



PUC Minas

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
MECÂNICA**

**COMPARATIVO DE CONFIABILIDADE AUTOMOTIVA  
BASEADO EM FALHAS EM SERVIÇO**

Núcleo Universitário Coração Eucarístico

**Rodrigo Duarte Ribeiro de Oliva**

Belo Horizonte  
2006

**Rodrigo Duarte Ribeiro de Oliva**

**COMPARATIVO DE CONFIABILIDADE  
AUTOMOTIVA BASEADO EM FALHAS EM SERVIÇO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Ernani Sales Palma, Dr.-Ing..

Belo Horizonte  
2006

Rodrigo Duarte Ribeiro de Oliva

**Comparativo de Confiabilidade Automotiva Baseado em Falhas em Serviço**

Dissertação de Mestrado submetida à banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica.

Belo Horizonte, 10 de novembro de 2006

---

Prof. Dr.-Ing.-Ernani Sales Palma - Presidente,(Orientador)-PUC Minas

---

Prof. Dr. Wisley Falco Sales- PUC Minas

---

Prof. Dr. João Mário Andrade Pinto- CDTN/FUMEC

Ao Professor Ernani pelo apoio incondicional à pesquisa.

A minha família, Pai, Mãe, Ana e Renata pela presença e suporte.

Aos amigos pela colaboração.

Ao Eng. Carlos Laurini, pela força inicial.

A Puc Minas pela viabilização deste trabalho

Ao Amigo Flavio Santos pela motivação

## **AGRADECIMENTOS**

O Agradecimento especial para os que participaram de alguma forma na construção deste trabalho, em especial às seguintes pessoas e instituição.

Pr. Dr. Ernani Sales Palma, pelo equilíbrio nos momentos difíceis.

Pontifícia Universidade Católica- PUC Minas pelo alto nível do curso.

## RESUMO

A indústria automotiva de modo geral necessita manter sob controle as falhas dos seus produtos em campo, por questão de lucratividade e sobrevivência assim como é também exigência do mercado um bom nível de satisfação do cliente. Atualmente, já prevendo estes custos, os valores a serem gastos com os veículos em garantia são introduzidos já no preço de venda dos produtos de forma aleatória. Surge aí a necessidade de prever o nível de confiabilidade dos projetos de uma forma mais segura e preferencialmente estatística, baseada em histórico de falhas. Este trabalho utiliza uma metodologia para análise de confiabilidade e taxa de falhas de um veículo completo, incluindo todos os seus sistemas mecânicos mais críticos. O trabalho utiliza dados de falhas em campo de um mesmo veículo durante o período de garantia em condições diferentes de operação, Brasil e Argentina, para assim pode-se avaliar o comportamento de um mesmo projeto, em aplicações diferentes.

Palavras Chave: Confiabilidade, taxa de falhas, sistemas mecânicos.

## **ABSTRACT**

The ability of individual automotive components to tolerate accidental failures without compromise the vehicle is important when they operate under arduous conditions. The performance rates of system elements should be taken into account as well as the level of demand when the entire system's survivability is estimated. Numerous studies have been made to analyze failures of individual mechanical components. However, a global analysis of automotive component failures is imperative to determine the reliability of the vehicles. In these work automotive failures in two different countries Brazil and Argentina are analyzed. All repairs were performed during the warranty period of heavy duties trucks at authorized dealerships. Thus, warranty data was the source of information on the behavior of components in service. Failures of several mechanical components were compared and analyzed. The reliabilities and failure rates of the vehicles in both countries were determined and compared. Weibull model was used to determine the reliability of the vehicles.

Key-words: Reliability, failure rate, mechanical systems.

## LISTA DE SIGLAS

$S$  = Amplitude de tensão aplicada

$N$  = Número de ciclos

$\varepsilon$  = Deformação do material

$S_e$  = Limite de resistência à fadiga do material

$S_u$  = Limite de ruptura do material

$S_{1000}$  = Tensão alternada correspondente à 1000 ciclos sob tensão alternada

MPa = Unidade Mega Pascal

$\sigma_M$  = Tensão média

$\sigma_{M\acute{a}x}$  = Tensão máxima no ciclo

$\sigma_{M\acute{i}n}$  = Tensão mínima no ciclo

$\sigma_a$  = Amplitude de tensão alternada

$\Delta\sigma$  = Intervalo das tensões

$A$  = Fator de amplitude

$D$  = Dano fracionário

$n$  = Número de ciclos em nível específico  $S$  de tensões

$R(t)$  = Confiabilidade, probabilidade de sobrevivência.

$R_f$  = Confiabilidade referente ao sistema de freios

$R_e$  = Confiabilidade referente ao sistema de eixos

$R_{tf}$  = Confiabilidade referente ao trem de força

$R_c$  = Confiabilidade referente ao câmbio

$R_m$  = Confiabilidade referente ao motor

$R_i$  = Confiabilidade referente ao sistema de injeção

$R_{el}$  = Confiabilidade referente ao sistema elétrico

$R_{cr}$  = Confiabilidade referente à carroceria

$\Phi$  = Função de distribuição acumulada

$F(t)$  = Probabilidade de falha

$t$  = Tempo

$T$  = Tempo até a ocorrência da falha

$\beta$  = Parâmetro de forma

$\delta$  = Parâmetro da localização ou vida mínima.

$\eta$  = Parâmetro de escala ou vida característica.

$\mu$  = Média do logarítmo do tempo de falha.

$\sigma$  = Desvio padrão

$E$  = Evento

$P$  = Probabilidade de ocorrência de um evento

$P(x)$  = Posicionamento de uma falha em relação à quilometragem de ocorrência.

$\text{Rank}(x)$  = Ordem da posição da falha em relação à vida útil

## SUMÁRIO

<b>1-INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
<b>2-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	
<b>2.1 FALHAS EM COMPONENTES AUTOMOTIVOS.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.1 Fadiga .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.2 Acúmulo de danos .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 CONFIABILIDADE SISTEMAS MECÂNICOS.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.1 Confiabilidade .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.2 Modelos Probabilísticos .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.3 Inter-relação sistemas mecânicos .....</b>	<b>27</b>
<b>2.2.4 Análise de tempos de falha.....</b>	<b>32</b>
<b>2.3 ESTADO DA ARTE .....</b>	<b>34</b>
<b>3-MÉTODOLOGIA.....</b>	<b>43</b>
<b>3.1 AQUISIÇÃO DE DADOS.....</b>	<b>44</b>
<b>3.2 PROCEDIMENTO.....</b>	<b>46</b>
<b>4-RESULTADOS</b>	
<b>4.1 FALHAS NOS SISTEMAS CRÍTICOS.....</b>	<b>52</b>
<b>4.2 ANÁLISE DE CONFIABILIDADE.....</b>	<b>71</b>
<b>5-DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>74</b>
<b>6-CONCLUSÕES.....</b>	<b>81</b>
<b>7- SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>82</b>
<b>8-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>83</b>
<b>9-APÊNDICE.....</b>	<b>87</b>

## 1-INTRODUÇÃO

Atualmente, existe a necessidade, especialmente nos fabricantes de automóveis, de dimensionar de forma segura a durabilidade de componentes ou de sistemas mecânicos. Por meio destes resultados e da estimativa de vida útil, pode ser definida a relação custo benefício do componente a ser projetado.

Cada componente de um sistema ou veículo, ao falhar, causa falha deste ou do sistema completo, por tanto qualquer tipo de falha, principalmente em serviço, deve ser prevista e evitada no projeto.

A fadiga é uma das principais causas de falhas que se deve conhecer para reduzir continuamente o índice de falhas em serviço, de forma que com a manutenção preventiva, tem-se sempre o objetivo de que o produto não falhe prematuramente e atenda às expectativas do cliente.

Fadiga é o fenômeno gerado por carregamentos cíclicos que tem como consequência a quebra ou falha prematura de componentes de sistemas mecânicos. A fadiga é consequência de diversos fatores, como por exemplo, a condição de trabalho a que foi submetido o sistema mecânico. Ela pode ser também acarretada por fatores relacionados às propriedades mecânicas dos materiais ou o somatório de ambos os fatores. Este fenômeno tem relação direta com o custo e o valor agregado ao componente, em operação ou ainda em projeto, e por isto chama a atenção da indústria de bens de consumo. As diversas formas de fadiga já vem sendo estudadas há mais de 150 anos, sempre buscando uma faixa segura de tensões

alternadas, para que uma peça possa chegar a uma vida infinita em sua aplicação (BANNANTINE, et al,1990).

A melhor forma encontrada para minimizar os custos com as falhas por fadiga foi introduzir a pesquisa já no momento de desenvolvimento de componentes, máquinas e sistemas. Este é o instante ideal para estudar materiais com resistência apropriada, dimensões adequadas, assim como formas que gerem o mínimo de concentração de tensões.

O cálculo de confiabilidade é uma ferramenta bastante eficaz para controlar e reduzir falhas em componentes, durante sua vida útil. A confiabilidade é um fator essencial no dimensionamento de componentes submetidos à fadiga.

## 1.1-Objetivos

O objetivo deste trabalho consiste em realizar o cálculo de confiabilidade de um veículo, por meio de seus dados de falha no período de garantia. Para objetivar a análise, o veículo é considerado como um conjunto formado pela interligação de vários sistemas.

O tipo e aplicação do veículo são fatores influentes na confiabilidade do mesmo, Portanto, serão avaliados veículos de mesmo modelo em dois países diferentes, que com suas especificidades alteram o comportamento do produto. Desta forma será avaliada a severidade de cada um dos países analisados utilizando a taxa de falhas.

Por meio da resposta do produto em campo, que são os dados de falha em serviço, pode-se obter um número que representa o grau de confiabilidade do veículo, também interpretado como a probabilidade de sobrevivência dos componentes em campo.

Esta metodologia pode vir a ser uma ferramenta útil para visualizar o comportamento do produto em sua missão por meio de suas falhas, possibilitando fornecer informações para o desenvolvimento de novos produtos e para o planejamento de investimentos em melhorias de qualidade do produto em exercício. Além disto, pode ser aplicada para comparar diferentes veículos.

Esta metodologia tem como base os dados de falhas obtidos em veículos em campo durante sua utilização normal pelos clientes. Os principais dados apresentados são:

- Falhas ocorridas no veículo com suas respectivas quilometragens.
- Tempo de uso do veículo
- Sistemas envolvidos na falha
- Banco de dados com todas as falhas de um determinado veículo por um ou mais anos.
- Custo de mão de obra e peças para reparação da falha
- Estatísticas de falhas ligadas ao número de chassi do veículo, e data de produção.

Após este estudo poderá ser realizada uma avaliação estatística imediata do resultado de melhorias implantadas nos sistemas veiculares, assim como a estratificação percentual das falhas por sistema veicular, dentro do conjunto total de falhas do veículo.

## 2-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1-Falhas em componentes automotivos

#### 2.1.1-Fadiga

Fadiga é um modo de falha gerado por carregamento cíclico atuante por um certo tempo. Esta falha é iniciada por meio de uma trinca que passa a se propagar no material até a ruptura completa do componente.

Existem três métodos principais para dimensionamento de vida à fadiga: Fadiga controlada por tensão, Fadiga controlada por deformação e Mecânica da fratura aplicada à fadiga (BANNANTINE et al.,1990).

O dimensionamento pela fadiga controlada por tensão utiliza a curva S-N, onde são projetados os valores de tensão alternada versus o número de ciclos de vida, acompanhando-se a tensão aplicada no elemento de acordo com o número de ciclos. Este é o método mais utilizado para vida em fadiga de alto ciclo, porque tem melhores resultados dentro do regime elástico do material.

Na fadiga controlada por deformação utiliza-se das curvas  $\epsilon$ -N, onde são projetados os valores de deformação versus o número de ciclos de vida acompanhando-se a deformação do elemento de acordo com o número de ciclos. Este é o método mais utilizado para vida em fadiga de baixo ciclo, porque tem melhor modelagem da relação tensão-deformação em pontos críticos como entalhes.

A mecânica da fratura aplicada à fadiga tem como base o método de fratura linear elástica, adaptada à situação de carregamento alternado. Ele é usado para determinar a vida de componentes, durante a propagação de trincas. Associado à Mecânica da fratura, pode ser usado o método de fadiga controlada por deformação para determinar o número de ciclos para início de trinca (BANNANTINE et al.,1990).

O método de fadiga controlada por tensão foi o primeiro a ser desenvolvido. Ele é usado principalmente para regimes elásticos e análises de vidas longas para fadiga, no qual as tensões aplicadas são inferiores ao limite de escoamento do material (BANNANTINE et al.,1990).

Este método tem melhor representação nas curvas S-N desenvolvidas por August Wöhler, onde os valores de tensão alternada versus número de ciclos, representam a vida do componente sob a influência de carregamento cíclico. A curva S-N pode ser modelada utilizando-se aproximações empíricas (COLLINS,1993); (BANNANTINE et al.,1990). No entanto, para a obtenção da confiabilidade desejada o ideal é a determinação experimental das curvas S-N para aplicações específicas.

Ao se estudar fadiga em componentes mecânicos, deve-se observar o comportamento dos materiais nas várias formas de carregamento imposto pela forma de trabalho da máquina em questão. Os carregamentos subdividem-se de acordo com sua amplitude e freqüência que podem ser constantes ou não, e em tensões médias e alternadas (COLLINS, 1993).

Existem também as formas mais complexas de carregamento alternado, nos quais a amplitude e freqüência são totalmente aleatórias com o decorrer do tempo. Isto acontece por exemplo em componentes do sistema de suspensão automotiva,

como feixes de molas, molas helicoidais, braços oscilantes, etc. Neste caso, curvas S-N não podem ser usadas diretamente (NORTON,1996).

### 2.1.2-Acúmulo de danos

A teoria de acúmulo de danos foi proposta por Palmgren em 1924 e desenvolvida por Miner em 1945, e é conhecida como regra linear de acúmulo de danos de Palmgren – Miner. O dano gerado pela aplicação de carregamentos cíclicos é acumulativo, portanto intervalos na aplicação de carga não anulam os efeitos do histórico de tensões previamente aplicadas (COLLINS,1993).

Em geral as Curva S-N são levantadas para verificar carregamentos completamente reversíveis. Assim, para uma tensão aplicada, obtém-se a correspondência exata com o número de ciclos de vida e o dano no componente.

Nos casos mais comuns de engenharia, o carregamento externo é aleatório e as curvas S-N não são aplicáveis diretamente. A partir daí utiliza-se a regra linear de acumulo de danos, que avalia o dano fracionário dos estágios da vida sob fadiga (BANNANTINE et al.,1990). O dano é definido como a relação entre o número de ciclos(n) que o componente foi submetido sob uma tensão alternada (S) e a vida (N) que ele teria, obtida na curva S-N ou seja, conforme Equação (1).

$$D = \frac{n}{N} \quad (1)$$

O dano D é definido como uma fração da vida de um determinado evento ou uma série de eventos , parte integrante do dano total que produzirá a falha conforme

Equação. (2). A previsão de falha se dá quando somados os danos parciais obtém-se resultado maior ou igual ao da unidade(COLLINS,1993).

$$\sum_{j=1}^i \frac{n_j}{N_j} \geq 1 \quad (2)$$

A deficiência desta regra é não dar a devida diferenciação da seqüência de aplicação dos níveis de tensão presentes. Dados experimentais indicam que a ordem em que os vários níveis de tensão são aplicados tem influência significativa no dano do material (SILVA,1999). Entretanto, em carregamentos onde a tensão é aplicada de maneira aleatória, esta regra não apresenta problemas.

Para realizar a previsão de vida de um componente sujeito a um carregamento aleatório é necessário representar este histórico por ciclos selecionados e compará-los com a curva de carregamento de amplitude constante, o que é chamado de contagem de número de ciclos (BANNANTINE et al.,1990).

Dentre as várias técnicas existentes para realizar a contagem de número de ciclos, a mais usada é a do "Rain Flow". Este método realiza a contagem do número de ciclos representando-os analogamente por uma queda de chuva sobre um telhado. Ele é uma representação das tensões (ou deformações) aplicadas ao longo do tempo e por isto possui orientação vertical, com picos e vales. A contagem do número de ciclos obedece a regras, as quais estão explicadas detalhadamente em Collins (1993).

## **2.2-Confiabilidade sistemas mecânicos**

### **2.2.1-Confiabilidade**

Uma das características de qualidade que um consumidor requer de um produto manufaturado é confiabilidade. Para um usuário típico de produto manufaturado, a idéia de confiabilidade é o primeiro pensamento que surge naturalmente, como requisito de qualidade intrínseco ao produto, geralmente associado à durabilidade. Para este, um produto deve funcionar bem, por um longo período de tempo (ELSAYED, 1992).

Embora possam existir várias percepções do que seja um bom funcionamento, a noção de confiabilidade está associada à sua capacidade de funcionar de maneira satisfatória durante um longo período de tempo. Capacidade, no entanto é algo um tanto abstrato. Assim, para que se possam estabelecer metas relacionadas à confiabilidade do produto, é necessário encontrar uma maneira de quantificar esta capacidade, ou seja, mensurar a confiabilidade.

Como definição, pode-se adotar que confiabilidade é a probabilidade de um item desempenhar satisfatoriamente a função requerida, sob condições de operação estabelecidas, por um período de tempo determinado (FREITAS e COLOSIMO, 1997).

A teoria clássica de projeto não prevê o fato de que muitos parâmetros de engenharia tem a possibilidade de variar, dentro de um certo intervalo mais ou

menos amplo conforme o caso. O processo clássico é simples, fácil de se empregar, mas falha pela falta de rigor no tratamento quantitativo das variáveis de projeto.

Nas aplicações onde o mínimo peso, extrema segurança e confiança no desempenho são exigências primordiais, o caminho mais aceitável para trabalhar com as variáveis de projeto é adotar um procedimento estatístico.

A diferença fundamental entre método clássico de projeto e enfoque probabilístico consiste no fato de se admitir uma probabilidade de falha definida para o componente analisado. No método clássico, a probabilidade de falha era oculta por um coeficiente de segurança. Já no enfoque probabilístico, de maneira mais realista, admite-se a probabilidade de existência de uma falha.

O termo confiabilidade está diretamente ligado à confiança existente em algo. Em engenharia o termo está relacionado com a confiança sobre um projeto executado, ou mesmo, como segurança do projeto em exercício.

O coeficiente de segurança é habitualmente um valor tomado arbitrariamente, pois não é possível conhecer todas as variáveis de projeto. Por outro lado, a confiabilidade é justamente a definição da margem de segurança a usar, por meio de um fator de projeto, definido como a razão entre os valores médios da resistência e da solicitação. O coeficiente de segurança real que existe no sistema é tratado como uma variável aleatória, podendo assumir qualquer valor. O fator de projeto é determinado a partir das dispersões das variáveis de projeto e do grau de confiança necessário (ROSA, 1976).

Existem três fatores principais associados à confiabilidade que são as especificações de projeto, o tempo de operação (quilometragem) e os efeitos ambientais.

As especificações de projeto podem se dividir em duas categorias: Condições de operação do sistema e a exatidão de funcionamento. Se as condições de operação reais forem diferentes das previstas, a confiabilidade também se altera. Como exemplo, pode-se tomar um veículo que foi projetado para rodar em asfalto e em consequência terá desempenho insatisfatório em terrenos não pavimentados.

A agressividade do ambiente reduz a confiabilidade, porque aumenta a probabilidade de falhar, para o mesmo período de tempo. O tempo de uso do sistema também reduz a confiabilidade já que com maior período de funcionamento, aumenta –se a oportunidade de falhar (ROSA,1976).

A função de confiabilidade é uma das principais funções probabilísticas usadas para descrever estudos provenientes de teste de durabilidade. Esta função é definida como a probabilidade de um produto desenvolver sua função sem falhar até um certo tempo (t). Em termos probabilísticos isto é descrito em função da variável de interesse (T) tempo até a ocorrência da falha.

