

## ENGENHARIA DE CONFIABILIDADE APLICADA EM MOTORES

Alex Juliano Tenereli<sup>1</sup>  
Andrea Barbosa Delfini De Paulo<sup>2</sup>

### RESUMO:

O presente artigo tem por objetivo identificar as falhas incidentes no sistema de um motor através do que se denomina de Engenharia de Confiabilidade. Na especificidade, trata-se de analisar a vida útil de componentes críticos de veículos de transporte coletivos de passageiros, realizando os testes na aplicação real do veículo, bem como a melhor manutenção. Para tanto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica com importantes autores que tratam da temática, além de um estudo de caso. Dentre as conclusões importantes deste estudo destaca-se o fato de que as ações para minimizar o problema irão reduzir o custo de manutenção.

**Palavras-chaves:** Engenharia de confiabilidade. Testes de aplicação. Detecção de falhas.

### ABSTRACT:

The main objective of this article is to identify the faults incident to the system of an engine through what is called Reliability Engineering. In the specificity, analyze the useful life of critical components of public passenger transport vehicles, carrying out the tests in the actual application of the vehicle, as well as the best maintenance. For that, a bibliographical research was carried out with important authors that deal with the subject, besides a case study. Among the important conclusions of this study it is highlighted the fact that actions to minimize the problem will reduce the cost of maintenance.

**Keywords:** Reliability engineering. Application tests. Fault detection.

## INTRODUÇÃO

A crescente competição e a rápida atualização tecnológica aumentam as expectativas do consumidor em relação aos produtos recém-lançados no mercado, bem como suas melhorias. Esses requisitos se traduzem sob a perspectiva em se fornecer produtos com melhor qualidade e confiabilidade.

A Engenharia de Confiabilidade, por muitos anos, encontrou aplicações específicas nas indústrias de geração de energia, aeronáutica e aeroespacial, bem como em usinas nucleares. Com a abordagem de um conceito mais amplo da

---

<sup>1</sup> Aluno do Curso de Pós Graduação Faculdade Opet

<sup>2</sup> Mestre em Administração-Coordenadora e Professora do Curso de Gestão Comercial EAD-Faculdade Opet.

qualidade dos produtos, técnicas de confiabilidade, como redução e análise de sistemas, têm encontrado novas aplicações na área de engenharia mecânica, produção industrial e qualidade do produto e serviços, principalmente na indústria automobilística. Na atualidade, é de extrema importância a confiabilidade de um veículo, ou seja, ter a certeza que um veículo irá completar o seu trajeto pré-definido e retornar sem problemas durante um certo intervalo de tempo é imprescindível para uma empresa de transporte.

Várias técnicas de confiabilidade podem ser aplicadas durante o ciclo de vida de um equipamento, tendo em vista evitar que ocorra uma determinada falha quando o veículo está em operação (transitando). Mas mesmo assim, tais falhas podem ocorrer em face da dificuldade em se prever, com toda certeza, sobre todos os fatores os quais as levaram a ocorrer. Assim sendo, uma boa coleta de dados das falhas é essencial quando se trata de um programa de confiabilidade, no sentido de que o empresário possa ter conhecimento do que está ocorrendo em seu veículo.

Para o desenvolvimento do presente estudo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica com importantes autores que tratam da temática, além de um estudo de caso a partir da empresa Auto Viação Santo Antonio. Nesse contexto, tem-se por objetivo identificar as principais falhas em motores da Auto Viação Santo Antonio, visando a melhor quilometragem para manutenção através da Engenharia da Confiabilidade. Na especificidade, trata-se de analisar a vida útil de componentes críticos de veículos de transporte coletivos de passageiros, realizando os testes na aplicação real do veículo, bem como a melhor manutenção.

