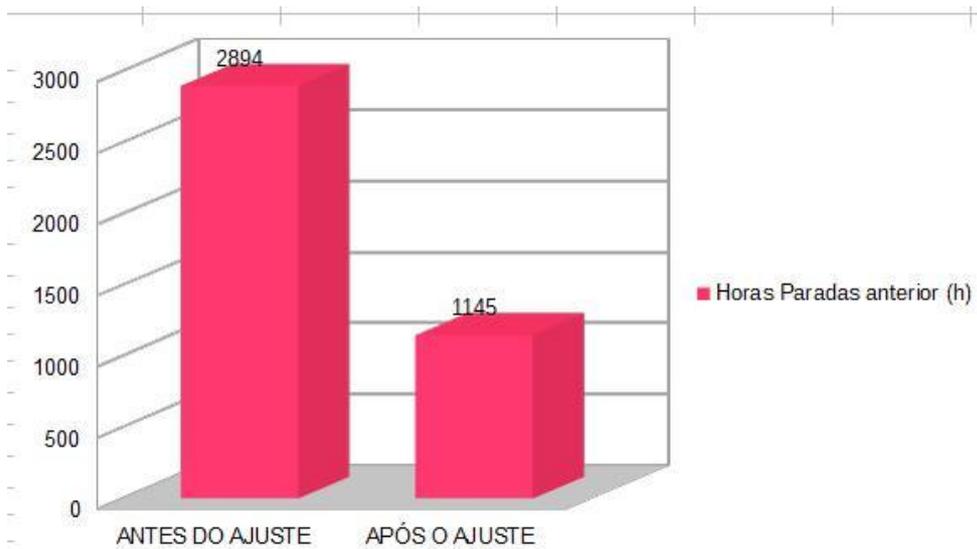
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A partir da análise dos resultados obtidos após o ajuste e melhoria realizados no sistema de portas, nota-se uma redução drástica no quantitativo de falhas, assim como uma queda no total de horas paradas. No tocante aos indicadores de Manutenção ocorreu aumento da disponibilidade geral dos trens estudados, bem como o aumento do MTBF e diminuição do MTTR para o TS01 e TS05. Embora para os TS02, TS03 e TS04 tenha ocorrido o aumento do MTTR, este dado não impactou na disponibilidade final que é o foco da melhoria implementada.

Para melhor ilustração dos ganhos obtidos com a implementação da melhoria no sistema de portas, traçamos os gráficos comparativos, relativos aos indicadores do TS04 antes e depois do ajuste das portas.

O Gráfico 1, a seguir, ilustra a redução do total de Horas Paradas do TS04 decorrente da alteração do projeto. A partir da análise do Gráfico 1, nota-se expressiva redução das Horas Paradas anteriores (h) do TS04. Antes do ajuste de portas o índice de Horas Paradas era de 2894h. Já após o ajuste de portas do TS04, o indicador baixou para 1145h, resultando em cerca de 60% de economia de tempo.

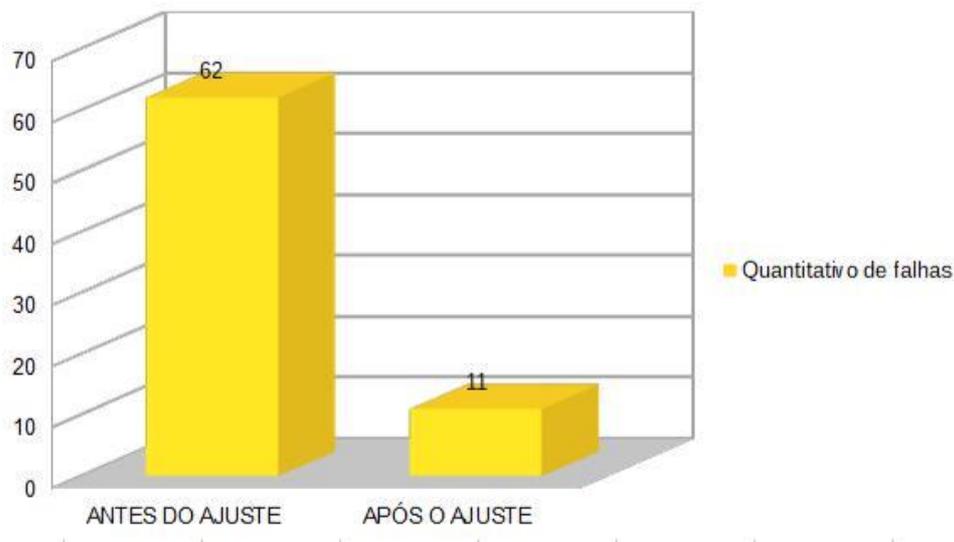
Gráfico 1: Comparativo de Horas Paradas (h) do TS04, antes e após o ajuste de portas