Existe a necessidade de se estudar as falhas e os modelos matemáticos das vidas em dois principais momentos, no estágio de desenvolvimento e no teste de um produto em novas aplicações. Em ambas, os engenheiros estão interessados nos modelos matemáticos da vida do produto, uma vez que a falta de adequação às especificações estará interferindo na garantia do desempenho do mesmo no futuro. Um dos muitos objetivos dos estudos de falhas é adquirir informes retroativos, com finalidade de ajustar ou modificar o modelo matemático da vida do produto para que o balanceamento econômico observado no desenvolvimento do mesmo seja melhorado e otimizado (RAUL,1988) .

### 2.2.2 Modelos Probabilísticos

Todo fenômeno cuja ocorrência só pode ser prevista por um modo probabilístico é um fenômeno aleatório. Assim, uma dada variável será aleatória quando esta não pode ser determinada previamente.

Se uma amostra aleatória de itens, retirada de uma população estatística estável é posta a funcionar sob um conjunto de condições ambientais previamente fixadas, elementos dessa amostra falharão sucessivamente à medida que o tempo se desenvolver. Após todos os elementos de uma amostra falharem, os dados amostrais constituir-se-ão uma amostra ao acaso de observações. Os dados estarão disponíveis pela ordem de suas durabilidades. Estes dados fornecem uma imagem da função distribuição acumulada de falhas no tempo de vida do componente. Esta imagem é chamada de amostra da função densidade acumulada de falhas (RODRIGUES,1988).

Uma variável aleatória é caracterizada pela sua função densidade de probabilidade, que representa uma freqüência relativa com que um dado valor pode ocorrer, algumas vezes é referida como função densidade apenas.

Uma técnica estatística para análise de dados de durabilidade, requer a especificação de uma distribuição de probabilidade para o tempo de falha, principalmente se a taxa de falha de um componente for não-linear. A essas distribuições de probabilidade dá-se o nome de modelos probabilísticos para o tempo de falha (BORGES, et al., 1996)

Os Principais modelos probabilísticos mais usados em confiabilidade são o Weibull, Exponencial e o Log-normal (ROSA, 1976).

A distribuição de Weibull foi proposta originalmente por W. Weibull em 1954, em estudos relacionados ao tempo de falha devido à fadiga de metais. Segundo Meyer (1982), a distribuição de Weibull, representa um modelo adequado para estudos das leis das falhas, sempre que o equipamento for composto de vários componentes e a falha tenha acontecido devido à mais grave irregularidade dentre muitas existentes no equipamento. Pois é um tipo de distribuição com grande variabilidade de formas. Por estes motivos a distribuição de Weibull foi utilizada neste trabalho.

A probabilidade de falha de um item num dado período de tempo é  $F(t)$ , sendo complemento da confiabilidade do mesmo item,  $R(t)$  no mesmo período desde que nenhuma alternativa é possível e estes eventos são mutuamente exclusivos. Assim, a confiabilidade  $R(t)$  do sistema é representada pela equação(3) (RODRIGUES, 1988):

$$R(t) + F(t) = 1 \quad (3)$$

A função de confiabilidade  $R(t)$  é dada pela equação (4):

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta\right] \quad (4)$$

A função de densidade de probabilidade da distribuição de Weibull é dada pela equação (5):

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta - \delta} \left(\frac{t - \delta}{\eta - \delta}\right)^{\beta-1} \times \exp\left[-\left(\frac{t - \delta}{\eta - \delta}\right)^\beta\right], t \geq 0 \quad (5)$$

A taxa de falhas da distribuição de Weibull é dada pela equação (6):

$$\lambda = \frac{\beta}{\eta - \delta} \left( \frac{t - \delta}{\eta - \delta} \right)^{\beta-1}, t \geq 0 \quad (6)$$

A distribuição de Weibull é paramétrica cujos parâmetros são: Parâmetro de forma ( $\beta$ ), parâmetro de escala ou vida característica ( $\eta$ ) e o parâmetro da localização ou vida mínima ( $\delta$ ). A variável  $t$  é a quilometragem instantânea.

O parâmetro de forma ( $\beta$ ) é o elemento mais importante na distribuição de Weibull. Através dele define-se a forma da distribuição. Para um valor de  $\beta < 1$ , significa que a taxa de falhas diminui com o tempo de funcionamento, após o período inicial de falhas prematuras a tendência de falhar fica cada vez mais reduzida, conseqüentemente verifica-se aumento na confiabilidade. Esta alternativa tem grande importância, pois pode ser utilizada para melhorar a confiabilidade dos elementos que sobrevivem a uma solicitação inicial.

No caso especial em que  $\beta = 1$ , a taxa de falhas é constante e não varia a confiabilidade, obtém-se a distribuição exponencial,

Quando  $1 \leq \beta \leq 2$ , o comportamento da taxa de falhas é de crescimento, inicialmente forte e depois mais fraco e a confiabilidade decai. Em conseqüência disto, pode-se falar de falhas por envelhecimento ou desgaste com capacidade de recuperação, uma vez que a tendência a falhar torna -se menos acentuada.

Para  $\beta > 2$ , a taxa de falhas cresce pouco no início e depois mais acentuadamente. Esta tendência é tanto mais acentuada quanto maior for o valor do parâmetro de forma ( $\beta$ ). Neste caso tratam-se de fenômenos ligados a processos de

envelhecimento ou desgaste, os responsáveis pela ocorrência das falhas, neste caso somente uma manutenção preventiva pode melhorar a confiabilidade.

A distribuição exponencial é a única que se caracteriza por ter uma função de taxa de falha constante  $\beta = 1$ . Esta distribuição é usada em situações onde as falhas ocorrem de forma aleatória, com taxa fixa e sem expressivo mecanismo de desgaste ou degradação. Tem sido empregada em modelo para tempo de vida de certos produtos e materiais.

A função densidade de falha para o tempo de falha (t) com distribuição exponencial é dada pela equação. (7):

$$f(t) = (1/\alpha)e^{-t/\alpha}, \text{ para } t \geq 0 \quad (7)$$

Nesta equação,  $\alpha \geq 0$  é o tempo médio de vida. O parâmetro  $\alpha$  tem a mesma unidade do tempo de falha (t), em horas.

A função de confiabilidade R(t), que é probabilidade do produto continuar funcionando além do tempo (t). É calculado pela equação (8):

$$R(t) = e^{-t/\alpha} \quad (8)$$

A função de taxa de falha associada à distribuição exponencial é constante e igual a  $1/\alpha$ . Isto significa que tanto um componente velho que ainda não falhou, quanto um novo têm a mesma probabilidade de falhar em um intervalo futuro. Esta propriedade é chamada de falta de memória da distribuição exponencial.

A distribuição Log-normal assim como a distribuição de Weibull é bastante usada para caracterizar tempo de vida de produtos e materiais. Ela também é adequada para mecanismos de falha por fadiga em materiais (RAUL,1988).

A função de densidade para uma distribuição log-normal é dada pela equação (9) :

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{[\ln(t)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right\}, t \geq 0 \quad (9)$$

Nesta equação,  $\mu$  é a média do logaritmo do tempo de falha e  $\sigma$  é o desvio padrão.

Existe uma relação entre as distribuições log-normal e normal. Esta relação facilita a apresentação e análise de dados provenientes da distribuição log-normal. Como o nome sugere, o logaritmo natural de uma variável com distribuição log-normal com parâmetros  $\mu$  e  $\sigma$  tem uma distribuição normal com média  $\mu$  e desvio padrão  $\sigma$ . Esta relação significa que dados provenientes de uma distribuição log-normal podem ser analisados segundo uma distribuição normal se usados com logaritmo natural dos dados, ao invés de seus valores originais.

A função de confiabilidade de uma variável log-normal é dada pela equação (10)

$$R(t) = \Phi\{-[\ln(t)-\mu]/\sigma\} \quad (10)$$

Onde  $\Phi$  é a função de distribuição acumulada, de uma distribuição normal com média igual a zero e desvio padrão igual a um.

### **2.2.3 Inter – relação sistemas mecânicos.**

As definições e medições de confiabilidade são aplicáveis tanto a componentes quanto a sistemas. Um sistema, ou produto é o conjunto de componentes arranjados de acordo com um desenho específico, para assim poder executar as funções desejadas com performance e confiabilidades projetadas.

Os tipos de componentes usados, as respectivas qualidades e suas configurações de arranjo têm efeito direto na confiabilidade do sistema. A configuração de um sistema pode ser simples como um sistema em série, onde todos os componentes são conectados em série, em paralelo, onde todos os componentes estão conectados em paralelo, um sistema série - paralelo, ou paralelo - série, onde alguns elementos estão conectados em serie e outros em paralelo, em configuração mais complexa.

Uma vez que o sistema é configurado, sua confiabilidade deve ser avaliada e este valor analisado. Caso não seja alcançado o nível previsto, o sistema deve ser redesenhado e a confiabilidade reavaliada, seguindo este processo até chegar ao nível de confiabilidade desejado. Para a avaliação da confiabilidade de um sistema deve-se construir o diagrama de blocos, que é a melhor representação da confiabilidade do veículo, através de blocos que representam os sistemas veiculares e suas ligações.

Nesta etapa trabalha-se com a confiabilidade de um conjunto funcional formado pela interligação de vários elementos. Para determinar tal confiabilidade é

necessário basear-se na confiabilidade de cada componente, utilizando-se de considerações básicas da probabilidade, sendo elas:

A) Se E1 e E2 são dois eventos independentes, com probabilidades de ocorrências P(E1) e P(E2), então a probabilidade que ambos ocorram P(E1E2) é dada pela equação (11):

$$P(E1E2) = P(E1) \times P(E2) \quad (11)$$

B) No caso em que ambos os eventos possam ocorrer simultaneamente, a probabilidade de tanto E1 como E2, ou ambos venham a ocorrer, é dada pela equação (12):

$$P(E1 \cup E2) = P(E1) + P(E2) - P(E1)P(E2) \quad (12)$$

C) No caso dos eventos serem mutuamente exclusivos, ou seja, ocorrendo um implica necessariamente a não ocorrência do outro, a probabilidade é mostrada pela equação (13):

$$P(E1 \cup E2) = P(E1) + P(E2) \quad (13)$$

### **Sistemas em série**

Um sistema em série é composto por n componentes conectados em série. Assim, a falha de qualquer um componente leva o sistema como um todo a ficar

inoperante. Por exemplo, o sistema de freios de um veículo automotivo ao falhar não permite que o veículo execute sua função, tornando todo o sistema inoperante.

O diagrama de blocos usado na figura. 2.1 é a melhor representação da interligação do sistema em série.

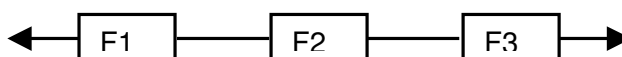


Figura.2.1: Sistema em série

Na figura. 2.2 é apresentada a árvore de falhas que representa a lógica de falhas no sistema em série. Para um sistema composto de três componentes em série, cujos valores de confiabilidade são iguais a 0,9 (90%), utilizando a equação (11), pode - se calcular os valores para a confiabilidade (R) e a probabilidade de falha (F) do sistema, conforme mostrado nas equações equação(14) e equação (15):

$$R = R_1 \times R_2 \times R_3 = 0,9 \times 0,9 \times 0,9 = 0,73 \text{ ou } 73\% \quad (14)$$

$$F = 1 - R = 0,27 \text{ ou } 27\% \quad (15)$$

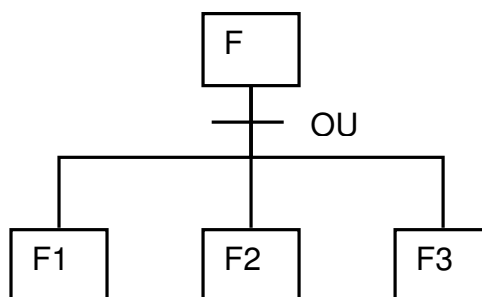


Figura 2 2: Arvore de falhas em série

## Sistema em paralelo

Em um sistema em paralelo, os componentes ou unidades são conectados em paralelo. Assim, é necessária a falha de todos os componentes para o sistema falhar. Este sistema continua operando se pelo menos um componente estiver operando. Assim a utilização de um arranjo em paralelo dos componentes de um sistema aumenta sua confiabilidade final.

Na figura. 2.3 representa-se o sistema em paralelo utilizando-se do diagrama de blocos e na Fig. 2.4 a representação da lógica de falhas do sistema em paralelo por meio da árvore de falhas.

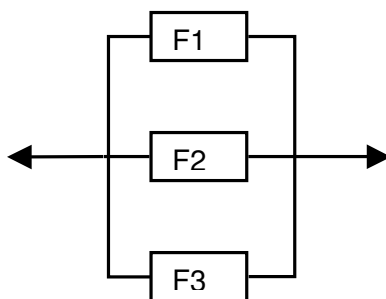


Figura. 2.3: Sistema em paralelo

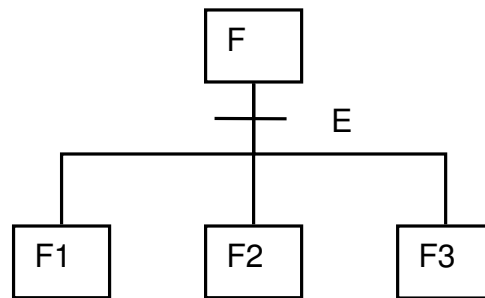


Figura. 2.4: Árvore de falhas em paralelo

A confiabilidade para sistemas que se apresentam ligados em paralelo está exemplificada com os valores de confiabilidade também iguais à 0,9 (90%), como foi usado na equação (14), desta forma podem ser calculados os valores para a confiabilidade (R) e probabilidade de falha, como demonstra o cálculo por meio da equação (16) e equação (17).

$$R = 1 - (1 - R_1)(1 - R_2)(1 - R_3) = 0,99 \text{ ou } 99,9 \% \quad (16)$$

$$F = 1 - r = 1 - 0,99 = 0,1\% \quad (17)$$

### **2.2.4 Análise do tempo de falhas**

O grande poder da confiabilidade está na prevenção de falhas durante o desenvolvimento de um projeto, muito antes de a empresa investir nas amostras para ensaios.

O tema está diretamente ligado à análise do tempo de falha, realizado por intermédio de um conjunto de técnicas estatísticas para análise de dados de durabilidade provenientes tanto de campo, quanto de testes de vida. Nos testes de vida, as amostras são submetidas às mesmas condições de campo, observando-se porém os tempos até a ocorrência da falha. A análise de tempo de falha é usada para estimar quantidades como tempo médio até a falha e fração esperada de falhas no período de garantia.

Os produtos em geral possuem alta confiabilidade. Isto implica em custos elevados na realização de ensaios, já que o tempo previsto de falha é longo. Por isto recorre-se a métodos de ensaio acelerados, para se verificar mais rapidamente os limites de sobrevivência dos componentes ou do produto.

O ensaio é a observação de um item a um nível normal de tensões, e a dificuldade é predizer exatamente o desempenho deste item. Situações desta natureza implicam no conhecimento relacionado com a variação do comportamento com o meio ambiente, de modo que os ensaios conduzidos sob vida acelerada podem servir de elemento de suporte para proceder as intervenções em um componente ou sistema em condições normais de uso.

Três fatores principais determinam o grau de aceleração a que é submetido um item: as circunstâncias ambientais, o tamanho da amostra e o tempo do ensaio. Se o produto é complexo e caro, o tamanho da amostra deve ser pequeno e o teste deverá ser acelerado no tempo ou nas condições ambientais. Por outro lado, se o produto não é caro, mas numeroso (rolamentos, resistores, capacitores, etc), o tempo de ensaio poderá ser consideravelmente reduzido testando-se uma amostra de grande tamanho.

Um ponto muito importante no ensaio acelerado é que o modo de falha sob condições aceleradas seja o mesmo que aquele sob condições normais de uso.

No entanto, apesar da simplicidade desta idéia, existem problemas associados com o projeto e análise dos ensaios de vida acelerada. Em primeiro lugar, freqüentemente é muito difícil estar seguro da relação entre os parâmetros das distribuições das falhas e as tensões geradas na aplicação específica. Em segundo lugar, mesmo que essa relação seja conhecida ou possa ser extrapolada, o acesso às estimativas de parâmetros que relacionem os dados dos ensaios de vida, que são limitados, é difícil. Finalmente, a maioria das relações comumente utilizadas é válida somente para um determinado intervalo de solicitações. Para valores dos esforços além desses limites, novas relações têm de ser supostas, representando problemas adicionais de estimativas. O mais coerente é pesquisar um modelo matemático mais adequado e que seja deduzido levando em conta a física da falha do item (FREITAS E COLOSIMO,1997).

### 2.3-Estado da arte

Foram dadas nos anos 60 muitas contribuições na busca do conhecimento sobre fadiga de materiais. Irvin iniciou o desenvolvimento da mecânica da fratura, importante ferramenta de engenharia (BANNANTINE et al.,1990). Paris, em seguida, quantificou a propagação de trincas em “vinte anos de reflexões sobre questões envolvendo crescimento de trincas” em seu trabalho original (BANNANTINE et al.,1990). Com a introdução dos sistemas de ensaios utilizando-se computadores digitais e introdução dos materiais de ensaios em loops fechados foi possível verificar as taxas de crescimento de trincas correlacionados aos efeitos de plasticidade de material, simulações em corpos de prova macios, simulações de entalhes e métodos de contagem de ciclos, além de métodos de carregamento com amplitude variável.

Na década de 70 o estudo da fadiga torna-se ferramenta indispensável da engenharia, com ênfase em componentes automotivos, apesar de quebras por fadiga continuarem a ocorrer. O conhecimento sobre fadiga continuou com os especialistas e ainda pouco divulgado aos projetistas e construtores. Posteriormente, o uso e domínio da mecânica da fratura linear elástica tornou-se exigência legal nos Estados Unidos em algumas estruturas.

Falhas nos componentes automotivos são fatos que ocorrem em proporção direta ao de tempo ou número de ciclos e impedem que o componente realize as funções na vida para o qual foi projetado. Em sua grande maioria, são diretamente

causadas por processo de fadiga. Por isto é importante a determinação de prioridades, concentrando atenção especial nos conjuntos chamados de itens de segurança, ou seja, aqueles que envolvem a vida dos passageiros a bordo do veículo.

Uma distribuição estatística de falhas foi realizada com base em uma amostra de 70 componentes automotivos, fornecendo informação quantitativa sobre os sistemas onde ocorrem as falhas e das suas causas em um determinado veículo. As falhas foram assim distribuídas: motores 41%, transmissão 26%, suspensão 13%, chassi e carroceria 7%, direção 7%, freios 3%, sistemas hidráulicos 3% (HEYES, 1998).

As principais causas destas falhas também foram estratificadas, obtendo os seguintes resultados: Mau uso em 29% dos casos, projeto e processo produtivo: 21%, falhas de manutenção: 18%, tempo de uso: 10%, material de fabricação: 9%, dano causado por acidente: 7%, falha em modificação: 3% e procedimentos de armazenagem 3%.

Falhas em serviço são assuntos de estudo, principalmente quando ocorrem em componentes considerados como de segurança. A análise destes casos torna claro que o mecanismo de fadiga é um importante mecanismo de falhas em serviço, sendo notado de forma geral nas falhas de engenharia (HEYES, 1998).

Importante estudo foi realizado na busca de falhas causadas por defeitos de processo produtivo em rodas de caminhões pesados, sob carregamento aleatório e simulando situação de serviço. O objetivo foi atualizar os parâmetros de aceitabilidade qualitativa, de forma a detectar defeitos que possam causar falhas inesperadas, além de estimar a vida do componente. Usando modelos de

propagação de trincas, concluiu-se neste trabalho que com a definição dos limites de aceitabilidade dos defeitos inseridos pelo processo produtivo, as falhas aleatórias podem ser eliminadas (CARBONI et al, 2002).