Dentro da engenharia de confiabilidade, a técnica de FTA (*Failure Tree Analysis*) auxilia na identificação e análise dos problemas, informando quais são os principais problemas para definir as quilometragens rodadas nas quais ocorrem às falhas e o tempo necessário para repará-las, sem que haja prejuízo de desempenho. Os métodos teóricos, fortemente baseados em Estatística, que compõem a Engenharia de Confiabilidade, têm como objetivo melhorar o desempenho de produtos ou sistemas, considerando um número reduzido de amostras. Nessa linha de discussão, a partir da abordagem trazida por este artigo, entende-se que as ações para minimizar o problema irão reduzir o custo de manutenção.

## CONFIABILIDADE

Localizar falhas em componentes mecânicos é uma preocupação bastante antiga. A inconfiabilidade de um veículo para um empresário do transporte coletivo acarreta em custos elevados para correção do problema durante a vida útil do ônibus, além da perda da “boa imagem” da empresa perante aos usuários (passageiros). Desta maneira, o estudo da confiabilidade tende a melhorar a confiança nos veículos, além de ajudar a prever a falha.

Considerando as mais diferentes concepções do termo confiabilidade, pode-se dizer que a confiabilidade trata de uma probabilidade de que um item desempenhe a sua função sem falhar, considerando condições especificadas e um determinado período de tempo. Para mencionar um exemplo, podemos considerar que um produto pode apresentar uma confiabilidade de 99,9% no período de algumas horas e em determinadas condições, tais como: pressão atmosférica e umidade,

temperatura ambiente, e com uma utilização adequada pelo usuário. No caso de uma destas condições sofrerem variação, em geral, varia também a confiabilidade do produto.

O que se pode concluir que a confiabilidade não se reduz à probabilidade de um item não falhar, mas também ao estudo de todos os fatores que podem incidir para que ocorra determinada falha. Nas palavras de Souza (2003, p. 03): “[...] probabilidade de um item executar suas funções sob condições pré-definidas de uso e manutenção, por um período de tempo específico”.

O funcionamento de alguns componentes, a operação em série é obrigatória. Assim, muitas vezes é utilizado um sistema em paralelo para aumentar a confiabilidade, sendo na programação, integração contínua, envolvimento do cliente real e implantações diárias (Princípio da Redundância).

## **ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE**

A engenharia da confiabilidade consiste na aplicação de um programa de confiabilidade e este, por sua vez, consiste na execução de tarefas durante o ciclo de vida do equipamento, desde o projeto até a fase de manutenção (VAZ, 1998). Existem várias normas relacionadas aos programas de gerenciamento da confiabilidade de um componente durante o seu ciclo de vida. Quanto as tarefas de confiabilidade, existem muitas durante as diversas fases do ciclo de vida, tendo por referência a confiabilidade à nível de sistemas.

Abaixo segue as tarefas de confiabilidade mais utilizadas, e que também respondem com melhores resultados (VOLLERTT JUNIOR, 1996): a) tarefas da confiabilidade durante a fase de projeto: previsão da confiabilidade; Análise do Modo e Efeito da Falha (FMEA); Árvore de Falhas (FTA); b) tarefas da confiabilidade durante a fase de testes: Testes de Crescimento da Confiabilidade; Testes de Triagem de Estresse Ambiental (ESS) e Burn-in.

Não se leva em consideração somente a percepção da própria empresa quanto a confiabilidade, a satisfação e o relacionamento em si existe um retorno do cliente com relação ao atendimento da mesma (CARDOSO, 2000).

## **ANÁLISE DO MODO E EFEITO DA FALHA**

No que se refere à Análise do Modo e Efeito da Falha (FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*), esta busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo. Este é o objetivo básico desta técnica, detectar falhas antes que se produza um componente. Com sua utilização, pode-se diminuir o risco do produto ou processo falhar, ou seja, aumentar a confiabilidade do projeto.

A Análise do Modo e Efeito da Falha (FMEA) trata-se de metodologia potencial e bem documentada, de modo que os engenheiros possam expor suas experiências em relação ao pode estar errado com o componente, subsistema ou sistema; quais consequências e efeitos que resultariam deste erro.