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

No Gráfico 2, é possível verificar a diminuição do Quantitativo de Falhas nas portas do TS04. Antes do ajuste, foram registradas 62 (sessenta e duas) falhas e após a melhoria este valor foi reduzido para 11 (onze) ocorrências. Ou seja, houve cerca de 82% de redução de falhas após a implementação da melhoria.

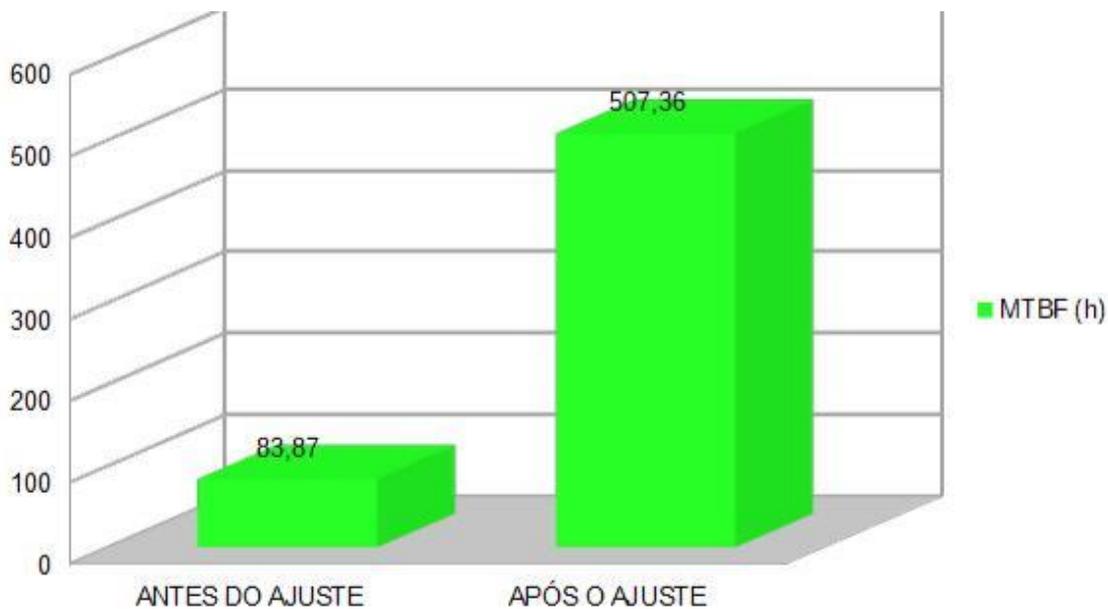
Gráfico 2: Comparativo de Quantitativo de falhas do TS04, antes e após o ajuste de portas



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

O Gráfico 3 ilustra o aumento do tempo médio entre falhas ocorrido no TS04 após a alteração do projeto das portas. O índice do MTBF passou de 83,87 h para 507,36h, ou seja uma majoração significativa, onde o indicador quintuplicou demonstrando a efetividade do ajuste.

Gráfico 3: Comparativo do indicador MTBF (h) do TS04, antes e após o ajuste de portas