Com base em uma análise de fratura, defeitos de fundição foram apontados como o fator de maior influência no processo de falha por fadiga em componentes fundidos. Uma nova metodologia para definir o tamanho máximo de defeitos em componentes fundidos foi estabelecida a partir do método empírico de Murakami, que determina a evolução do limite de resistência à fadiga com o tamanho dos defeitos, associado a um critério de resistência multi axial baseado no modelo de Dang Van (DENIER e NADOT, 2003).

O processo de forjamento de precisão é importante para produzir feixes de mola. Equações para determinar as formas ideais das lâminas dos feixes vêm sendo determinadas experimentalmente, mostrando-se muito práticas e altamente confiáveis em serviço. Bons resultados são atingidos quando se utilizam as equações para determinar o processo de forjamento, obtendo alta exatidão dimensional e alta qualidade de acabamento superficial. Além das vantagens produtivas apresentadas, os custos de produção são reduzidos, aumentando a produtividade (SHENHUA et al, 1995).

Análises de falha em feixes de mola que quebraram prematuramente durante serviço foram realizadas usando microscopia óptica e eletrônica, ensaios de dureza e tração além de avaliação de tensões residuais por raio-X. Foram identificadas trincas geradas pelo processo de têmpera com direcionamento normal ao comprimento da lâmina, localizadas nas superfícies jateadas com granalha e polidas. Estas trincas foram atribuídas a irregularidades no processo de têmpera. Foi

avaliado teoricamente que a espessura da lâmina é menor que a espessura necessária para esta composição de aço. Uma destas trincas identificadas propagou mais aceleradamente, o que foi confirmado pela presença das marcas de praia na superfície de fratura. Observando as trincas intergranulares e a presença de inclusões de sulfetos, principalmente FeS, verificou-se a fragilização dos contornos de grão o que facilitou a propagação da trinca até a quebra. Foi indicado o processo de têmpera como causador do problema, de forma a recomendar que se direcione os procedimentos de tratamentos térmicos pela espessura do componente assim como sua composição química. Para evitar falhas prematuras como esta, recomenda-se inspeção criteriosa da superfície do componente após a têmpera (MUKHOPADHYAY et al,1997).

Um novo método para qualificação de componentes em laboratório foi proposto, usando dados de carga multiaxial coletados em situação real no campo. Este método é chamado teste de durabilidade acelerada de componentes porque pode editar os dados coletados em situação real para criar um ciclo de teste acelerado, simplesmente selecionando todos os carregamentos que provocam dano no ciclo real. Desta maneira, pode ser reduzido o custo e tempo com projeto e desenvolvimento de produto (CANFIELD e VILLAIRE, 1990).

Como resultado comercial, novos métodos de avaliação de durabilidade tiveram que ser explorados. Novos modelos computacionais foram propostos para validar produtos finais. Para avaliar aspectos computacionais do dano em fadiga e previsão de vida, é apresentada a metodologia computacional baseada na aproximação da deformação local, descrita em detalhes pelo dano em fadiga de componentes metálicos sob carregamentos multiaxiais de fadiga. A aplicação da metodologia proposta é ilustrada com exemplos industriais, como a simulação

numérica de usinagem biaxial de rodas de liga leve e correlações entre ciclos de usinagem e previsão de ciclos usando modelos diferentes de dano, comparados em termos de localizações de falhas e iniciações estimadas de trincas (FIRAT e KOCABICAK, 2003).

Analisando falhas por fadiga em componentes submetidos a históricos de tensões aleatórias, investigou-se densidades de espectro bi-modal. Estas densidades espectrais das tensões são freqüentemente experimentadas em chassis e componentes de suspensões de veículos. Alguns métodos para previsão de danos em fadiga usando freqüências e estatísticas de tensão aleatória foram revistas. Um modelo bi-modal é usado para calcular a probabilidade de densidade em função dos níveis de tensão, no caso de densidade espectral com dois picos. Os métodos têm o atrativo de convergir nos mesmos resultados da conhecida distribuição de Rayleigh para processos de banda curta, se cada um dos picos espectrais é pequeno. Componente de suspensão de veículo pesado é usado como estudo de caso. Análises tendem a comparar o novo método com outras aproximações de freqüências de outros domínios e com o amplamente aceito método Rainflow de contagem de ciclos (FU and CEBON, 1999)

Trincas longitudinais foram descobertas em grampos de fixação de feixes de molas, na região da rosca destes grampos. Análises subseqüentes determinaram que a composição do aço que estava sendo usado na fabricação do grampo, era susceptível a trincas de têmpera. A fragilização do componente foi causada por uma soma de fatores. A região de descarbonetação presente aliada à susceptibilidade a trincas causada pelo processo de têmpera, somado à tensão residual causada pelo resfriamento rápido durante a têmpera. As implicações das trincas longitudinais, e

como elas afetam este grampo sob carga, são discutidos neste artigo (BAGGERLY, 2003).

Mesmo aplicando a melhor qualidade e confiabilidade no desenvolvimento e produção de um produto, falhas inesperadas podem ocorrer durante o período de garantia e custam milhões de dólares anualmente às empresas automobilísticas. As garantias de veículos são limitadas por tempo e quilometragem. Qualquer alteração nos limites de garantia, alteram significativamente os custos, pois se sabe da grande reserva destinada a pagar os custos de garantia.

Um artigo de Raí e Singh (2004) apresenta um método simplificado para verificar o impacto de um novo limite de quilometragem ou tempo nos custos de garantia. Foi focado o uso das taxas de acúmulo de quilometragem em uma população de veículos, para chegar às ocorrências por cem veículos, vendidos com novos limites de garantia. Foi discutida também a tendência na estimativa dos custos em garantia que pode resultar da utilização da informação do custo acumulativo por reparo. Concluiu-se que para verificação da eficácia de melhorias feitas em um projeto necessita-se de um tratamento de confiabilidade nos dados acumulados de falha em campo, pois estas são as melhores respostas para o atual e os futuros projetos (RAI e SINGH, 2004).

Um estudo de caso de confiabilidade de componentes de caixas de marcha baseado em análise de alguns componentes e os respectivos dados de falhas em campo foi apresentado por Attardi L. et al (2003). A metodologia escolhida para esta análise da vida útil de cada componente foi a distribuição mista de Weibull. As condições específicas de utilização de cada veículo são diferentes e influenciam diretamente no tempo de falha ao longo da vida em fadiga. Foram reconhecidas as

variáveis que afetam a vida útil do componente e a influência das condições de operação na confiabilidade, conclui-se que algumas variáveis ligadas às condições de operação tiveram influência sobre os componentes, embora tal análise mostre que as falhas de material ou processo produtivo representam a maior parte das falhas prematuras, uma soma bem maior que as falhas operacionais (ATTARDI L, et al, 2003).

Estudo direcionado a equipamentos militares, relata a análise de confiabilidade de um sistema de transmissão de veículo militar das forças armadas da Índia. O sistema é dividido em 12 subsistemas de transmissão, para os quais foi indicada a realização das manutenções planejadas e preventivas, de acordo com o parâmetro de forma de Weibull. Os resultados indicam a fase da vida do componente como mortalidade infantil, vida ou envelhecimento, e a partir desta estratificação foi realizada a indicação da melhor forma de manutenção, respectivamente as manutenções corretiva, preventiva e preditiva, de acordo com as condições de utilização (KUMAR and GAINDHAR, 1994).

Foi apresentado um novo método, desenvolvido para estimar vida em fadiga, probabilidades de durabilidade, nível de confiança e nível máximo de erros aceitáveis. Este método é usado para em casos onde os valores seguem a distribuição normal ou de Weibull. Este método apresenta tabelas dos fatores de erro que podem ser diretamente usadas para determinar a variação de qualquer probabilidade ou nível de confiança (GOPE, 1999).

Devido ao alto custo de experimentação e ensaios na indústria automotiva, com número limitado de amostras de novos produtos, tem -se um baixo nível de confiança na estimativa da confiabilidade. Foi então proposto um procedimento para

fazer previsões de confiabilidade de um novo produto, um componente mecânico, usando dados de falha de uma versão antiga deste componente e priorizando os dados relativos às modificações ocorridas, e também focando atenção nos pontos onde se realizou modificação no novo projeto. O objetivo deste estudo é alimentar o projetista de informações como a de frequência de quebra dos componentes, para que no projeto estes pontos possam ser alterados ou eliminados (GUIDA and PULCINI, 2001).

Barbosa e Souza (2005) propuseram uma metodologia de inspeção nos projetos de máquinas, baseada em análise através de conceitos de confiabilidade e engenharia de valor, que aponta possíveis melhorias no rendimento das máquinas e redução do custo de manutenção. Este trabalho conclui que a metodologia apresenta grande conteúdo de tecnologias, métodos e materiais e que as técnicas de análise de confiabilidade tornam possíveis os exames críticos das falhas, por simples comparação ao projeto antigo (BARBOSA e SOUZA, 2005).

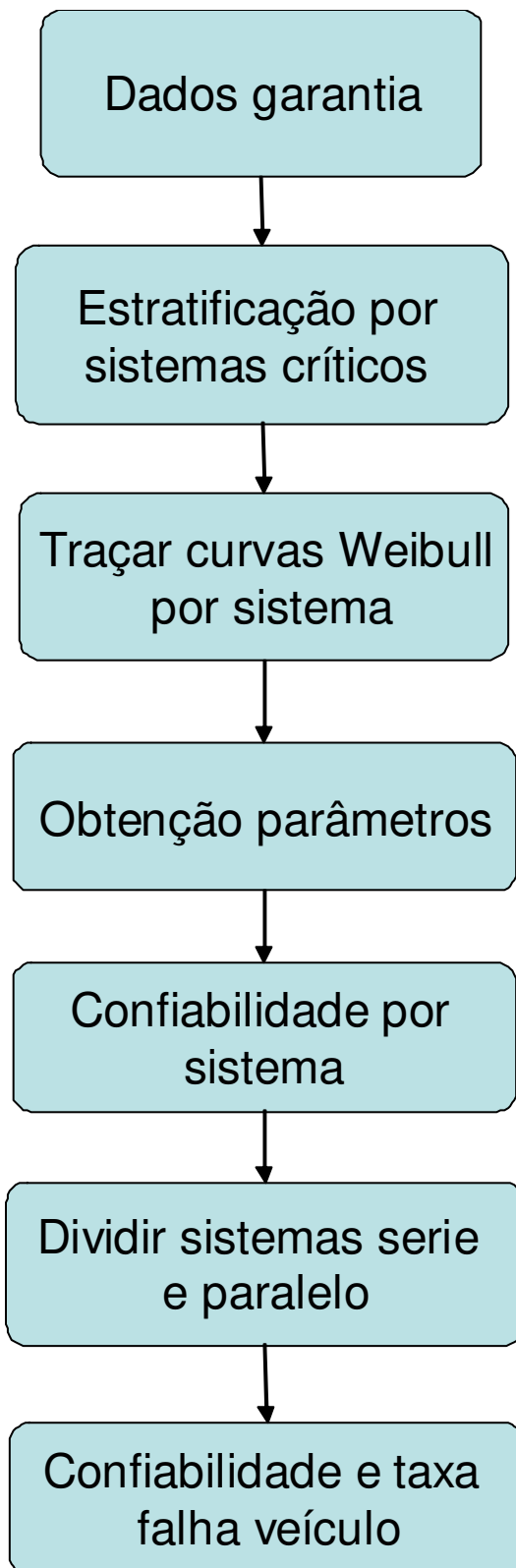
Foi realizado um ensaio de fadiga em suspensão de cadeiras de rodas, usando ANSI / RESNA, com o objetivo de avaliar 3 suspensões de cadeiras de rodas e comparar resultados com ensaios já realizados. Concluiu-se que os ensaios de durabilidade demonstram pequena vantagem de durabilidade da suspensão tipo manual, porque esta demonstrou a menor variância nos números equivalentes de ciclos entre os modelos testados (KWARCIAK, 2005).

Shijve (2004) comparou três distribuições sendo aplicadas a baixas probabilidades de falhas. A conclusão foi a grande dificuldade das funções de distribuição em extrapolar a baixas probabilidades de falha, as quais não são suportadas por relevantes dados experimentais. Do ponto de vista prático, concluiu –

se que apenas um teste de protótipo em condições reais pode fornecer informações dos carregamentos reais, o que é de sumária importância, já que a indústria é forçada a considerar apenas a variância em sua produção em massa por razões de economia. Se o equipamento envolve riscos de falha por fadiga, deve ser levantado o histórico de medições de carregamentos em serviço (SCHIJVE, 2004).

### 3-METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho está resumida no fluxograma figura 3.1.



### 3.1 Aquisição de dados

Este estudo foi baseado em veículos comerciais de transporte de carga, os quais têm como cliente alvo o empresário de transporte que tem o veículo como fonte de renda e lucratividade. Portanto, a exigência principal é que o veículo trabalhe o máximo com a menor manutenção possível.

O veículo selecionado para o estudo é de tração, projetado para arrastar carga, chamado cavalo mecânico, com perfil comercial, cuja função é transporte de carga. Este veículo possui modelos derivados com variadas configurações, podendo ser de transporte de passageiros, ou mesmo para transporte de carga fora de estrada. Neste trabalho utilizou-se apenas a configuração definida anteriormente, ou seja, para arrastar carga.

O veículo em estudo tem o período de garantia após a venda de 1 ano ou 100.000 km, e exclusivamente no Brasil, somente para trem de força, a garantia se estende a 2 anos ou 250.000km. Portanto para eliminar a diferença entre os termos de garantia dos dois mercados, somente serão utilizadas neste trabalho as falhas ocorridas nos veículos de ambos os mercados ocorridas até 100.000 km.

Para fins de comparações, as avaliações serão realizadas com o mesmo veículo em dois mercados de aplicação diferentes: Brasil e Argentina. Desta forma, a influência da severidade da missão no mesmo produto poderá ser mais bem avaliada.

Um fator a ser observado neste estudo é que a maturidade do projeto é fator que tem grande influência na taxa de falhas. Assim, este modelo foi selecionado por ter exatamente o mesmo projeto em exercício nos dois mercados, o que permite uma comparação que nivela a maturidade do projeto.

Neste trabalho foi utilizada uma amostra de 1606 veículos vendidos no mercado Brasil e 707 veículos vendidos no mercado Argentina. Destes, foram coletadas falhas por um ano. Os dados coletados contêm data, local, quilometragem do veículo, chassi e componentes envolvidos. O período da coleta de dados foi de 01 de Novembro de 2004 até 01 de Novembro de 2005. Os dados de falha, foram coletados dentro do período de garantia dos veículos analisados, referenciados pelo número de chassi de cada um deles e armazenados em um banco de dados contendo as falhas ocorridas nos 12 meses, os mesmos referem-se a todas as peças que falharam e foram substituídas nas manutenções normais realizadas como garantia, executadas pelas concessionárias em todos os veículos dos dois mercados, Brasil e Argentina.

### 3.2 Procedimento

Com os dados de falha de determinado modelo de veículo, realizou-se a estratificação das falhas por sistema veicular, para permitir focar o trabalho nos sistemas considerados críticos, ou seja, aqueles que concentraram maior parte das falhas.

Em seguida, utilizaram-se os dados de falha por quilometragem dos sistemas mais críticos para traçar a curva de Weibull, a qual tem o objetivo de fornecer os parâmetros para a formulação da confiabilidade  $R(t)$ .

A curva de Weibull deve ser traçada seguindo alguns passos importantes. Inicialmente deve ser calculada a probabilidade acumulada de falhas, a qual foi nomeada de  $P(x)$ . Para obter este cálculo, é necessário encontrar o posto mediano Rank ( $x$ ), que é o ranking de sobrevivência de um componente ou produto, ou seja, a ordem seqüencial de determinada falha dentro da amostra de tamanho  $n$ .

As expressões atribuídas do ponto de vista empírico a  $P(x)$ , são valores aproximados, que se aproximam bastante do valor real à medida que aumenta o tamanho da amostra conforme equação (18) (ROMEY,1999):

$$P(x) = \frac{\text{Rank}(x) - 0,3}{n + 0,4} \quad (18)$$

Para posicionar os dados de forma mais clara, utilizou-se a forma logarítmica em ambos os eixos. No eixo  $x$  deste gráfico, representa o logaritmo da quilometragem de cada falha, e no eixo  $y$  a equação (19):

$$Y = \text{Ln } P(x) \quad (19)$$

Com a curva traçada obtém-se alguns dados importantes para o cálculo de confiabilidade, como o coeficiente angular da reta  $Y = AX + B$ . Este coeficiente angular da reta é o parâmetro de forma ( $\beta$ ) da distribuição de Weibull. A variável  $t$  é a quilometragem instantânea. O parâmetro de vida característica  $\eta$  foi obtido pela equação(20) (ROMEU,1999):

$$\eta = n \times 0,632 \quad (20)$$

A variável  $n$  representa o tamanho do lote de veículos analisado de cada sistema. Este valor de  $\eta$  encontrado é a indicação seqüencial de onde a quilometragem correspondente à vida característica de 63,2% da amostra total irá se encontrar.

O fator de forma ( $\beta$ ) é o elemento mais importante nesta distribuição de Weibull. Através dele define-se a forma da distribuição. Este fator representa o coeficiente angular da reta da curva de confiabilidade e indica a tendência da taxa de falhas em relação à quilometragem. Conforme indicado na revisão bibliográfica, o fator de forma pode apresentar-se de três maneiras:  $\beta = 1$ , taxa de falhas constante,  $1 < \beta < 2$ , taxa de falhas em crescimento inicial forte e depois mais fraco e  $\beta > 2$ , taxa de falhas cresce fracamente de início e depois mais acentuadamente.

Para se obter a confiabilidade de cada sistema veicular conforme proposto neste trabalho, utilizou-se o método gráfico de Weibull que demanda a construção da curva de Weibull para cada sistema. Desta forma somente através da equação da curva formada pelas falhas se obtém os dados necessários para o cálculo de  $R(t)$ . As curvas construídas estão apresentadas nos resultados, assim como no apêndice

estão apresentadas duas tabelas A1 e A2, que são exemplos da construção das curvas Weibull, as mesmas contém os valores calculados para as curvas dos sistemas de eixos do veículo no Brasil e na Argentina.

Com os dados obtidos nas curvas tem-se o valor de confiabilidade  $R(t)$ . Em seguida realiza-se o processo de construção da confiabilidade do veículo, que se resume a um valor final para todo o conjunto, resultante da união das confiabilidades dos sistemas, agrupadas em série e paralelo de acordo com a figura 3.2.

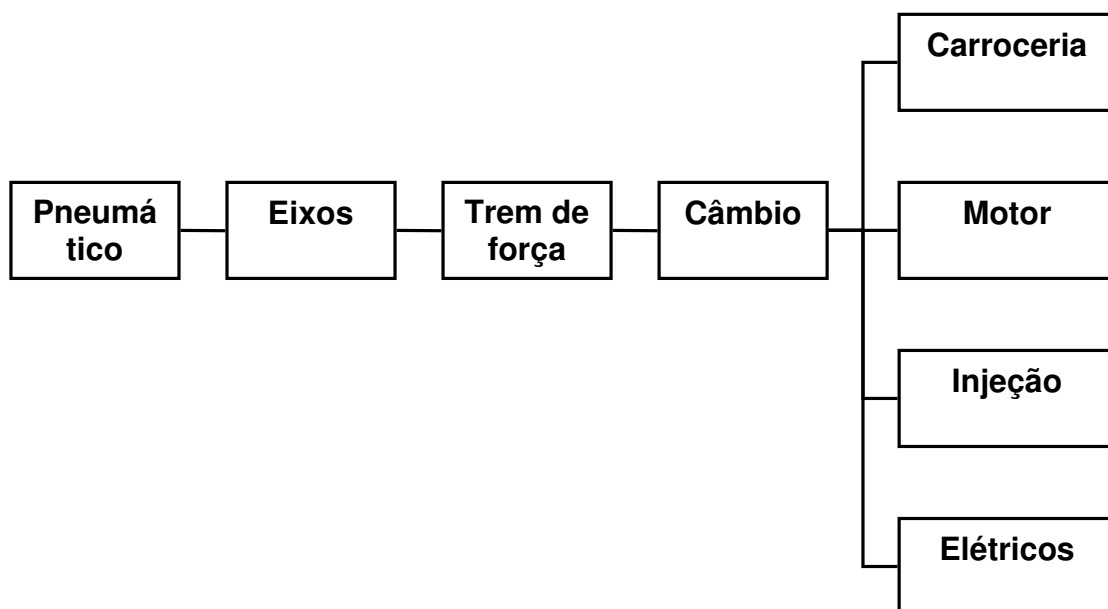


Figura 3.2 Diagrama de blocos do modelo em análise

Para a classificação do tipo de inter-relação, para cada sistema de veículo foi considerado em série o sistema que gera problemas de segurança para os passageiros a bordo do veículo. Os sistemas que geram somente a parada completa

do veículo não foram considerados críticos. Assim estes sistemas foram tratados como sistemas em paralelo.