Como exposto em Vollertt Junior (1996), a Análise Crítica do Modo e Efeito da Falha representa um dos métodos mais utilizados e eficientes quanto a análise da confiabilidade. A metodologia utilizada para realizar esta tarefa é normalmente referenciada à norma militar americana MIL-STD-1629. Em sua matriz, há alguns itens básicos, tais como: identificação do componente, função, modos de falha, fase do ciclo de vida, efeito, indicação da falha, criticidade da falha e observações.

Dentre os índices utilizados para avaliar quantitativamente a gravidade da falha, segue alguns: índice de ocorrência – indicador da probabilidade de ocorrência de um determinado tipo de falha, devida a cada uma das várias causas relacionadas; índice de severidade – quanto ao impacto que uma falha determinada poderá trazer aos consumidores e à própria empresa; índice de detecção de um modo de falha de um FMEA – relacionado à probabilidade do não reconhecimento dos diversos tipos de falhas que um projeto/processo possa apresentar; índice de risco – quanto à multiplicação dos índices de ocorrência, severidade e detecção, cujo objetivo tem por prioridade as ações corretivas.

Alguns fatores são fundamentais para o sucesso de aplicação do método. Entre eles, está o conhecimento do produto/processo/serviço, conhecimento de outras ferramentas como diagrama de causa e efeito, Pareto, CEP (Controle Estatístico de Processo), confiabilidade, diagrama de árvore e falhas, e outras. Todas as falhas possíveis do ciclo de vida de um produto/serviço devem ser previstas e evitadas. A metodologia auxilia a:

Implementar a metodologia de fazer certo pela primeira vez; lidar com rápidas mudanças das expectativas dos clientes; minimizar o número de reclamações quanto ao produto; assegurar uma alta qualidade a um baixo custo; incentivar sempre na prevenção ao invés da correção; preparar os requisitos de manutenção preventiva; auxiliar no planejamento dos testes de confiabilidade. (VOLLERTT JUNIOR, 1996, p. 25).

Dentre as desvantagens do método FMEA, tem-se: “o tempo e o custo para aplicar o método são grandes; a técnica é percebida como difícil, demorada e monótona; o tempo para conduzir a análise é insuficiente; há uma falta de incentivo da gerência para aplicar o método” (VOLLERTT JUNIOR, 1996, p. 25-26). Estas desvantagens podem ser minimizadas com a automatização do método.

## **ANÁLISE DA ÁRVORE DE FALHA**

A Análise da Árvore de Falha (FTA - *Fault Tree Analysis*) refere-se a um método sistemático e padronizado, que tem por finalidade fornecer bases para a análise de falhas em sistemas e justificação de alterações em sistemas (AGOSTINHO, 1977; ALMEIDA, 1986). Os benefícios de uma árvore de falha são (HENLEY; KUMAMOTO, 1981): orientação na identificação dos modos de falha; pontuação quanto aspectos importantes do sistema para a falha de interesse; auxílio gráfico para fins de visibilidade às mudanças que se fizerem necessárias; opções para análise de confiabilidade quantitativa e qualitativa; possibilitar a análise no sistema de uma falha por vez.

A estrutura para aplicação de uma árvore de falha se baseia em: encontrar o evento de topo do sistema; identificar a seqüência de eventos do sistema que levaria o sistema a falhar; seqüência que poderia causar uma falha ou acidente são construídas por símbolos lógicos.

As finalidades de uma árvore de falhas são: estabelecimento de um método padronizado de análise de falhas ou problemas, verificando como ocorrem em um produto ou processo; análise da confiabilidade de um produto ou processo; compreensão dos modos de falha de um sistema, de maneira dedutiva; priorização das ações corretivas a serem tomadas; análise e projeto de sistemas de segurança ou sistemas alternativos em produtos; compilação de informações para manutenção de sistemas e elaboração de procedimentos de manutenção; indicação clara e precisa de componentes mais críticos ou condições críticas de operação; compilação de informações para treinamento na operação de equipamentos; compilação de informações para planejamento de testes e inspeção; simplificação e otimização de equipamentos (VOLLERTT JUNIOR, 1996).