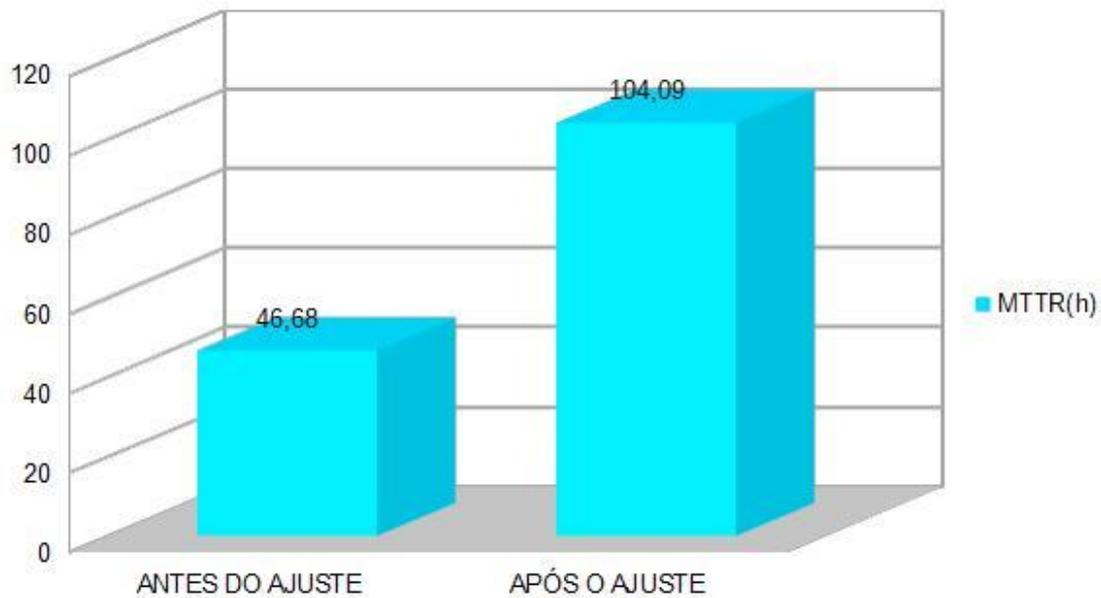


Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

O Gráfico 4, mostra o aumento do MTTR que passou de 46,68 (h) antes do ajuste para 104,09 (h). Mesmo com a majoração do tempo médio de reparo, algo negativo para a manutenção, mas que de acordo com o resultado final veremos que não impactou na Disponibilidade.

O aumento do MTTR se justificou em razão da implantação das rotinas de manutenção a partir do novo projeto de portas, onde foram feitos desde ajustes de torque dos parafusos, até atualização do software em cada unidade. Foram realizados estudos detalhados das peças, posicionamento, tipos de planos de manutenção, especificação das ferramentas de trabalho e correta e fechamento das portas.

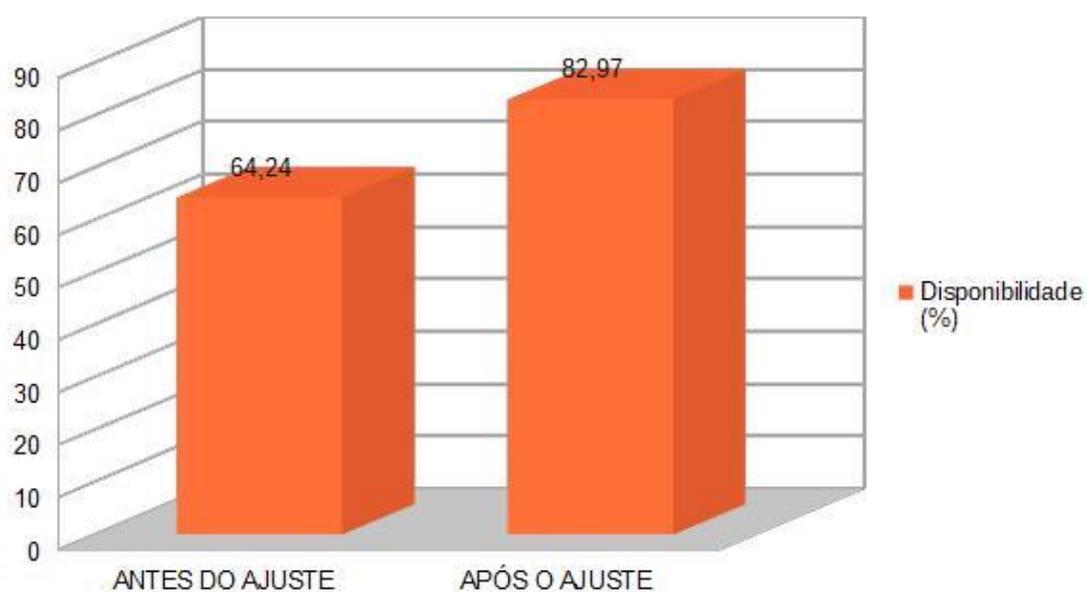
Gráfico 4: Comparativo do indicador MTTR (h) do TS04, antes e após o ajuste de portas



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

No Gráfico 5, é possível visualizar o aumento do indicador Disponibilidade do TS04, que passou de 64,24% antes do ajuste, para 82,97% após o ajuste de portas. Um incremento de quase 30% no referido indicador. Este aumento do indicador Disponibilidade demonstra a efetividade da alteração realizada.