Para melhor visualização da inter-relação dos sistemas é necessário o diagrama de blocos conforme visto no modelo da figura 3.2, que posiciona nos sistemas série e paralelo todos os sistemas críticos do veículo, também representados na tabela 3.1, incluindo a simbologia que será usada para representar cada sistema.

Tab. 3.1- Configuração dos sistemas críticos

Sistema	Classificação sistema	Simbologia
Pneumático	Série	Rf
Eixos	Série	Re
Trem de força	Série	Rtf
Câmbio	Série	Rc
Motor	Paralelo	Rm
Injeção	Paralelo	Ri
Elétricos	Paralelo	Rel
Carroceria	Paralelo	Rcr

Para se obter a confiabilidade do veículo, considerando a união de todos os sistemas, foi necessário recorrer às formulações de confiabilidade para sistemas, as quais representam matematicamente o que está configurado no diagrama de blocos, conforme os cálculos a seguir:

A confiabilidade, itens em paralelo, pode ser determinada pela equação: (21):

$$R_p = 1 - (1 - R_{cr})(1 - R_m)(1 - R_i)(1 - R_{el}) \quad (21)$$

A confiabilidade, itens em série, pode ser determinada pela equação (22):

$$R_s = R_f \times R_e \times R_{tf} \times R_c \quad (22)$$

A confiabilidade do veículo pode ser determinada pela equação.(23):

$$R = R_p \times R_s \quad (23)$$

Foram tomadas as confiabilidades dos veículos a cada 10.000 km, pois assim pode-se observar a evolução da probabilidade de sobrevivência dos sistemas e do veículo como um todo durante seu período de garantia.

A confiabilidade através da curva de Weibull, mostra a distribuição das falhas em relação à quilometragem do veículo. Já a taxa de falhas  $\lambda(t)$  mostra a frequência de ocorrência das falhas em relação à quilometragem.

A taxa de falhas foi usada para comparar as falhas dos dois mercados, de modo a mostrar a diferença quantitativa de falhas em relação à quilometragem dos veículos.

Para o cálculo desta taxa de falhas devem ser construídos os histogramas das quantidades de falhas em relação a quilometragem, para cada amostra diferente. As frequências de falha de cada sistema são divididas pelo valor de n que é o total da amostra, de cada condição de operação (RODRIGUES,1988).

## 4-RESULTADOS

### 4.1 Falhas nos sistemas críticos

Para melhor quantificar as falhas nos sistemas críticos, foi realizada a estratificação por sistema envolvido conforme mostrado na tabela 4.1. Desta tabela foram obtidos dois gráficos para o mesmo veículo, cada um referente a um mercado de aplicação. A tabela 4.1 mostra os dados de quantidades totais de falhas estratificado por cada sistema e permite comparação direta entre as falhas nos dois mercados.

Tab. 4.1 Estratificação das quantidades de falhas específicas por mercado de aplicação do veículo no mesmo período de tempo.

<b>Sistema</b>	<b>Brasil</b>	<b>Argentina</b>
Trem de força	2228	217
Eixos	227	95
Câmbio	84	7
Motor	1476	131
Carroceria	1697	87
Componentes elétricos	2150	188
Injeção	536	67
Pneumático	1778	85
Total de falhas	10176	877

A estratificação de falhas mostrada através da tabela 4.1 está apresentada também como gráficos de pizza nas figuras 4.1 e 4.2, para veículos Brasil e

Argentina respectivamente. Nestas figuras observa-se a diferença percentual de quantidades de falhas entre os veículos dos dois mercados. Assim pode-se posicionar a quantidade de falhas de cada sistema em relação ao número total de falhas do veículo e aos outros sistemas.

A primeira idéia transmitida pelas figuras é a diferença na quantidade de falhas de um mercado para o outro, tanto no total quanto como por sistema. Como exemplo, no Brasil o percentual de falhas do sistema pneumático( freios ) é de 17% enquanto na Argentina o mesmo sistema representa apenas 10% do total.

Na Argentina tem-se a maior amostragem e a menor quantidade de falhas, o que se confirma ao avaliar a taxa de falhas. Na figura 4.1 apresenta-se a estratificação de falhas por sistema dos veículos Brasil. Na figura 4.2 observa-se a estratificação de falhas na Argentina.

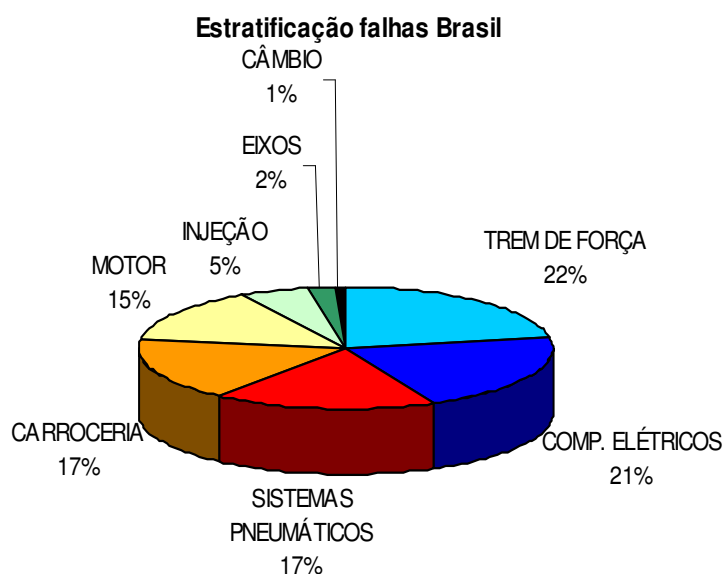


Figura.4.1: Estratificação das falhas do veículo rodando no mercado Brasil

### Estratificação falhas Argentina

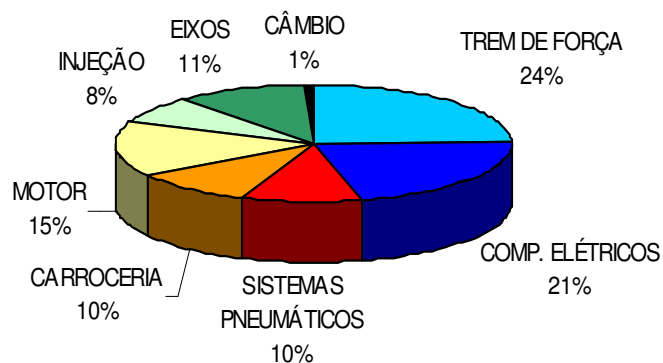


Figura 4.2: Estratificação das falhas do veículo rodando no mercado Argentina

Existe também a necessidade de realizar o comparativo das respectivas taxas de falha portanto, foi realizado o cálculo de taxas de falhas na tabela 4.2 para o mercado Argentina e tabela 4.3 para o mercado Brasil. Nestas tabelas 4.2 e 4.3 são apresentadas as freqüências e as taxas de falhas a cada intervalo de quilometragem. A freqüência representa a quantidade de falhas a cada intervalo de quilometragem, enquanto a taxa de falhas é a freqüência de falhas dividida pela quantidade total de veículos da amostra, que no caso da Argentina é de 707 e do Brasil é de 1606. Assim, por meio das taxas de falhas, pode-se fazer uma comparação entre as falhas dos dois mercados.

Tabela. 4.2 Freqüência e taxa de falhas de veículos Argentina

ARGENTINA		
km	Freqüência	Taxa de falhas
30	1	0,0014
3477	20	0,0283
6924	25	0,0354
10372	44	0,0622
13819	52	0,0736
17266	22	0,0311
20713	39	0,0552
24160	27	0,0382
27608	29	0,0410
31055	30	0,0424
34502	30	0,0424
37949	24	0,0339
41396	38	0,0537
44844	34	0,0481
48291	35	0,0495
51738	39	0,0552
55185	16	0,0226
58633	30	0,0424
62080	34	0,0481
65527	17	0,0240
68974	31	0,0438
72421	32	0,0453
75869	21	0,0297
79316	31	0,0438
82763	23	0,0325
86210	31	0,0438
89657	19	0,0269
93105	34	0,0481
96552	29	0,0410

Tabela. 4.3 Freqüência e taxa de falhas dos veículos mercado Brasil

	BRASIL	
km	Freqüência	Taxa de falhas
991	82	0,051
1981	103	0,064
2971	34	0,021
3961	43	0,027
4950	33	0,021
5940	41	0,026
6930	54	0,034
7920	35	0,022
8910	40	0,025
9900	68	0,042
10890	182	0,113
11880	206	0,128
12870	278	0,173
13859	125	0,078
14849	112	0,070
15839	111	0,069
16829	64	0,040
17819	47	0,029
18809	77	0,048
19799	47	0,029
20789	72	0,045
21779	71	0,044
22768	65	0,040
23758	47	0,029
24748	56	0,035
25738	79	0,049
26728	77	0,048
27718	85	0,053
28708	93	0,058
29698	111	0,069
30688	263	0,164
31678	186	0,116
32667	135	0,084
33657	78	0,049
34647	86	0,054
35637	85	0,053
36627	60	0,037
37617	58	0,036
38607	82	0,051
39597	79	0,049
40587	74	0,046
41576	68	0,042
42566	60	0,037
43556	76	0,047
44546	93	0,058
45536	211	0,131
46526	238	0,148
47516	168	0,105

48506	137	0,085
49496	95	0,059
50485	92	0,057
51475	77	0,048
52465	96	0,060
53455	64	0,040
54445	79	0,049
55435	45	0,028
56425	97	0,060
57415	54	0,034
58405	109	0,068
59394	116	0,072
60384	213	0,133
61374	214	0,133
62364	165	0,103
63354	184	0,115
64344	120	0,075
65334	129	0,080
66324	111	0,069
67314	101	0,063
68303	99	0,062
69293	92	0,057
70283	95	0,059
71273	93	0,058
72263	97	0,060
73253	75	0,047
74243	98	0,061
75233	178	0,111
76223	130	0,081
77213	122	0,076
78202	145	0,090
79192	84	0,052
80182	110	0,068
81172	92	0,057
82162	92	0,057
83152	61	0,038
84142	114	0,071
85132	81	0,050
86122	69	0,043
87111	79	0,049
88101	70	0,044
89091	85	0,053
90081	124	0,077
91071	181	0,113
92061	124	0,077
93051	103	0,064
94041	101	0,063
95031	105	0,065
96020	92	0,057
97010	70	0,044
98000	59	0,037
98990	81	0,050

Para permitir melhor comparação das falhas entre os dois mercados, os valores das taxas de falhas encontrados estão mostrados na figura 4.3. Esta figura 4.3 apresenta a quilometragem a cada 15000 km para coincidir com os pontos de indicados pelo fabricante para a realização da parada para manutenção preventiva obrigatória.

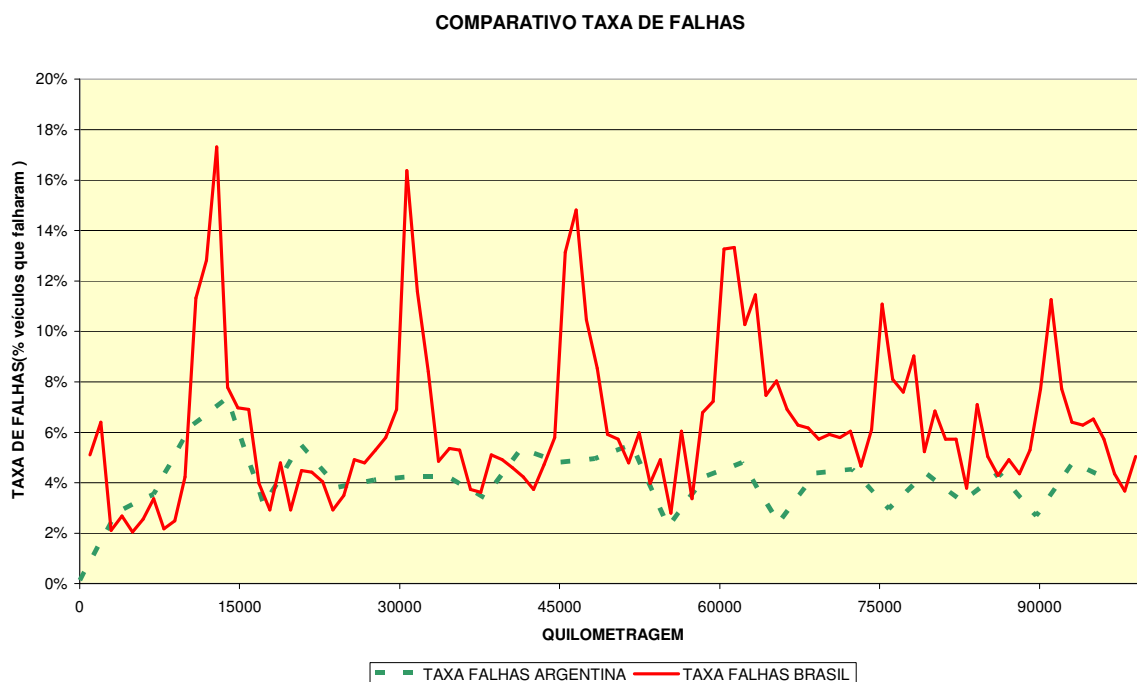


Figura 4.3: Comparativo taxa de falhas Brasil x Argentina

Esta figura. 4.3 mostra que as falhas no mercado Brasil tem freqüência maior que as falhas do mercado Argentina, o que retrata de forma clara a maior severidade do mercado Brasileiro.

Outro fato importante são os picos encontrados na curva referente ao mercado Brasileiro na figura 4.3. Tais picos não estão presentes na curva referente à Argentina, a qual apresenta-se bem mais estável com menores variações. Observa-se nesta figura 4.3 grande variação e instabilidade da taxa de falhas que ocorre no Brasil.

Foram construídas as curvas de Weibull de todos os sistemas críticos dos dois mercados para representar as falhas em relação à quilometragem dos veículos, assim como para fornecer dados necessários à formulação matemática da confiabilidade, representadas pelas Figuras 4.4 a 4.19.

Estas curvas foram apresentadas com a respectiva análise de tendência da taxa de falhas, segundo indicação de seu fator de forma  $\beta$ , pois é através deste parâmetro é que irá ser definida a forma da distribuição das falhas em relação à quilometragem do veículo, conforme indicado na revisão bibliográfica (página 24).

As Figuras 4.4 e 4.5 apresentam as falhas do sistema trem de força, de ambos os mercados. Analisando-se as tendências de falha de acordo com o fator de forma, que no Brasil é  $\beta=1,11$  e na Argentina é  $\beta=1,02$  observa-se que as falhas têm crescimento diretamente proporcional à quilometragem, inicialmente forte e depois mais fraco, podendo haver falhas por envelhecimento ou desgaste. A taxa de falhas apresenta recuperação uma vez que a tendência a falhar se torna menos acentuada. Neste caso do sistema trem de força, o fator de forma é classificado como  $1 < \beta < 2$  em ambos os mercados. Lembrando que o fator de forma  $\beta$  é o coeficiente da reta, formada pela distribuição de falhas por quilometragem.

As duas figuras demonstram que em ambos os mercados tem-se praticamente a mesma tendência de falhas, com uma tendência um pouco mais acentuada no Brasil que tem o fator de forma  $\beta$  maior.

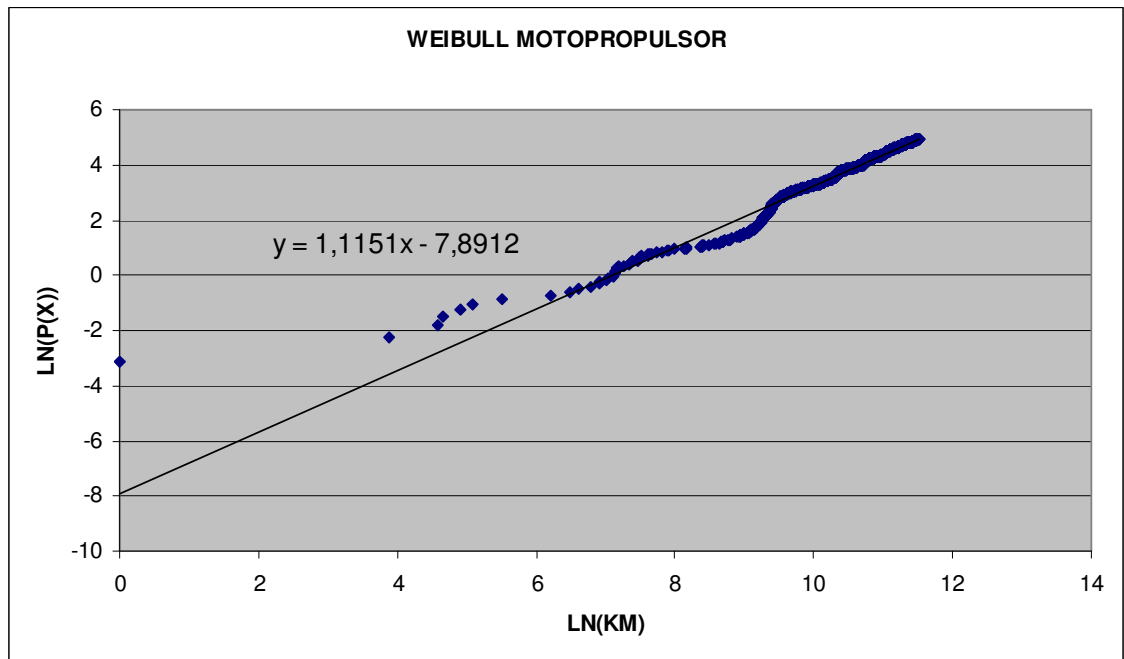


Figura 4.4: Curva de Weibull das falhas do conjunto motopropulsor veículo Brasil.