As falhas do FTA são classificadas como: Falhas Primárias – falhas funcionais identificáveis, para equipamento funcionando dentro dos parâmetros de projeto como, por exemplo, falta de energia, queima de fusíveis, falha de conexão, ou quebra de válvulas; Falhas Secundárias – são falhas devido ao excessivo stress ambiental ou operacional sobre o componente e; Falhas de Comando – são falhas decorrentes da própria operação do componente, porém em lugar e momento inadequados.

As relações do FTA são representadas por ligações lógicas do tipo soma (ou), intersecção (e), exclusão, prioridade, inibição e espera. Símbolos especiais são utilizados para eventos incompletos, condicionais e do tipo trigger.

## MEDIDAS DE TEMPO UTILIZADAS EM CONFIABILIDADE

o MTBF (*Mean Time Between Failure*) é o tempo médio entre falhas, é a medida de confiabilidade mais utilizada para itens que podem sofrer reparos, ou seja, itens que quando submetidos a uma manutenção preventiva ou preditiva, tem sua vida útil alterada. Um veículo, por exemplo, pode ter um tempo médio entre falhas de 20.000Km. Porém, realizando-se reparos e ajustes, a vida útil deste pode chegar a 200.000Km. O tempo médio entre falhas é muito importante, porque determina o número de peças de reposição disponível para a realização de reparos do produto durante sua vida útil. Além disso, uma empresa pode estimar intervalos de manutenção baseados no MTBF, que aumentem significativamente a vida útil dos componentes. O tempo médio entre falhas (MTBF) é definido por:

Uma outra grandeza muito utilizada é o MTTF (*Mean Time to Failure*) ou tempo médio até a falha. Esse tempo pode ser utilizado para planejar o número de peças de reposição e os custos envolvidos com a mão de obra para realizar os reparos, frete de peças, entre outras. O tempo médio até a falha é definido por:

Algumas empresas utilizam o MTTR (*Mean Time to Repair*) ou tempo médio para realizar o reparo. O MTTR pode ser definido como o tempo total de manutenção corretiva dividida pelo número total de ações de manutenção corretiva

durante um determinado período. Esta estimativa leva em consideração tempos de atraso de reparo devido à falta de peças de substituição.

## ESTUDO DE CASO

Empresas de um sistema de transporte coletivo são responsáveis pelo deslocamento de passageiros com segurança e pontualidade. Dentro da pontualidade, o fator confiabilidade é uma ferramenta de suma importância. Portanto, este artigo torna-se necessário para a gestão da empresa Auto Viação Santo Antônio, para termos a noção do impacto que a confiabilidade traz para a redução de custos e para a satisfação do cliente, então os objetivos são identificar as falhas que ocorrem no sistema de um motor através da Engenharia de Confiabilidade e analisar a vida útil de componentes críticos de veículos de transporte coletivos de passageiros.

Então, a manutenção de tais empresas se preocupam e se esforçam para que seus ônibus saiam e retornem para a garagem sem problemas que possam gerar transtornos. Quando um motor apresenta falha, pode ocorrer a fusão de peças móveis. A ocorrência de tal fusão faz com que os custos com o reparo sejam muito altos. Quando se determina uma distância percorrida para efetuar um reparo parcial no motor, os gastos são muito menores e a vida útil do equipamento aumenta.