Gráfico 5: Comparativo do indicador Disponibilidade (%) do TS04, antes e após o ajuste



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização de ajustes e melhorias de projeto no sistema de portas dos 5 (cinco) trens foram importantes porque resultaram no aumento da Disponibilidade dos trens em estudo e redução da quantidade de falhas nas portas.

No tocante aos indicadores de manutenção, ocorreu aumento significativo da Disponibilidade geral dos trens estudados, bem como o aumento do MTBF de todos os trens, bem como a diminuição do MTTR para o TS01 e TS05. Embora para os TS02, TS03 e TS04 tenha ocorrido o aumento do MTTR, a majoração do tempo médio de reparo não impactou na Disponibilidade final que é o foco da melhoria implementada.

O aumento do MTTR, para os referidos trens, é explicado pela adoção de melhores práticas de manutenção, e maior detalhamento das rotinas.

A partir da análise dos resultados obtidos, após o ajuste e melhoria realizados no sistema de portas, notou-se a redução drástica no quantitativo de falhas e queda no total de horas paradas. Toda melhoria que resulte em redução de paradas e aumento da disponibilidade, refletirá em maior satisfação do cliente, uma vez que trará resultados positivos na produtividade, efetividade e eficiência das operações da companhia.

REFERÊNCIAS

ALOUICHE, Peter Ludwing. **Evolução da Tecnologia Mundial de Transporte de Passageiros sobre Trilhos**. Revista dos Transportes Públicos – ANTP, São Paulo, ano 18, n. 72, 3o Trimestre de 1996.

AZEREDO, Ana Flávia Peçanha de. **O Modelo Project Finance: Aplicação à Implantação de Sistema Metroviário Brasileiro** – Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2003.

BERARDINELLI, Leonardo Moy Alves. **Método para Planejamento da Injeção de Trens Metroferroviários utilizando Algoritmo Lógico-Interativo**. Dissertação de Mestrado em Transportes, Publicação T.DM-04/2018, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF, 2018, 103p.

BRINCO, Ricardo. **Mobilidade urbana e transporte público: sobre a oportunidade de implantação de sistemas metroviários**. Indic. Econ. FEE, Porto Alegre, v. 40, n. 1, p. 105-116, 2012.

D'AGOSTO, Márcio de Almeida. **Sistema de Transporte Urbano**. Notas de aula da disciplina Transporte Urbano, Instituto Militar de Engenharia –IME, Rio de Janeiro, 2001.

FERRAZ, Antonio Clóvis Pinto e TORRES, Isaac Guillermo Espinoza. **Transporte Público Urbano**. 1ª ed. São Carlos:Rima, 2001.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção Função Estratégica**, 3º Ed - Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 384p.

LIMA, Diego Damásio de. **Fatores Críticos de sucesso do sistema de Gestão da Manutenção da empresa de trens urbanos de Porto Alegre Trensurb: Uma análise a partir do pensamento sistêmico**. Dissertação de Mestrado, Unisinos, São Leopoldo, 2016, 167p.

MTTR e MTBF, o que são e quais suas diferenças? Porto Alegre – RS. 2015. Disponível em < <https://www.opservices.com.br/mttr-e-mtbf/> .Acesso em: 09 de setembro de 2018.

PORTO, Telmo Giolito. **Gestão de Projetos Ferroviários exige harmonia entre disciplinas**. Disponível em: www.aecweb.com.br/cont/m/rev/gestao-de-projetos-ferroviarios-exige-harmonia-entre-disciplinas_6677_3. Acesso em 02 de setembro de 2018.

REIS, João Gilberto Mendes dos e RODRIGUES, Ênio Fernandes. **Vantagens na utilização de tecnologias da informação no processo de gestão de manutenção da via permanente da linha 3 (vermelha) da Companhia do Metropolitano de São Paulo – Metrô**. XIII SIMPEP – Bauru – SP, 2006. Disponível em http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/703.pdf

SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção Centrada na Confiabilidade Manual de Implementação**, 1º Ed. – Rio de Janeiro; Qualitymark, 2005. 408p.

VASCONCELLOS, Eduardo. **Centralização x Descentralização: Uma aplicação para laboratórios de instituições de pesquisa e desenvolvimento**. Revista de Administração IA-USP. São Paulo, 1979.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM, Planejamento e controle da Manutenção**, 1º. Ed. – Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 192p.

XENOS, Harilaus Georgius D' Philippos. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**, 2º Ed – Nova Lima: Editora Falconi, 2014. 312p.