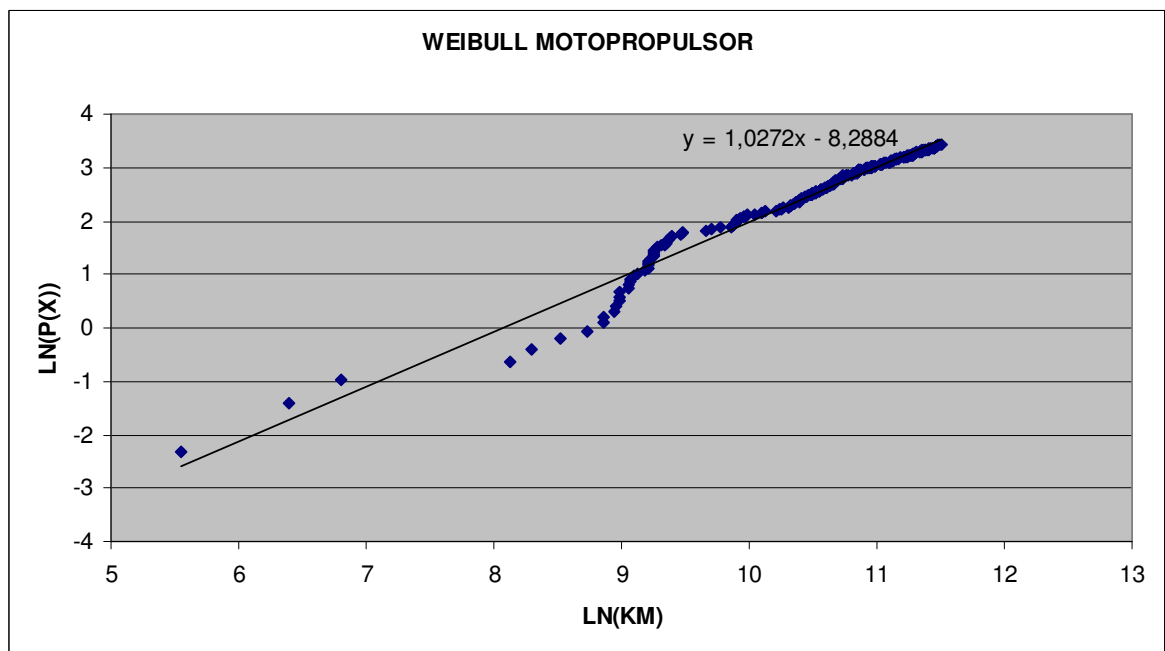


Figura 4.5: Curva de Weibull das falhas do conjunto motopropulsor veículo Argentina

No sistema Eixos no Brasil tem-se o fator de forma  $\beta=0,765$  conforme mostrado na figura 4.6, indicando que a taxa de falhas ( $\beta$ ) é menor que 1. Assim as

falhas diminuem com a quilometragem, ou seja, após o período inicial de falhas prematuras, a tendência a falhar torna-se reduzida.

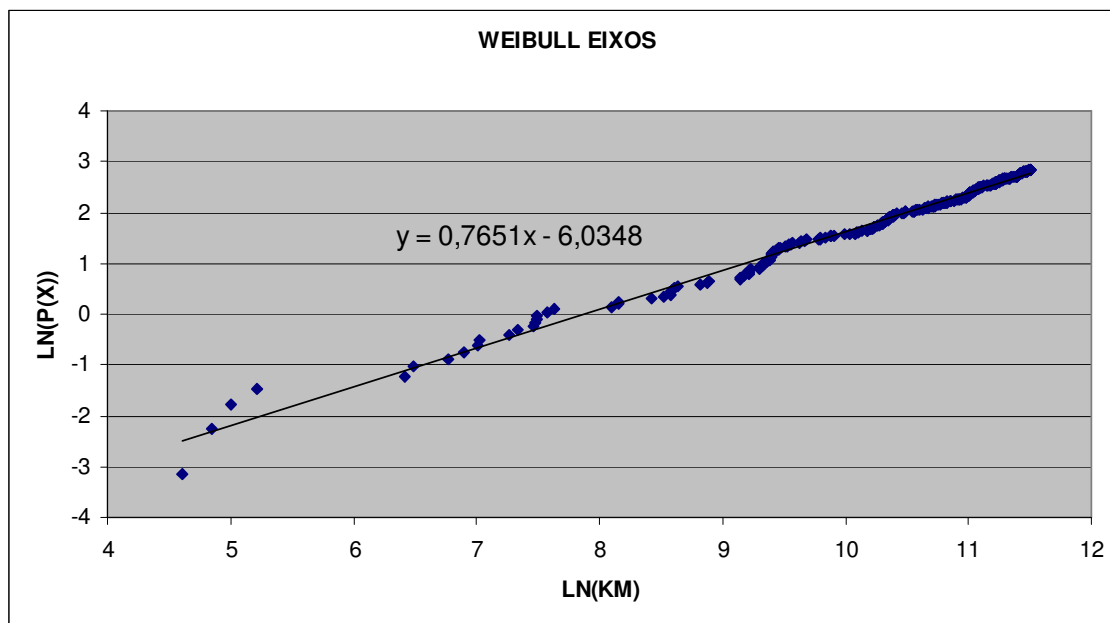


Figura 4.6: Curva de Weibull das falhas do conjunto de eixos veículo Brasil

Conforme visto na figura 4.7, o conjunto eixos na Argentina possui seu fator de forma  $\beta=1,724$ , localizando a taxa de falhas na referência  $1 < \beta < 2$ . Esta taxa de falhas tem portanto, comportamento de crescimento forte e depois menos acentuado, apresentando falhas por envelhecimento ou desgaste.

O sistema de eixos mostra-se distinto dos demais, pois tem tendência bem maior de falhar na Argentina que no Brasil, conforme comparação entre figuras 4.6 e 4.7. Além disto o fator de forma  $\beta$  é maior na Argentina que no Brasil.

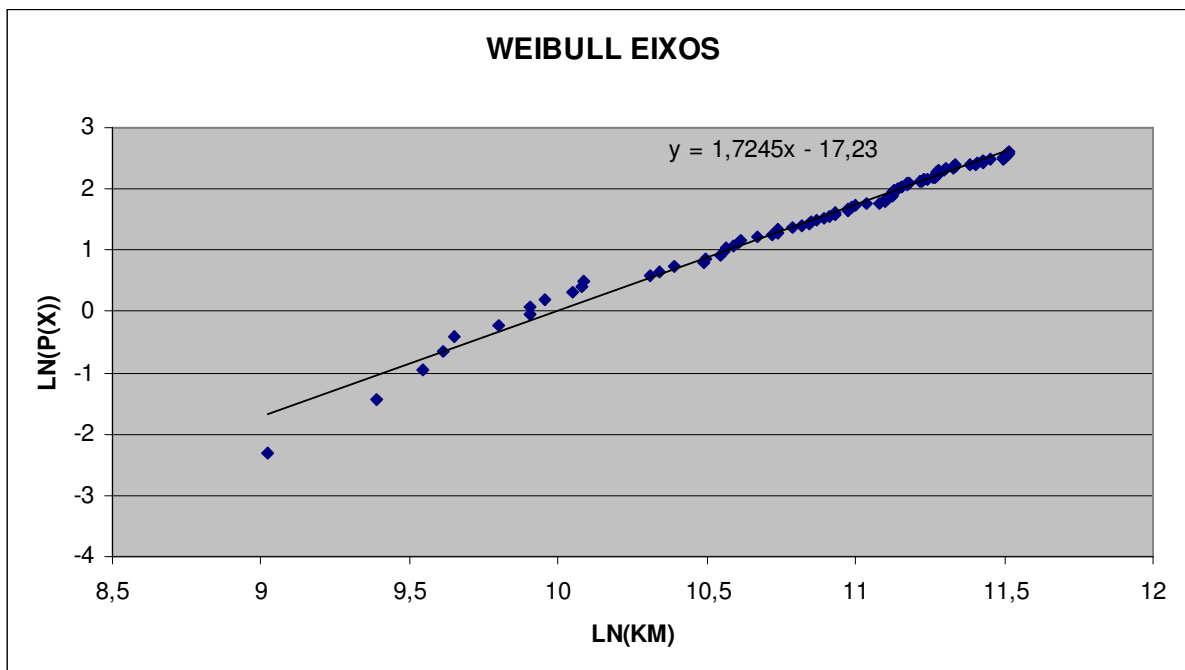


Figura 4.7: Curva de Weibull das falhas do conjunto eixos veículo Argentina

O sistema de câmbio no Brasil tem o fator de forma  $\beta=1,082$  ligeiramente maior que 1, se encaixando portanto no intervalo  $1 < \beta < 2$ , tendo crescimento da taxa de falhas forte no início e mais fraco ao final, conforme mostrado na figura 4.8. Conforme análises realizadas, estes sistemas apresentam falhas por envelhecimento ou desgaste, e o fator de forma  $\beta$  do conjunto câmbio Argentina é menor que 1 conforme mostrado na figura 4.9. A taxa de falhas localiza-se portanto em  $\beta < 1$  o que indica que a taxa de falhas diminui com o tempo de funcionamento, após o período inicial de falhas prematuras a tendência de falhar fica cada vez mais reduzida.

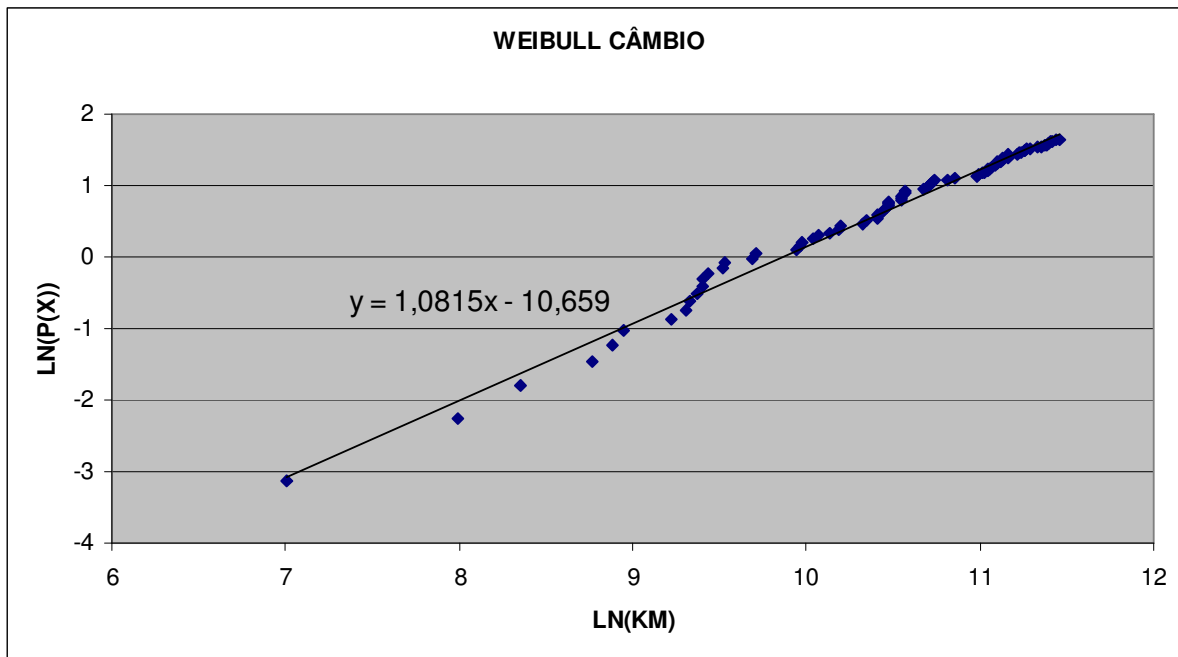


Figura 4.8: Curva de Weibull das falhas do conjunto câmbio veículo Brasil

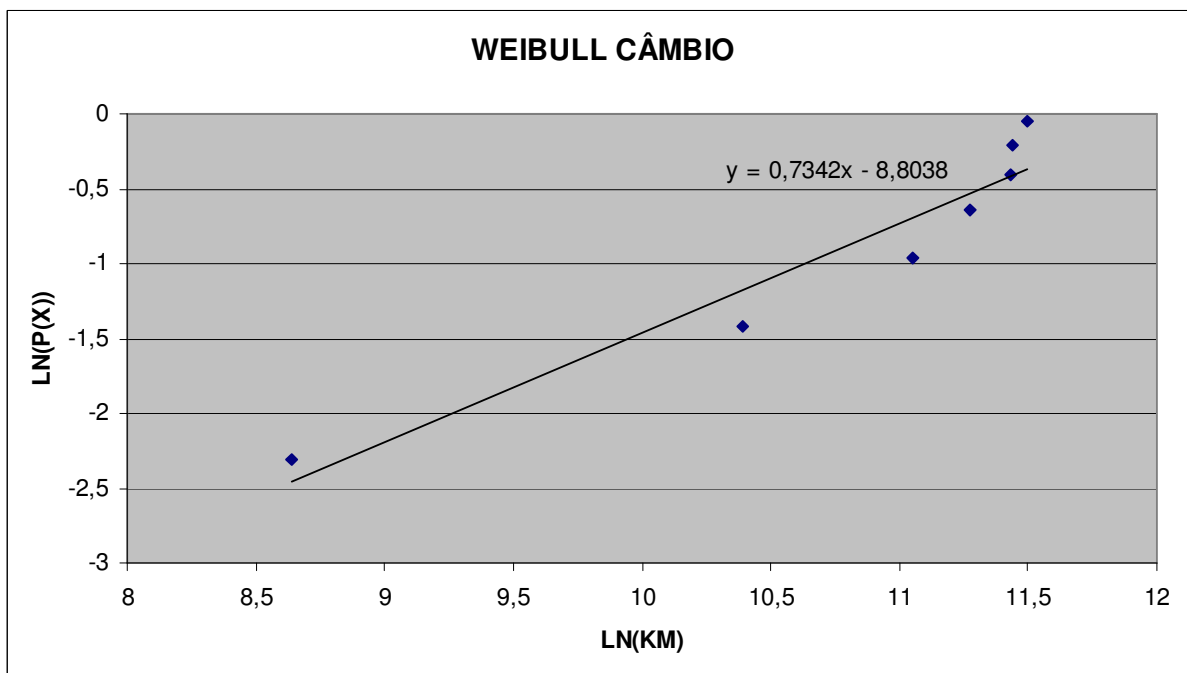


Figura 4.9: Curva de Weibull das falhas do conjunto câmbio veículo Argentina

O sistema motor no Brasil possui seu  $\beta=1,176$ , localizando a taxa de falhas na referência  $1 < \beta < 2$  como mostrado na figura 4.10. Esta taxa de falhas, portanto tem comportamento de crescimento forte e depois mais fraco, apresentando

características de falhas por envelhecimento ou desgaste. O conjunto motor na Argentina também possui seu  $\beta=1,145$ , localizando a taxa de falhas na referência  $1 < \beta < 2$ . Estes sistemas apresentam comportamento semelhante em ambos os mercados conforme mostrado na figura 4.11.

O conjunto motor apresenta tendência de falhas praticamente idêntica nos dois mercados, pois tem os dois fatores de forma  $\beta$  praticamente iguais.

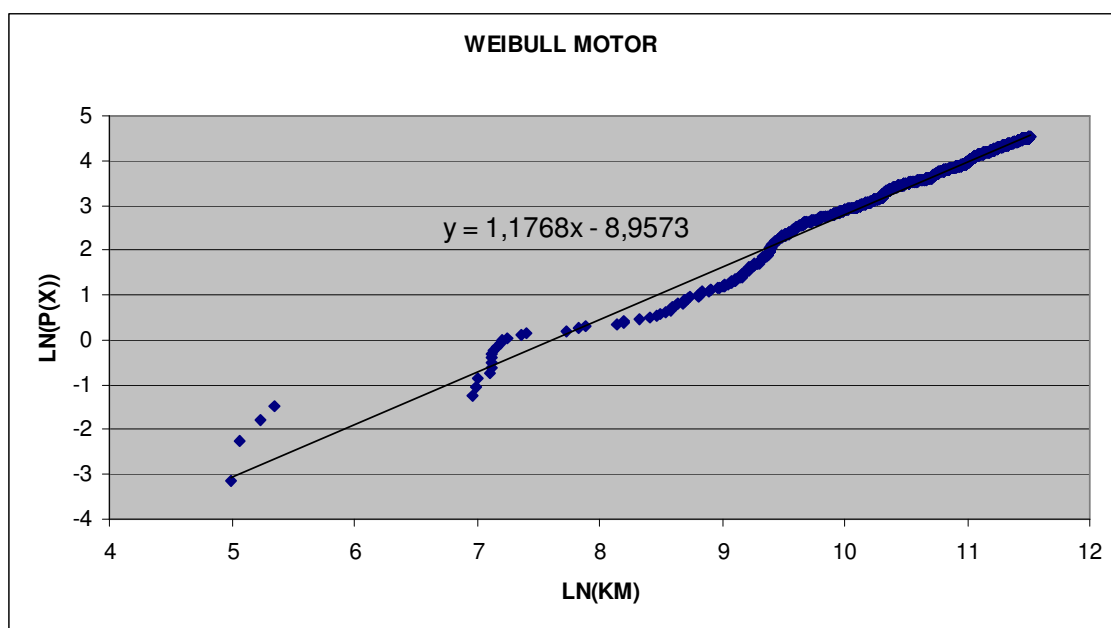


Figura 4.10: Curva de Weibull das falhas do conjunto motor veículo Brasil

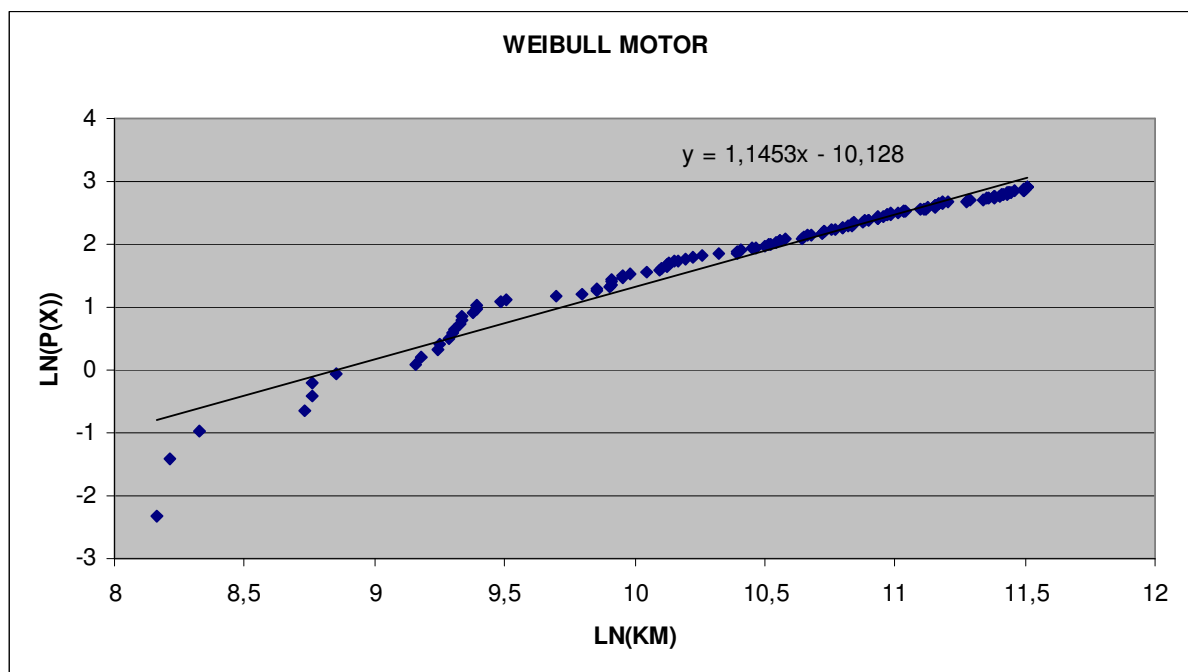


Figura 4.11: Curva de Weibull das falhas do conjunto motor veículo Argentina

O fator de forma  $\beta$  do conjunto denominado carroceria é menor que 1 conforme mostrado na figura 4.12, nos veículos analisados no Brasil. A taxa de falhas localiza-se portanto em  $\beta < 1$ , o que indica que a taxa de falhas diminui com o tempo de funcionamento. Após o período inicial de falhas prematuras, a tendência de falhar fica cada vez mais reduzida.

O fator de forma  $\beta$  do conjunto denominado carroceria é  $\beta = 0,969$  conforme figura 4.13. Para veículos analisados na Argentina a taxa de falhas se localiza portanto em  $\beta < 1$ , indicando o mesmo comportamento observado no Brasil.