Para o objetivo deste trabalho, foram analisados veículos de transporte urbano de passageiros (ônibus) da empresa Auto Viação Santo Antonio Ltda, pertencente à Rede Integrada de Transporte de Curitiba. Tal empresa fica localizada na cidade de Colombo, na região Metropolitana de Curitiba. Foram analisados 28 veículos da categoria alimentadores (100% desta categoria) do total da frota de 121 veículos. Essa análise foi realizada desta maneira devido aos itinerários das linhas serem as mais complicadas ou bruscas de se operar um ônibus, onde demanda muito trabalho do veículo.

Nas análises realizadas, observou-se que os modos de falhas que ocorrem com maior frequência são: excesso de vapor de óleo pelo respiro do cárter do motor; desgaste excessivo de peças ou componentes (constatado através de análise de laudos de amostra de óleo lubrificante); e baixa pressão de compressão dos cilindros do motor.

Devido sua complexidade e a dificuldade de se prever as falhas, um programa baseado na confiabilidade se torna atrativo.

No que se refere ao excesso de vapor de óleo no respiro do motor, o aquecimento do óleo lubrificante do motor e o movimento da árvore de manivelas (virabrequim) podem causar a vaporização do óleo. Devido a este fato, existe um orifício com uma mangueira no cárter do motor para servir de alívio (“respiro”) dos gases, o que é normal. Em alguns veículos, estes gases são direcionados novamente para a admissão do motor.

Quando o motor está deixando “escapar” compressão pelos anéis dos pistões, a intensidade de vapor de óleo pelo respiro do cárter do motor aumenta muito, como consequência disto, o consumo de óleo lubrificante do motor também aumenta. E isto é um indicador da necessidade de reparos no motor.

Nessa linha, é importante destacar as informações quanto aos laudos de amostra de óleo. Coletas de amostra de óleo lubrificante do motor podem ser efetuadas e enviadas para um laboratório para ensaio metalográfico e das características físicas e químicas do óleo. O laboratório emite um relatório com todos os dados para análise.

Sabendo a composição química dos componentes do motor, podemos identificar a localização do problema. Exemplos: um elevado teor de alumínio, pode indicar um desgaste excessivo nos pistões; baixo ponto de fulgor aponta para o fato de diluição de diesel no óleo lubrificante do motor; 3) Baixa viscosidade pode significar oxidação do óleo.

A partir de uma sequência de laudos com resultados crescentes de desgastes, deve-se efetuar reparos no motor afim de evitar problemas maiores.

Esta manutenção se enquadra dentro do conceito de manutenção preditiva, uma vez que não se faz necessário desmontar o motor para se comprovar a necessidade de intervenção.

Sobre a baixa pressão de compressão, com o movimento de vai e vem do pistão, a pressão de compressão é gerada. Existe um equipamento utilizado para medir a pressão de compressão chamado de *Motometer*.

Os anéis de pistão, como dito anteriormente, vedam a passagem de pressão de compressão para o cárter do motor. Quando o anel está avariado, há uma perda de pressão, o que resulta na necessidade de reparos no motor. A figura abaixo mostra um gráfico de pressão de compressão de um motor diesel.

Posto isso, segue-se para o rastreamento e análise das falhas. Para efeito de análise, foram consideradas falhas os defeitos significativos, ou seja, os que fazem com que os veículos interrompam sua jornada de trabalho e que demandem um certo tempo para a execução. Logo abaixo, está relacionado os componentes que se enquadram na definição das falhas consideradas: turbinas; juntas dos cabeçotes; volantes de motores; kits de pistão, cilindro e anéis; anéis de pistão; bronzinas e anéis; retentores das árvores de manivelas; polias (antivibração) das árvores de manivelas; reparos parciais nos motores; e recondiçionamentos de motores.

Para registros das falhas é utilizado um software (*Conductor*) e relatórios das falhas ocorridas podem ser gerados. As tabelas a seguir mostram de forma resumida, o prefixo de identificação do veículo, a quantidade de falhas, a distância percorrida até a falha e entre as falhas e o componente que falhou (Tabelas 1 e 2).