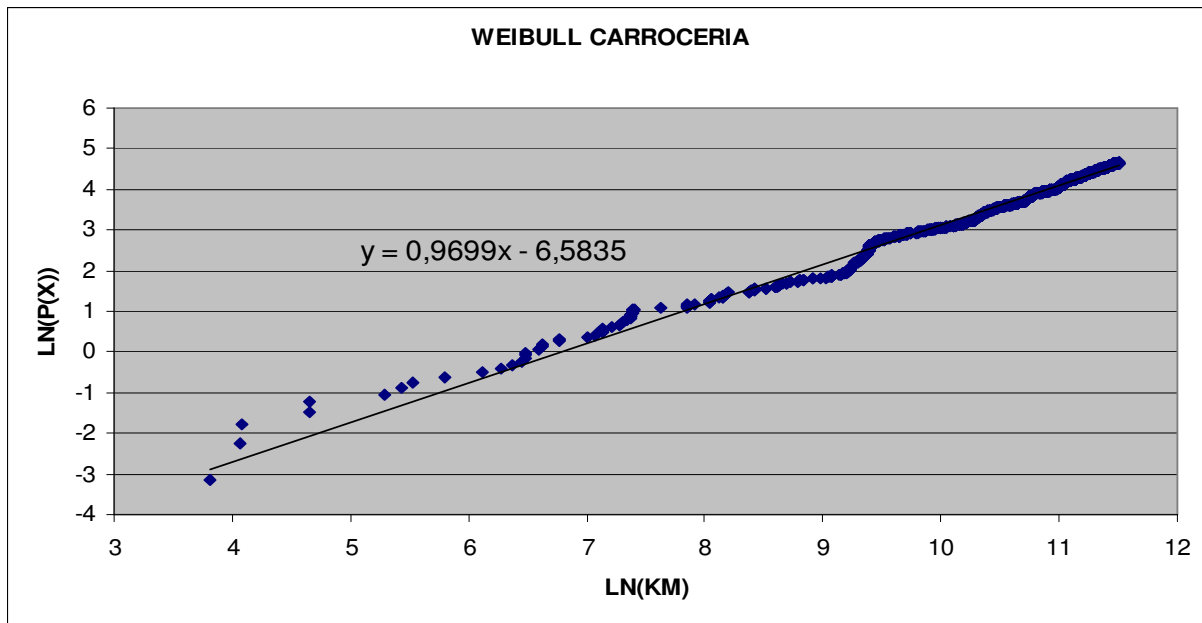


Figura 4.12: Curva de Weibull das falhas do conjunto carroceria veículo Brasil

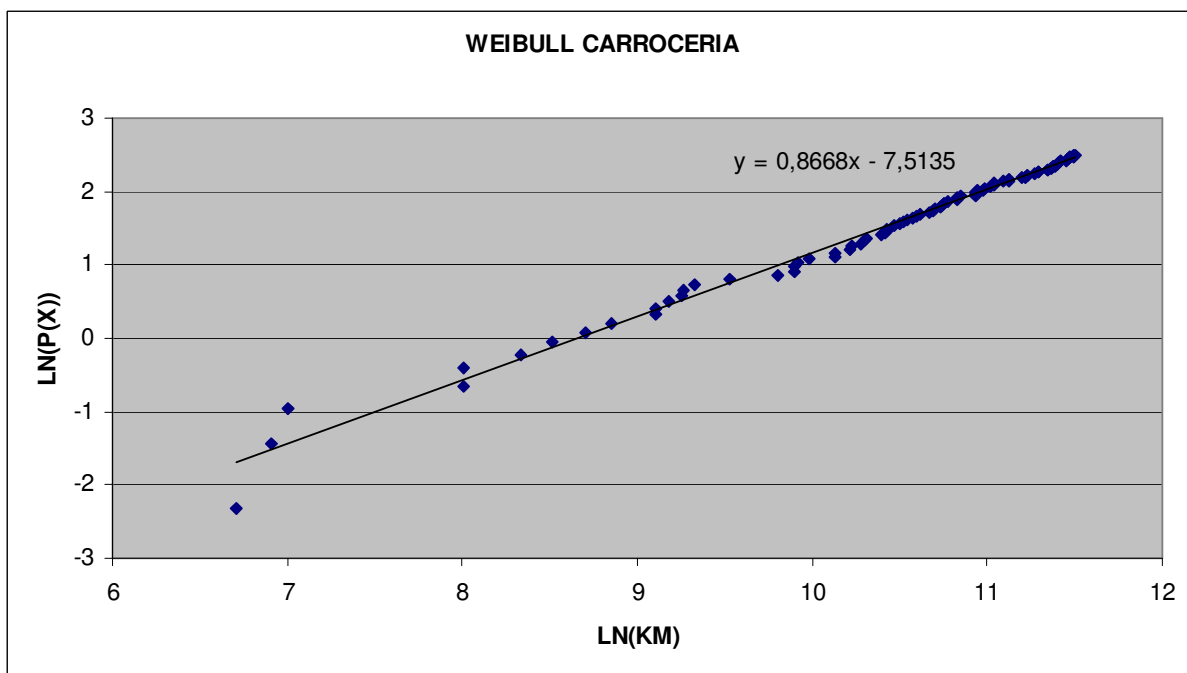


Figura 4.13: Curva de Weibull das falhas do conjunto carroceria veículo Argentina

O conjunto elétrico possui fator de forma  $\beta=1,002$ , ligeiramente maior que 1, como se vê na figura 4.14, para veículos do mercado brasileiro as falhas tem tendência de crescimento com a quilometragem, inicialmente forte e depois mais

fraco, podendo haver falhas por envelhecimento ou desgaste com recuperação uma vez que a tendência a falhar se torna menos acentuada, conforme temos indicado na revisão bibliográfica quando  $1 < \beta < 2$ .

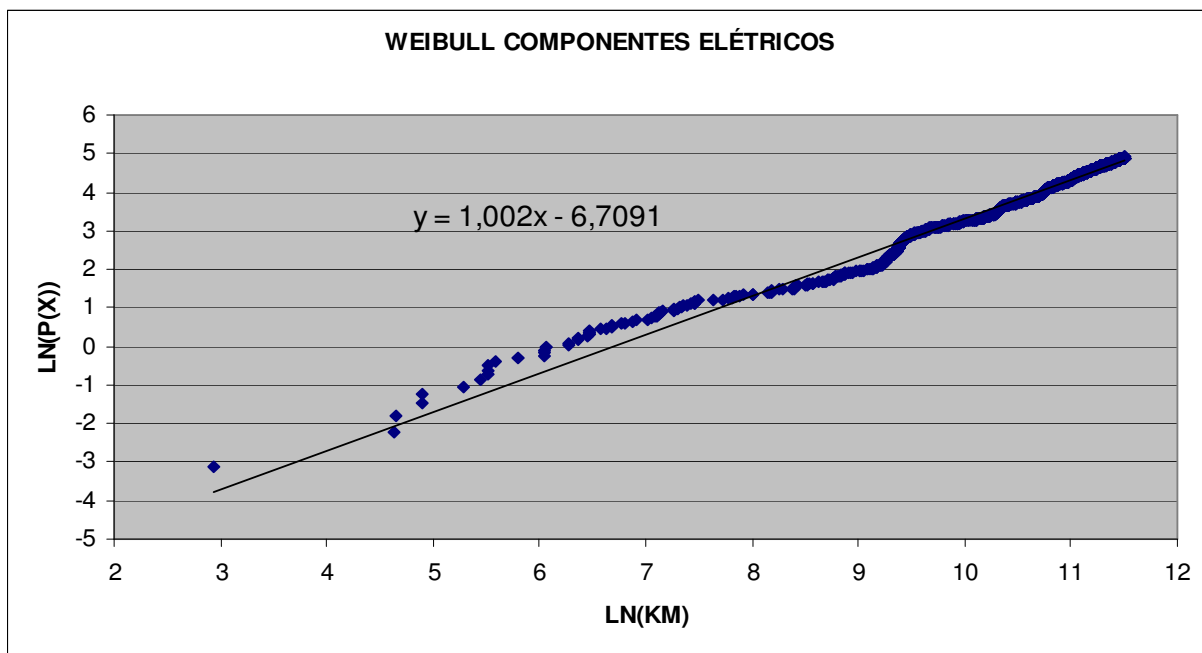


Figura 4.14: Curva de Weibull das falhas do conjunto elétrico veículo Brasil

O fator de forma  $\beta$  do conjunto componentes elétricos é  $\beta=0$ , conforme figura 4.15, a taxa de falhas se localiza portanto em  $\beta < 1$  o que indica que a taxa de falhas diminui com o tempo de funcionamento, após o período inicial de falhas prematuras a tendência de falhar fica cada vez mais reduzida.

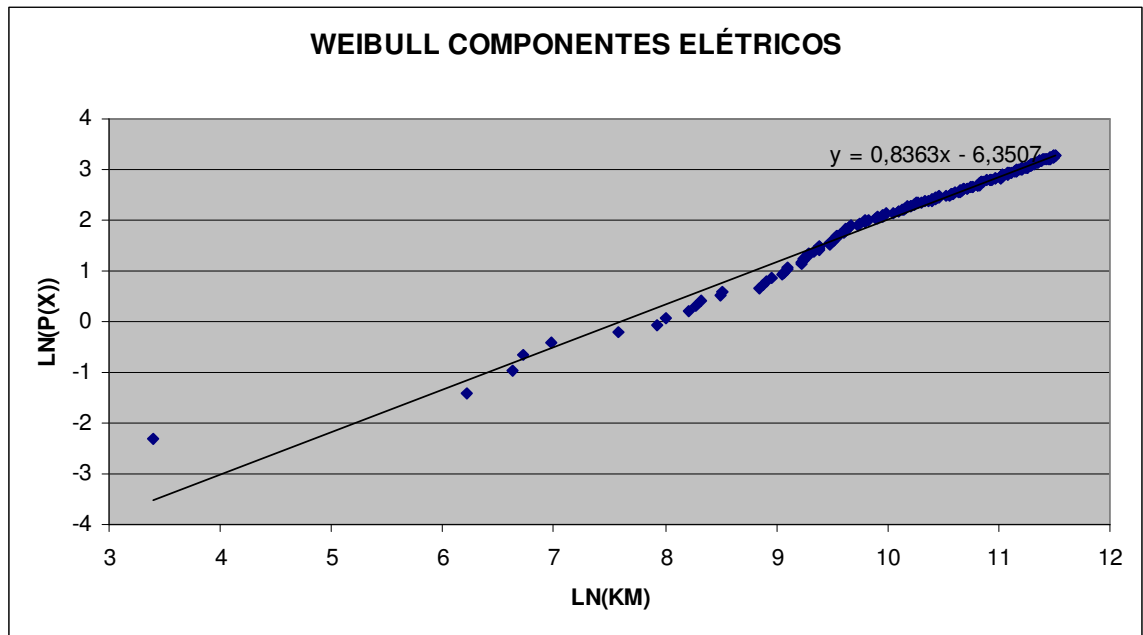


Figura 4.15: Curva de Weibull das falhas do conjunto elétrico veículo Argentina

O sistema de injeção também possui seu  $\beta=1,186$  maior que 1, localizando a taxa de falhas na referência  $1 < \beta < 2$ , esta taxa de falhas portanto tem comportamento de crescimento forte e depois mais fraco, apresentando falhas por envelhecimento ou desgaste, conforme visto na figura 4.16.

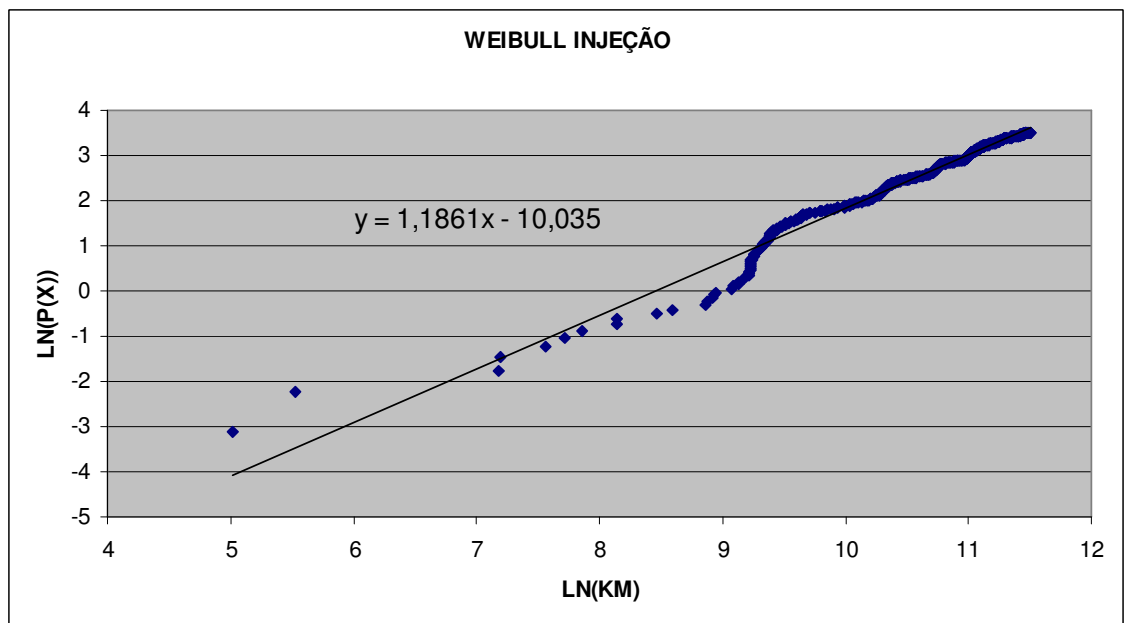


Figura 4.16: Curva de Weibull das falhas do conjunto de injeção veículo Brasil

O fator de forma  $\beta$  do conjunto injeção é  $\beta=0,976$  menor que 1 conforme figura 4.17, a taxa de falhas se localiza portanto em  $\beta < 1$  o que indica que a taxa de falhas diminui com o tempo de funcionamento, após o período inicial de falhas prematuras a tendência de falhar fica cada vez mais reduzida.

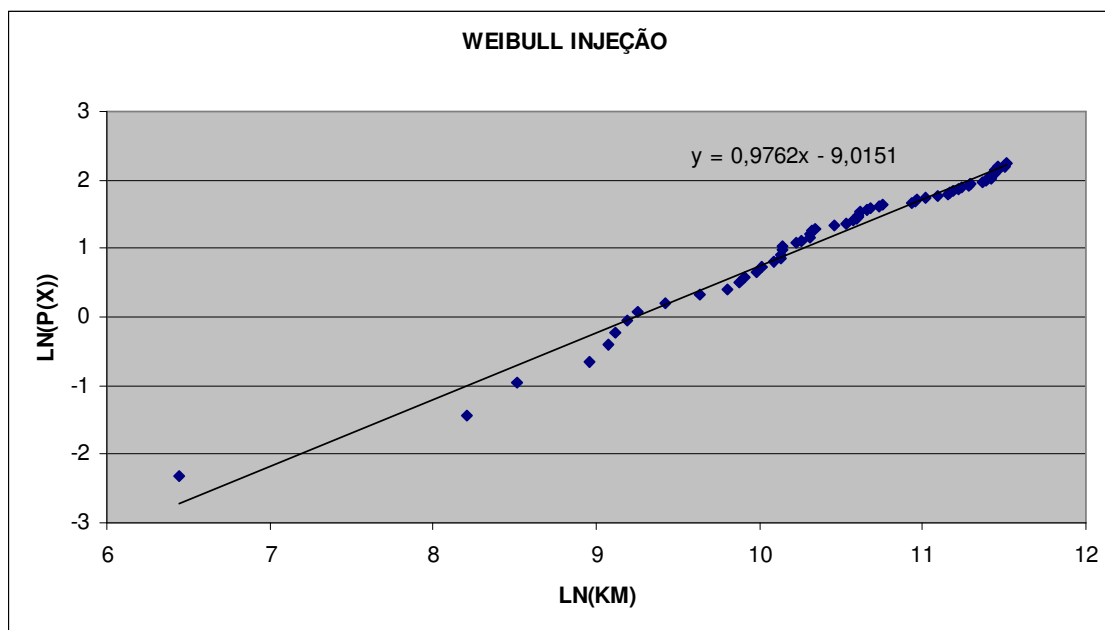


Figura 4.17: Curva de Weibull das falhas do conjunto injeção veículo Argentina

Finalmente o sistema de Pneumático possui seu fator de forma  $\beta=1,326$  maior que 1, localizando a taxa de falhas na referência  $1 < \beta < 2$ , esta taxa de falhas também tem comportamento de crescimento forte e depois mais fraco, apresentando falhas

por envelhecimento ou desgaste, conforme mostrado na figura 4.18.

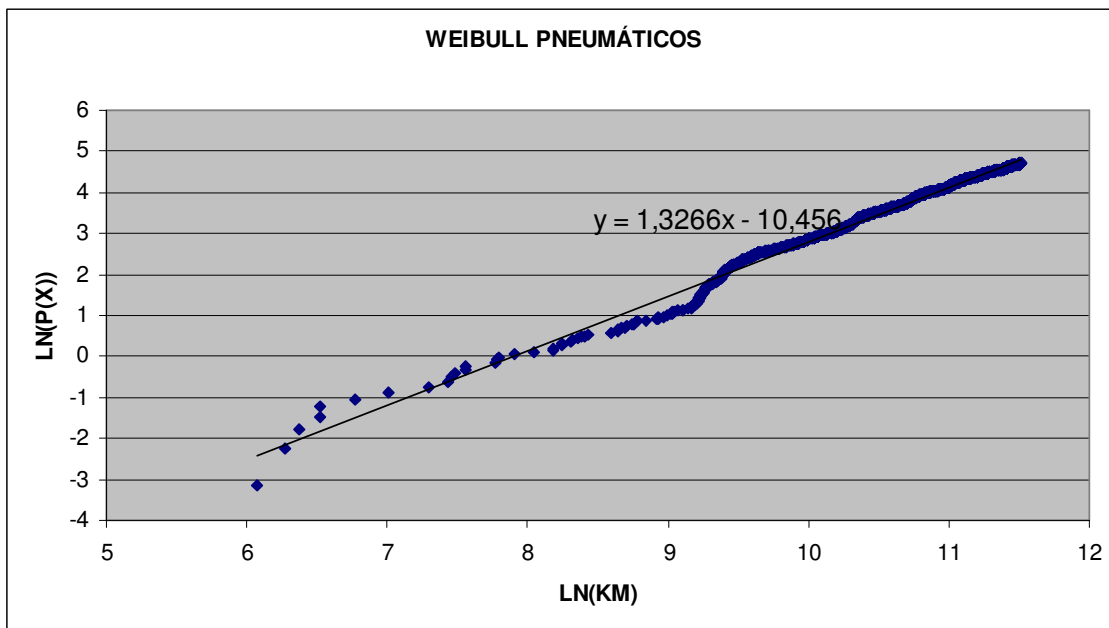


Figura 4.18 : Curva de Weibull das falhas do conjunto pneumático veículo Brasil

O fator de forma  $\beta$  do conjunto pneumático é  $\beta = 0,960$  menor que 1 conforme mostrado figura 4.19, a taxa de falhas se localiza portanto em  $\beta < 1$  o que indica que a taxa de falhas diminui com o tempo de funcionamento, após o período inicial de falhas prematuras a tendência de falhar fica cada vez mais reduzida.

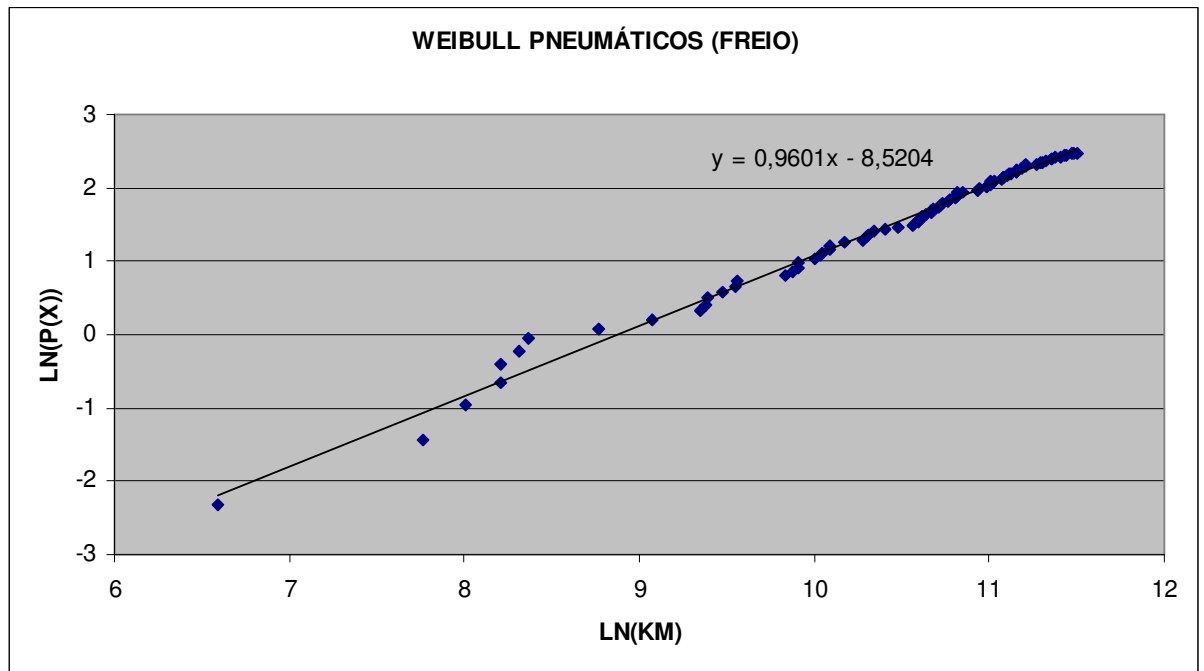


Figura 4.19: Curva de Weibull das falhas do conjunto pneumático veículo Argentina.

## 4.2 Análise de confiabilidade

Após a obtenção das curvas Weibull dos sistemas críticos, todos os dados necessários para a construção da confiabilidade do veículo estão disponíveis. Estes cálculos serão realizados através da união em série e paralelo das confiabilidades de todos os sistemas, conforme mostrado na metodologia através do diagrama de blocos mostrado na figura 3.1.

Os cálculos de confiabilidade dos veículos estão apresentados nas Tabelas 4.4 e 4.5, que ao final apresentam os valores de confiabilidade dos veículos dos dois mercados correlacionados com a quilometragem dos veículos até 100.000 km. Estes

valores de confiabilidade foram calculados segundo indicam os procedimentos da metodologia descritos anteriormente, sendo que o fator de forma foi obtido através dos coeficientes das curvas de weibull mostradas anteriormente (figuras 4.4 a 4.19) para cada sistema. Os valores de quilometragem foram introduzidos sempre de dez em dez mil quilômetros, para poder apresentar a evolução da confiabilidade tanto individualmente em cada sistema veicular, quanto a confiabilidade geral do veículo. Os valores utilizados neste cálculo estão mostrados detalhadamente nos apêndices A3 e A4.

Tabela 4.4: cálculo de confiabilidade veículo Brasil

SISTEMA	0	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000
CHASSI	1	0,88	0,76	0,65	0,55	0,46	0,39	0,32	0,27	0,23	0,19
EIXOS	1	0,78	0,65	0,56	0,48	0,42	0,37	0,33	0,29	0,26	0,23
CAMBIO	1	0,87	0,74	0,63	0,53	0,45	0,38	0,32	0,26	0,22	0,18
MOTOR	1	0,89	0,77	0,66	0,56	0,47	0,39	0,32	0,26	0,22	0,18
CARROCERIA	1	0,85	0,72	0,62	0,53	0,46	0,39	0,34	0,29	0,25	0,22
COMP. ELÉTRICOS	1	0,86	0,73	0,63	0,54	0,46	0,39	0,34	0,29	0,25	0,21
INJEÇÃO	1	0,89	0,77	0,65	0,55	0,45	0,38	0,31	0,25	0,20	0,17
FREIOS	1	0,92	0,81	0,69	0,58	0,48	0,40	0,32	0,26	0,20	0,16
CONFIABILIDADE VEÍCULO	1	0,5453	0,2946	0,1546	0,0786	0,0387	0,0185	0,0086	0,0039	0,0017	0,0007

Tabela 4.5. cálculo de confiabilidade veículo Argentina.

SISTEMA	0	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000
CHASSI	1	0,83	0,69	0,57	0,47	0,39	0,32	0,26	0,22	0,18	0,15
EIXOS	1	0,97	0,90	0,81	0,71	0,61	0,50	0,41	0,33	0,25	0,19
CAMBIO	1	0,80	0,69	0,61	0,54	0,49	0,44	0,40	0,36	0,33	0,30
MOTOR	1	0,87	0,74	0,62	0,52	0,43	0,35	0,29	0,23	0,19	0,15
CARROCERIA	1	0,81	0,68	0,57	0,49	0,42	0,36	0,31	0,27	0,24	0,21
COMP. ELÉTRICOS	1	0,80	0,67	0,56	0,48	0,42	0,36	0,31	0,27	0,24	0,21
INJEÇÃO	1	0,85	0,72	0,62	0,53	0,45	0,39	0,33	0,28	0,24	0,21
FREIOS	1	0,83	0,70	0,59	0,50	0,43	0,36	0,31	0,26	0,22	0,19
CONFIABILIDADE VEÍCULO	1	0,5410	0,3017	0,1641	0,0864	0,0440	0,0216	0,0103	0,0048	0,0021	0,0009

Nas tabelas 4.4 e 4.5, foram apresentados os valores de confiabilidade de veículos do Brasil e Argentina, dentro do período de garantia, a cada 10.000 km. O resultado também pode ser observado através da figura 4.20.

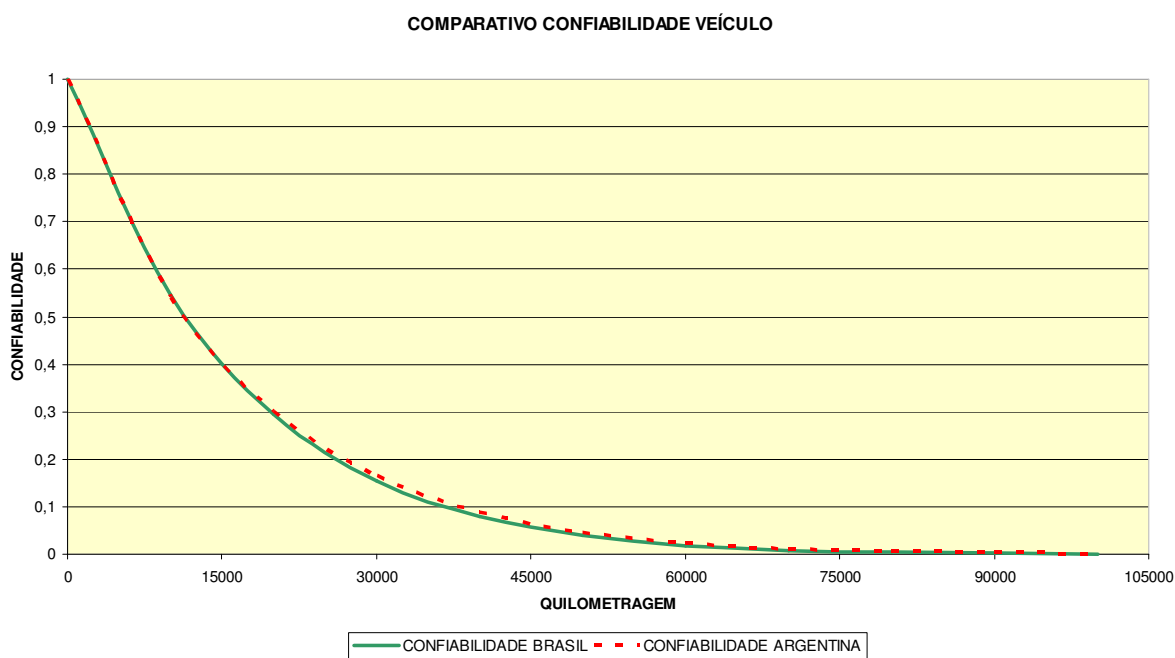


Figura 4.20: Comparativo confiabilidade Brasil x Argentina

A confiabilidade na figura 4.20 mostra-se semelhante para os dois mercados, atingindo um nível de queda com a quilometragem praticamente igual.

## 5- DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A estratificação apresentada pela Tabela 4.1 e Figuras. 4.1 e 4.2. indica grande diferença na missão e nas condições de severidade entre os dois países. Avaliando ambos os resultados (figuras. 4.1 e 4.2), algumas diferenças percentuais nas falhas dos mesmos sistemas para mercados diferentes podem ser observadas.

A carroceria no Brasil apresenta maior índice de quebra, o qual teve aumento de 7% no Brasil em comparação com a Argentina. Isto está diretamente ligado às condições dos pisos brasileiros que aumentam o nível de vibração e impacto. Assim, a carroceria é muito mais solicitada no Brasil que na Argentina.

Os sistemas pneumáticos e de freios obtiveram no Brasil um aumento de 7% nas falhas por dois motivos principais: Em primeiro lugar as péssimas condições das estradas brasileiras, somadas à topografia bastante irregular, o que não ocorre na Argentina. Estes dois fatos somados geram como consequência uma necessidade maior de utilização do sistema de freios no Brasil. Uma segunda causa importante é o grande uso das composições de carga chamadas bi-trens, muito utilizadas no Brasil. Estas composições de transporte de carga são dotadas de maior número de eixos, sendo que todos os eixos executam frenagem. Assim, aumenta-se a solicitação de trabalho do compressor de ar, e conseqüentemente, de todo o sistema pneumático tornando-se então mais um fator adicionado contra a confiabilidade deste sistema pneumático.

Apesar das diferenças citadas entre os dois países, não se verifica alteração na quantidade percentual de falhas de motor. O que poderia gerar diferença na taxa de falhas prematuras seria a diferença de qualidade de combustível usado nos dois países. Entretanto o veículo em questão possui sistema de dupla filtragem de combustível, fato que elimina o fator qualidade de combustível como influência na confiabilidade deste sistema.

Para o sistema de eixos, verifica-se uma alteração do quadro, pois o número de falhas no mercado Argentina aumentou em relação ao Brasil. Isto se deve ao perfil da missão. Na Argentina como a topografia é basicamente plana, os veículos desenvolvem maiores velocidades que no Brasil. Com mais velocidade, qualquer irregularidade no piso, como, por exemplo, uma falha no asfalto, gera danos de maiores dimensões no veículo. É por este motivo, que o percentual de falhas no sistema de eixos desloca-se do percentual de 2% ocorridos no Brasil para os 11% apresentados na Argentina.

A figura 4.3 consegue retratar de maneira global, o nível de severidade da missão a que um mesmo produto é submetido nos dois mercados avaliados. Através desta figura 4.3 fica claro que as condições de uso no Brasil são muito mais severas que na Argentina devido ao nível mais alto de falhas, assim como a grande variação aleatória da quantidade de falhas principalmente nos primeiros quilômetros rodados. A taxa de falhas distribui-se de maneira mais uniforme na Argentina.

A pesquisa da Confederação Nacional de Transportes do Brasil comprova as condições severas no Brasil em seu relatório gerencial de 2005, que revela que 72% dos 81944 km da malha rodoviária brasileira está em situação deficiente, ruim ou péssima, o que corresponde a 60000 km de estradas fora das condições de uso.

Desta malha rodoviária brasileira, 32187 km dos trechos pesquisados apresentaram defeitos de pavimento como desgastes, ondulações, buracos, trincas e remendos ou ainda se mostraram completamente destruídos, tratando-se de uma extensão excessivamente alta, e desta forma compromete a competitividade do setor de transportes brasileiro (CNT, 2005).

Assim as causas mais importantes da diferença na taxa de falhas são as péssimas condições do piso brasileiro, o que não ocorre com a mesma gravidade na Argentina que tem melhores condições em seu asfalto. Além disto, as temperaturas ambiente no Brasil são mais altas que na Argentina. Outro fator importante é a maior quantidade de veículos arrastando os bi-trens no Brasil, estas composições de transporte de carga exigem do veículo o máximo da sua capacidade de carga e de tração, facilitando inclusive a sobrecarga do veículo.

Apesar das grandes variações, a tendência da taxa de falhas nos veículos Brasil, mostrado na figura 4.3 é levemente crescente com a quilometragem. Já na Argentina a tendência da taxa de falhas é de se manter constante. Isto indica que a vida útil, no Brasil, do veículo e seus sistemas estão bastante comprometidos por causa do alto nível de solicitação ao qual determinados sistemas estão submetidos.

Um aumento da taxa de falhas é diretamente proporcional ao aumento da necessidade de intervenções de manutenção no veículo. No caso de um veículo comercial, do qual é exigido o máximo de disponibilidade, pode-se dizer que este é um fator que atinge diretamente a satisfação do cliente, além de gerar maior custo com manutenção corretiva em garantia. Desta forma, claramente entende -se que o cliente pode estar satisfeito com o veículo na Argentina, mas no Brasil a impressão de um cliente exatamente com o mesmo perfil pode ser de insatisfação.

A empresa montadora e sua rede assistencial, foram implantadas no Brasil há apenas 7 anos e na Argentina a mesma empresa já tem cerca de 30 anos de existência. Portanto existe na Argentina maior conhecimento de toda a rede assistencial e também dos clientes quanto ao produto, porque o veículo já trafega há bem mais tempo que no Brasil. Assim, no mercado Argentina já se acumulou maior experiência, o que gera mais eficácia na diagnose das falhas e como consequência, uma manutenção mais qualificada, o que reduz sensivelmente as falhas ou a dimensão das mesmas.

O nível de confiabilidade, que é a distribuição das falhas em relação a quilometragem do veículo, foi apresentado na figura 4.20. O comportamento das curvas que representam os dois mercados é bastante semelhante. Nas curvas de confiabilidade representadas nesta figura, tem-se uma queda muito acentuada e uniforme tanto para os veículos que rodam no Brasil quanto para os veículos da Argentina.

A tendência muito forte de queda na curva de confiabilidade da figura. 4.20 é um grande indicador da necessidade de investimento potencial em melhorias no produto, devido à baixa probabilidade de sobrevivência dos componentes após 30.000 km. Isto indica que este produto pode ser mais adaptado à missão a que está sendo submetido.

Estão sendo utilizados dois parâmetros de avaliação complementares, dentro da metodologia Weibull: a taxa de falhas e a confiabilidade. A taxa de falhas dá noção de quantidade de falhas durante um período pré-estabelecido. A confiabilidade fornece a distribuição de tais falhas dentro do período de garantia. A

teoria de acúmulo de danos fornece as bases para o entendimento das diferenças entre missões com graus de severidade diferentes.

Avaliando os gráficos de confiabilidade e taxa de falhas, consegue-se focar nos componentes onde se deve atuar com melhoria de projeto e onde se devem focar os trabalhos de engenharia. Desta forma, o produto tornar-se-á mais eficaz para a missão a que está sendo aplicado, e assim atingir-se-á o aumento da satisfação e fidelidade dos clientes desta marca.

As soluções de melhoria que forem implementadas no produto levarão o mesmo a um nível melhor de maturidade de projeto, o que significa aumento da confiabilidade para toda a vida do veículo, não se resumindo aos prazos de garantia.

A queda acentuada da confiabilidade com a quilometragem é sinal que o veículo necessita de manutenção bastante prematura, o que vai contra o objetivo do proprietário. Este ponto deve ser alvo para otimização do produto.

A análise em conjunto dos resultados confiabilidade e taxa de falhas, com base na teoria de falhas de componentes mecânicos, consegue fornecer uma boa visão gerencial, traduzida em forma de custo ou lucro, da aplicação de um produto em determinado mercado.

Executando pequenas modificações de projeto e no sistema de manutenção da rede autorizada, somado a um bom trabalho de diagnose de falhas em campo, o custo gerado pela não adaptação do produto à severidade do mercado pode ser drasticamente reduzido. Inversamente proporcional à redução de custo da não qualidade, se atingirá aumento considerável na confiabilidade do produto, e diretamente ocorrerá redução da taxa de falhas.

Com os dados das diagnoses de falha em mãos, a engenharia de produto pode obter soluções de baixo custo e eficazes para eliminar tais falhas. O que leva mais tempo é o trabalho que deve ser realizado na rede autorizada, criando cultura de manutenção preventiva em detrimento da corretiva.

Atualmente, no caso deste veículo, não são avaliadas as peças com falhas ocorridas em campo. Um centro de análise de falhas que possa avaliar os modos de falha existentes é uma forma eficaz de alimentação de informações para o trabalho da engenharia de desenvolvimento de produto, tanto para o produto em exercício quanto para os novos modelos em desenvolvimento.

As taxas de falhas recebem a influência da má utilização do veículo, pois a maneira de conduzir, má utilização dos sistemas como o câmbio e motor, a não realização da manutenção periódica, aplicação do veículo em situações não previstas em seu projeto, entre outras situações podem acelerar a quebra de componentes ou sistemas, conforme a teoria de fadiga e acúmulo de danos.

A avaliação estatística das falhas e confiabilidade tem emprego na árdua missão de separar a má utilização do veículo dos problemas inerentes ao projeto ou ao processo. Nesta separação tem-se que falhas conseqüentes de uso irregular são fenômenos variáveis e tem tendência de distribuição completamente diferente dos efeitos de projeto. As falhas de projeto ocorrem em grande quantidade de veículos e tendem a ocorrer na mesma faixa de quilometragem. Já as falhas provocadas por mau uso ocorrem aleatoriamente distribuídas, tanto na quilometragem percorrida pelo veículo quanto na quantidade de veículos.

Para avaliar a situação do ponto de vista da empresa, tem-se que os custos com a pós-venda deste produto são muito altos, principalmente no Brasil, chegando

próximo do limite de inviabilizar a lucratividade com o mesmo, sem contar o nível de insatisfação dos clientes e consumidores.

## 6- CONCLUSÕES

A metodologia para avaliação da confiabilidade do veículo como um conjunto, obteve êxito em produzir um instrumento comparativo para um mesmo veículo aplicado em duas missões diferentes. Neste trabalho mostrou-se a possibilidade de avaliar além da máquina conforme projeto, o seu comportamento mediante a exigências bastante diversas em sua aplicação, embora sempre com o mesmo nível de exigência de confiabilidade por parte dos vários tipos de clientes.

Baseado nos resultados obtidos pode-se concluir que:

- Apesar de ter o mesmo comportamento de confiabilidade, no Brasil o veículo gera maiores custos e maior freqüência de manutenção.

- A taxa de falhas dos sistemas mecânicos dos veículos no Brasil é superior à da Argentina. Isto foi explicado pelas taxas de falhas apresentadas nos dois países e comprovada pela pesquisa rodoviária da confederação nacional de transportes do Brasil que indica grande precariedade nas condições das estradas brasileiras.

- A taxa de falhas no Brasil apresenta grande aleatoriedade e com leve tendência de aumento com o uso. Ao contrário a taxa de falhas da Argentina que é uniforme e se mantém constante com a quilometragem.

- No Brasil ocorrem grandes picos na taxa de falhas, sempre coincidentes com as paradas para manutenção programada dos veículos a cada 15000 km, o que deve ser interpretado como menor nível técnico e de conhecimento deste produto,

proveniente do corpo técnico presente atualmente nos concessionários do Brasil. Estes picos de taxa de falha ocorrentes durante as paradas de manutenção, indicam falta de diagnose correta das falhas, gerando simples substituição de peças.

## **7- SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

- Detalhar um sistema mecânico e estudar as causas de falha no Brasil e Argentina.
- Comparar veículos Brasil e países mais desenvolvidos ( Europa e USA ).
- Comparar veículos de marcas concorrentes.
- Comparativo entre falhas causadas por deficiência de projeto e má utilização.
- Comparativo com o mesmo analisado neste trabalho, veículo após implantação de ações corretivas ou de melhoria sobre os pontos de falha no produto.