**Tabela 1 – Resumo das falhas**

<b>Componentes que Falharam</b>	<b>Número de Ocorrências</b>
Turbina	35
Reparo parcial no motor	15
Junta do cabeçote	16
Volante do motor	2
Kits pistão/cilindro/anéis	2
Anéis de pistão	4
Bronzinas e anéis	2

Retentor da árvore de manivelas	15
Recondicionamento do motor	3
Polia da árvore de manivelas (antivibração)	12

Fonte: Pesquisa realizada pelo autor, 2016.

Aplicando as equações verificadas para os dados já analisados e registrados anteriormente, pode-se definir a taxa de falha e a vida característica para cada veículo como segue na tabela abaixo (Tabela 2):

**Tabela 2:** Taxa de falha e vida característica.

Veículo	Número de Falhas em 500.000km	Taxa de Falha Característica	Vida Característica
18A59	3,058	6,12E-06	163.492,33
18A60	4,916	9,83E-06	101.717,00
18A61	5,717	1,14E-05	87.454,14
18A62	2,194	4,39E-06	227.880,33
18A63	2,723	5,45E-06	183.632,33
18A64	7,394	1,48E-05	67.624,17
18A65	1,807	3,61E-06	276.646,50
18A66	1,097	2,19E-06	455.631,00
18A67	5,403	1,08E-05	92.541,20
18A68	2,949	5,90E-06	169.554,33
18A69	4,270	8,54E-06	117.108,60
18A70	4,024	8,05E-06	124.244,25
18A76	9,296	1,86E-05	53.787,33
18A77	3,097	6,19E-06	161.426,33
18A78	5,199	1,04E-05	96.172,33
18A79	7,806	1,56E-05	64.055,50
18A80	5,780	1,16E-05	86.504,00
18A81	7,116	1,42E-05	70.265,25
18A82	4,771	9,54E-06	104.797,25
18A83	4,175	8,35E-06	119.772,25
18A84	4,858	9,72E-06	102.926,80
18A85	5,559	1,11E-05	89.937,00

18A86	7,346	1,47E-05	68.062,14
18A87	2,609	5,22E-06	191.661,00
18A88	1,066	2,13E-06	469.193,00
18A89	2,356	4,71E-06	212.258,50
18A90	1,292	2,58E-06	386.895,00
18A91	1,631	3,26E-06	306.498,00

Fonte: Pesquisa realizada pelo autor, 2016.

Quanto ao Tempo Médio até a Falha (MTTF), neste trabalho não foi determinado apenas para um veículo. Efetuou-se uma média de todos os tempos e o resultado foi o seguinte: MTF: 210.843Km. Este é um resultado importante, pois significa que em média um veículo OF 1722 opera 210.843km sem falhas. Assim sendo pode-se planejar e estabelecer uma primeira intervenção preventiva ainda antes da primeira falha, como por exemplo: intervir na parte superior do motor, avaliar válvulas de admissão e escape, avaliar conicidade dos cilindros, substituir juntas e retentores, inspecionar criteriosamente o turbo com 200.000km rodados.

No que se refere ao Tempo Médio entre Falhas (MTBF), assim foi calculado, MTBF: 122.019Km. Assim, pode-se estimar a primeira intervenção preventiva e mais criteriosa com aproximadamente 200.000km e a partir disso prever inspeções preventivas a cada 115.000km.

Finalmente, quanto aos Cálculos de Confiabilidade, na tabela a seguir são apresentados os valores calculados para a função confiabilidade com 50.000km, 100.000km, 200.000km, 300.000km, 400.000km e 500.000km rodados (Tabela 3).

Tabela 3: Confiabilidade x Quilometragem rodada.

Veículo	Parâmetro de forma ( $\beta$ )	Confiabilidade					
		50.000km	100.000km	200.000km	400.000km	500.000km	
A59	18	0,750	66%	50%	31%	14%	10%
A60	18	0,750	56%	37%	19%	6%	4%
A61	18	1,250	61%	31%	6%	0%	0%
A62	18	1,000	80%	64%	42%	17%	11%
A63	18	1,250	82%	63%	33%	7%	3%
A64	18	1,250	50%	20%	2%	0%	0%
A65	18	1,250	89%	76%	51%	20%	12%
A66	18	1,250	94%	86%	70%	43%	33%
A67	18	1,250	63%	33%	7%	0%	0%
A68	18	1,250	80%	60%	29%	5%	2%

A69	18	1,250	71%	44%	14%	1%	0%
A70	18	0,750	60%	43%	24%	9%	6%
A76	18	1,250	40%	11%	1%	0%	0%
A77	18	1,250	79%	58%	27%	4%	2%
A78	18	1,250	64%	35%	8%	0%	0%
A79	18	1,000	46%	21%	4%	0%	0%
A80	18	1,250	60%	30%	6%	0%	0%
A81	18	0,750	46%	27%	11%	3%	1%
A82	18	1,250	67%	39%	11%	0%	0%
A83	18	1,250	71%	45%	15%	1%	0%
A84	18	1,000	62%	38%	14%	2%	1%
A85	18	1,000	57%	33%	11%	1%	0%
A86	18	1,250	51%	20%	2%	0%	0%
A87	18	1,250	83%	64%	35%	8%	4%
A88	18	1,000	90%	81%	65%	43%	34%
A89	18	1,000	79%	62%	39%	15%	9%
A90	18	1,000	88%	77%	60%	36%	27%
A91	18	1,000	85%	72%	52%	27%	20%
<b>Média:</b>			69%	47%	25%	9%	6%

Fonte: Pesquisa realizada pelo autor, 2016.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo visa a apresentação de uma proposta para elaboração de uma árvore de falhas geral de motores para a determinação da distância percorrida ótima para manutenção em motores de ônibus pela Engenharia da Confiabilidade.

A utilização da engenharia de confiabilidade permitirá a aplicações de conhecimentos dos fundamentos obtidos, bem como o conhecimento de cálculo e estatística. Uma vez que nos últimos anos as linhas de pesquisa que investigam a análise de confiabilidade receberam um novo impulso, em virtude do desenvolvimento de técnicas novas, suportadas pelo aumento da capacidade da engenharia, prevendo assim determinação da probabilidade de falha.

O fato da indisponibilidade dos ônibus nas linhas em que operam, desperta de imediato a importância também da elaboração de um plano de manutenção que considere o compromisso entre o custo da manutenção e a satisfação do cliente em chegar em seu destino no horário e com segurança.

Outra questão interessante deste artigo é a valorização do estudo e implementação das formas de realizar manutenção, incluindo ações preditivas e atividades que reduzem a indisponibilidade do veículo proporcionando maior receita para a empresa.

## REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, L. O. **Tolerâncias, Ajustes Desvios e Análise de Dimensões**. São Paulo: Edgar Blucher, 1977.

ALMEIDA, A. T. de. **Avaliação de Desempenho de Sistemas**. Recife: Publicações Técnicas da CHESF, 1986.

CARDOSO, I. A. P. **Elaboração de Políticas de Manutenção: Uma Abordagem Voltada à Análise de Confiabilidade**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade de São Paulo, 2000.

HENLEY, E. J. & KUMAMOTO H. *Reliability Engineering and risk assessment*. **Prentice-Hall**, 1981, p. 1-5.

SOUZA, G. F. M. Análise de confiabilidade aplicada ao projeto de sistemas mecânicos. São Paulo: Escola Politécnica, 2003.

VAZ, JOSÉ CARLOS. **Gestão da Manutenção**. São Paulo: Edgar Blücher, 1998.

VOLLERTT JUNIOR, João Rosaldo. **Confiabilidade e falhas de campo: um estudo de caso para melhoria da confiabilidade de um produto e do reparo, através de um procedimento sistemático de coleta de dados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.