## 8-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATTARDI, L.; GUIDA M.; PULCINI, G.; 2003, **A mixed-Weibull regression model for the analysis of automotive warranty data**, Journal of reliability Engineering and system safety. Italy, v. 87, pg. 265-273, Dec. 2003.

BAGGERLY, R.G., **Quench cracks in truck spring “U” bolts and the implications for spring failure**, Engineering Failure Analysis, 2003, v.1, n.2, pág. 135-141.

BANNANTINE, J.A; et al., **Fundamentals of Metal fatigue analysis**, 2 ed., New Jersey, Prentice Hall, 1990

BARBOSA,G.E.; E. Souza,G.F., **Machine Overhauland / or Retrofitting: A Reliability approach**, Congresso Internacional de Engenharia Mecânica, 2005 Ouro Preto M.G, Anais, Novembro, p. 6-11.

BORGES,W.S., **Modelos probabilísticos em confiabilidade** , 12° Colóquio Brasileiro de matemática, mini-curso, 1979, Rio de Janeiro.

CANFIELD, R.E.; VILLAIRES, M.A., 1992, **The Development of accelerated component durability test cycles using fatigue sensitive editing techniques** Chrysler corporation.Artigo SAE 920660.

CARBONI M.; BERETTA S.; FINZI A., 2002, **Defects and in service fatigue life of truck wheels**, Journal of Engineering Failure Analysis, Milan, jun., 2002, v.10, p. 45-57.

COLLINS, J.A, **Failure of Materials in Mechanical Design**, 2nd., ed., Columbus OH, John Wiley & sons, 1993.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES, **Pesquisa rodoviária**, Pesquisa 2005, 2005 Pág. 99-118.

DALLY, J.W; RILEY ,W.F, **Experimental Stress Analysis**, 3rd,ed.New York : McGraw-Hill,1991.

ELSAYED, E.A. (1992), **System reliability engineering**, Rutgers University, Piscataway, New Jersey, USA.

FIRAT, M; KOKABICAK, U, **Analytical durability modeling and evaluation**, complementary techniques for physical testing of automotive components, Engineering Failure analysis, 2003, v.11, n.4, p. 655-674.

FREITAS, M.A., COLOSIMO,E.A., **Analise de tempos de falha e testes de vida acelerados**, Fundação Christiano Ottoni, Belo Horizonte,1997. v.12.

FU, T.T.; CEBON, D., **Predicting fatigue lives for bi-modal stress spectral densities**, International Journal of Fatigue, 1999, v.22, n1, p. 11-21.

GOPE, P.C., **Determination of sample size for estimation of fatigue life by using Weibull or log-normal distribution**, International journal of Fatigue, 1999, v.21, p.745-752.

GUIDA M.; PULCINI, G., **Automotive reliability inference base don past data and technical knowlenge**, Reliability Engineering and system safety, 2001, v. 76 p.129-137.

HEYES A.M., **Automotive component failures**, Journal of Engineering Failure Analysis, 1998, v.5, p. 139-141.

KALIL M.;TOPPER T.H., **Prediction and correlation of the average crack-opening stress with service load cycles**, International Journal of Fatigue, ,2001 v.25, p.661-670.

KUMAR, P; GAINDHAR J.; BHATIA J., **Reliability analisis of an automotive transmission system**, Journal of microeletronic and Reliability, 1994, v. 36, N. 1, p. 97-100.

KWARCIAK, A.M; et al, **Fatigue testing of selected suspension manual wheelchairs using ANSI / RESNA standards**, American Academy Of Physical Medicine and Rehabilitation, Pittsburgh, PA, Jan. 2005,, v. 86, p. 123-9.

MANSUR, T.R., **Análise experimental de tensões**, Centro de desenvolvimento da tecnologia nuclear, Minas Gerais, Brasil 1995.

MAHMOOD, M.S.; DAVOOD R., **Analysis and optimization of a composite leaf spring**, Journal of Composite structures, 2003 v.60, p. 317-325.

MEYER, P.L., **Aplicações à estatística**, 1982, São Paulo, livros técnicos e científicos.

MUKHOPADHYAY N.; et al., **Premature failure of a leaf spring due to improper materials processing**, International Journal of Fatigue, India, Apr. 1997, v.4, n.3, p. 161-170.

MULLER, R., **Confiabilidade** . 1 ed., Munchen, Deuchland, Sckwarz., 1982.

NADOT Y.; DENIER V., **Fatigue failure of suspension arm, experimental analysis and multiaxial criterion**, Journal of Engineering Failure Analysis, 2003 v.11, p. 485-493.

NORTON, R., **Machine Design**. New Jersey, Prentice Hall,1996.

PALMA, E.S., **Falhas de componentes mecânicos**, Departamento de Engenharia Mecânica, PUC Minas, Belo Horizonte, MG, Brasil, 2003, Notas de aula.

PALMA, E.S.; MARTINS, M.G., **Durability Analysis in a Passenger Vehicle**, Mechanical Engineering Department, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil, 2002.

RAI B.; SINGH N., **A modeling framework for assessing the impact of new mileage warranty limits on number and cost of automotive warranty claims**, Jounal Engineering and system safety, 2002 v. 88, p. 157-169.

RODRIGUES, R., **Confiabilidade do Produto e Administração da Qualidade**, 1 ed., Mogi das Cuzes, São Paulo, 1988.

ROMEU,J.L, **Selected Topics in Assurance Related Tecnologies**, Reliability analisis center, 1999, V. 10, 3 ed, New York.

ROSA, E, **Confiabilidade sistemas mecânicos**, 1ed. Santa Catarina, Fundação do Ensino de Engenharia, 1976.

SCHIJVE, J, **Statistical Distribution Functions And Fatigue Of Structures**, International Journal Of Fatigue , 2004, v. 27 p. 1031-1039.

SHESEHUA Y.; SHUQING K.; CHUNPING D., **Research and application of precision roll-forging taper-leaf spring of vehicle**, Journal of Materials Processing Technology, 1995, v.65, p. 268-271.

SILVA, E.S, **Correlação de danos de Fadiga de uma barra estabilizadora em provas de laboratório e de estrada**, Dissertação de mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, PUC Minas, Belo Horizonte, MG, Brasil, 1999.

SMITH, N.P, **Análise Experimental de tensões**, Departamento de Engenharia Mecânica, PUC Minas, Belo Horizonte, MG, Brasil, 2003, Notas de aula.

TIPTON, S.M; NELSON, D, V, **Advances in multiaxial fatigue life prediction for components with stress concentrations**, International Journal of fatigue, 1997 v.19, p. 503-515.

TAYLOR, D.; BOLOGNA P.; KNANI K., **Prediction of fatigue location on a component using a critical distance method**, International Journal of fatigue, , 2000 v.22, p. 735-742.

ZAHAVI, E., **Fatigue Design**, 1st. ed, 2000 New York, CRC Press.

ZOU T.; MAHADEVAN S.; MOURELATOS Z.; MEERNIK P., **Reliability analysis of automotive body-door subsystem**, Journal of reliability Engineering and system safety, 2002 v. 78 p. 315-324.

## 9- APÊNDICE

Estão apresentados na tabela A1, os dados calculados, usados na construção da curva de Weibull do sistema de eixos veículos Brasil, e na tabela A2 os dados calculados usados na construção da curva de Weibull do sistema de eixos veículos Argentina, para exemplo de cálculo.

## A1- Dados utilizados no cálculo da curva Weibull eixos Brasil.

Brasil							
CHASSI	KM	MERCADO	ORDEM	KM	P(x)	LN(P(X))	LN(KM)
93ZM2APH058701243	100	BRASIL	1	100	0,043575697	-3,133255687	4,605170186
93ZM2APH058701984	128	BRASIL	2	128	0,105826693	-2,245952492	4,852030264
93ZM2APH058701227	148	BRASIL	3	148	0,168077689	-1,78332897	4,997212274
93ZM2APH058700888	184	BRASIL	4	184	0,230328685	-1,468247924	5,214935758
93ZM2APH058701338	608	BRASIL	5	608	0,292579681	-1,229018235	6,410174882
93ZM2APH058700726	653	BRASIL	6	653	0,354830677	-1,036114569	6,481577129
93ZM2APH058701714	877	BRASIL	7	877	0,417081673	-0,874473217	6,776506992
93ZM2APH058700777	991	BRASIL	8	991	0,479332669	-0,735360415	6,898714534
93ZM2APH058701249	1103	BRASIL	9	1103	0,541583665	-0,613257718	7,005789019
93ZM2APH058701226	1127	BRASIL	10	1127	0,603834661	-0,504454858	7,027314514
93ZM2APH058700858	1430	BRASIL	11	1430	0,666085657	-0,406337002	7,265429723
93ZM2APH058700931	1532	BRASIL	12	1532	0,728336653	-0,316991902	7,33432935
93ZM2APH058701264	1740	BRASIL	13	1740	0,790587649	-0,23497875	7,461640392
93ZM2APH058701264	1756	BRASIL	14	1756	0,852838645	-0,159184911	7,470793774
93ZM2APH058701013	1800	BRASIL	15	1800	0,915089641	-0,08873325	7,495541944
93ZM2APH058701013	1800	BRASIL	16	1800	0,977340637	-0,022920031	7,495541944
93ZM2APH058700957	1942	BRASIL	17	1942	1,039591633	0,038827976	7,571473649
93ZM2APH058701714	2068	BRASIL	18	2068	1,101842629	0,096983896	7,634337236
93ZM2APH058701750	3280	BRASIL	19	3280	1,164093625	0,15194278	8,095598701
93ZM2APH058702013	3475	BRASIL	20	3475	1,226344622	0,204037892	8,153349758
93ZM2APH058702013	3475	BRASIL	21	3475	1,288595618	0,253552957	8,153349758
93ZM2APH058701180	4559	BRASIL	22	4559	1,350846614	0,300731517	8,42485858
93ZM2APH058700831	5038	BRASIL	23	5038	1,41309761	0,345784181	8,524764457
93ZM2APH058701262	5295	BRASIL	24	5295	1,475348606	0,388894305	8,574518258
93ZM2APH058700706	5356	BRASIL	25	5356	1,537599602	0,4302225	8,585972707
93ZM2APH058700645	5391	BRASIL	26	5391	1,599850598	0,469910248	8,592486175
93ZM2APH058701262	5482	BRASIL	27	5482	1,662101594	0,508082822	8,609225277
8ATM2APH05X050058	5614	BRASIL	28	5614	1,72435259	0,54485167	8,633018757
93ZM2APH058701493	6788	BRASIL	29	6788	1,786603586	0,580316379	8,822911626
93ZM2APH068702019	7186	BRASIL	30	7186	1,848854582	0,614566302	8,879889968
93ZM2APH058700840	7277	BRASIL	31	7277	1,911105578	0,647681911	8,892473968
93ZM2APH058700509	9316	BRASIL	32	9316	1,973356574	0,679735937	9,139488631
93ZM2APH058700509	9318	BRASIL	33	9318	2,03560757	0,710794334	9,139703292
8ATM2APH05X049442	9614	BRASIL	34	9614	2,097858566	0,740917094	9,170975648
93ZM2APH058701221	9816	BRASIL	35	9816	2,160109562	0,770158943	9,191768986
93ZM2APH058701980	10065	BRASIL	36	10065	2,222360558	0,798569945	9,216819338
93ZM2APH058701867	10095	BRASIL	37	10095	2,284611554	0,826196012	9,219795531
93ZM2APH058701659	10119	BRASIL	38	10119	2,34686255	0,853079351	9,222170124
93ZM2APH058700492	10241	BRASIL	39	10241	2,409113546	0,879258857	9,23415455
93ZM2APH058701162	10869	BRASIL	40	10869	2,471364542	0,904770444	9,29366998

93ZM2APH058701018	10967	BRASIL	41	10967	2,533615538	0,929647349	9,302646043
93ZM2APH058702013	11212	BRASIL	42	11212	2,595866534	0,953920385	9,324739912
93ZM2APH058700491	11255	BRASIL	43	11255	2,65811753	0,977618177	9,328567753
8ATM2APH05X050059	11457	BRASIL	44	11457	2,720368526	1,000767359	9,346356176
93ZM2APH058700500	11531	BRASIL	45	11531	2,782619522	1,023392758	9,35279434
93ZM2APH058700820	11793	BRASIL	46	11793	2,844870518	1,045517554	9,375261414
93ZM2APH058701157	11856	BRASIL	47	11856	2,907121514	1,067163421	9,380589348
93ZM2APH058700944	11949	BRASIL	48	11949	2,96937251	1,088350654	9,388402872
93ZM2APH058701253	11961	BRASIL	49	11961	3,031623506	1,109098287	9,389406636
93ZM2APH058700943	11995	BRASIL	50	11995	3,093874502	1,12942419	9,392245175
93ZM2APH058700998	11998	BRASIL	51	11998	3,156125498	1,149345167	9,392495248
93ZM2APH058701121	12000	BRASIL	52	12000	3,218376494	1,168877038	9,392661929
93ZM2APH058701048	12097	BRASIL	53	12097	3,28062749	1,188034712	9,400712767
93ZM2APH058701265	12210	BRASIL	54	12210	3,342878486	1,206832258	9,410010567
93ZM2APH058701916	12280	BRASIL	55	12280	3,405129482	1,225282966	9,415727202
93ZM2APH058701044	12389	BRASIL	56	12389	3,467380478	1,243399403	9,424564261
93ZM2APH058700579	12562	BRASIL	57	12562	3,529631474	1,261193467	9,438431663
93ZM2APH058700987	12721	BRASIL	58	12721	3,59188247	1,27867643	9,45100945
93ZM2APH058701331	12779	BRASIL	59	12779	3,654133466	1,295858983	9,455558478
93ZM2APH058700902	13005	BRASIL	60	13005	3,716384462	1,312751277	9,473089178
93ZM2APH058701142	13569	BRASIL	61	13569	3,778635458	1,329362955	9,515543058
93ZM2APH058700482	13664	BRASIL	62	13664	3,840886454	1,345703187	9,522519916
93ZM2APH058700846	14000	BRASIL	63	14000	3,90313745	1,361780704	9,546812609
93ZM2APH058701107	14082	BRASIL	64	14082	3,965388446	1,377603819	9,552652665
93ZM2APH058701013	14340	BRASIL	65	14340	4,027639442	1,393180458	9,570808114
93ZM2APH058701777	15068	BRASIL	66	15068	4,089890438	1,408518182	9,620328569
93ZM2APH058701003	15368	BRASIL	67	15368	4,152141434	1,423624209	9,640042704
93ZM2APH058701261	15747	BRASIL	68	15747	4,21439243	1,438505436	9,66440515
93ZM2APH068702051	16101	BRASIL	69	16101	4,276643426	1,453168456	9,686636661
93ZM2APH058700682	17647	BRASIL	70	17647	4,338894422	1,467619574	9,778321076
93ZM2APH048700378	17932	BRASIL	71	17932	4,401145418	1,481864829	9,794342105
93ZM2APH048700339	18006	BRASIL	72	18006	4,463396414	1,495910004	9,798460315
93ZM2APH058700519	18797	BRASIL	73	18797	4,52564741	1,509760641	9,841452562
93ZM2APH058701004	19578	BRASIL	74	19578	4,587898406	1,523422056	9,882161766
93ZM2APH058701004	19578	BRASIL	75	19578	4,650149402	1,536899349	9,882161766
93ZM2APH058700407	20139	BRASIL	76	20139	4,712400398	1,550197417	9,910413513
8ATM2APH05X049450	21825	BRASIL	77	21825	4,774651394	1,563320965	9,990811381
93ZM2APH058700899	22861	BRASIL	78	22861	4,83690239	1,576274514	10,03718768
93ZM2APH058700473	23951	BRASIL	79	23951	4,899153386	1,589062412	10,08376536
93ZM2APH058701121	24103	BRASIL	80	24103	4,961404382	1,601688842	10,09009159
93ZM2APH058700676	24366	BRASIL	81	24366	5,023655378	1,614157832	10,100944
93ZM2APH058700534	25248	BRASIL	82	25248	5,085906375	1,626473258	10,13650222
93ZM2APH058700835	26380	BRASIL	83	26380	5,148157371	1,638638859	10,18036143
93ZM2APH068702029	26403	BRASIL	84	26403	5,210408367	1,650658234	10,18123292
93ZM2APH058700612	27081	BRASIL	85	27081	5,272659363	1,662534858	10,20658765
93ZM2APH058701018	27131	BRASIL	86	27131	5,334910359	1,674272082	10,20843226
93ZM2APH058700544	27509	BRASIL	87	27509	5,397161355	1,68587314	10,2222685
93ZM2APH058701472	27715	BRASIL	88	27715	5,459412351	1,697341156	10,22972906
93ZM2APH058700520	27857	BRASIL	89	27857	5,521663347	1,708679146	10,23483956
93ZM2APH058701738	27970	BRASIL	90	27970	5,583914343	1,719890026	10,23888779
93ZM2APH058701185	28453	BRASIL	91	28453	5,646165339	1,730976614	10,25600888

8ATM2APH04X049228	28777	BRASIL	92	28777	5,708416335	1,741941636	10,26733174
93ZM2APH058701235	28905	BRASIL	93	28905	5,770667331	1,752787729	10,27176987
8ATM2APH04X049229	29400	BRASIL	94	29400	5,832918327	1,763517446	10,28874995
93ZM2APH058700822	29720	BRASIL	95	29720	5,895169323	1,774133257	10,2995755
93ZM2APH058701183	30030	BRASIL	96	30030	5,957420319	1,784637555	10,30995216
93ZM2APH058701183	30030	BRASIL	97	30030	6,019671315	1,795032659	10,30995216
93ZM2APH058700587	30138	BRASIL	98	30138	6,081922311	1,805320816	10,31354211
93ZM2APH058700419	30221	BRASIL	99	30221	6,144173307	1,815504203	10,31629233
93ZM2APH058700516	30352	BRASIL	100	30352	6,206424303	1,825584933	10,32061769
93ZM2APH058700751	30622	BRASIL	101	30622	6,268675299	1,835565056	10,32947398
93ZM2APH048700143	30936	BRASIL	102	30936	6,330926295	1,84544656	10,33967583
8ATM2APH05X049726	31007	BRASIL	103	31007	6,393177291	1,855231373	10,34196826
93ZM2APH058700614	31064	BRASIL	104	31064	6,455428287	1,864921372	10,34380487
93ZM2APH058700566	31252	BRASIL	105	31252	6,517679283	1,874518374	10,34983865
93ZM2APH058700410	31264	BRASIL	106	31264	6,579930279	1,884024149	10,35022255
93ZM2APH058700576	31529	BRASIL	107	31529	6,642181275	1,893440415	10,35866304
8ATM2APH04X048815	31623	BRASIL	108	31623	6,704432271	1,902768841	10,36163998
93ZM2APH058701232	31800	BRASIL	109	31800	6,766683267	1,912011051	10,36722157
93ZM2APH058700843	31990	BRASIL	110	31990	6,828934263	1,921168624	10,37317863
93ZM2APH058701237	32263	BRASIL	111	32263	6,891185259	1,930243096	10,38167634
93ZM2APH058700846	32562	BRASIL	112	32562	6,953436255	1,939235963	10,39090124
93ZM2APH048700232	32623	BRASIL	113	32623	7,015687251	1,948148678	10,39277284
93ZM2APH048700235	32631	BRASIL	114	32631	7,077938247	1,956982657	10,39301804
93ZM2APH058701053	32922	BRASIL	115	32922	7,140189243	1,965739281	10,40189641
93ZM2APH058700613	33414	BRASIL	116	33414	7,202440239	1,974419891	10,41673025
93ZM2APH058700489	34950	BRASIL	117	34950	7,264691235	1,983025796	10,46167375
93ZM2APH048700171	35562	BRASIL	118	35562	7,326942231	1,991558271	10,47903293
93ZM2APH058701473	35978	BRASIL	119	35978	7,389193227	2,000018558	10,49066292
8ATM2APH04X048454	36123	BRASIL	120	36123	7,451444223	2,008407869	10,49468506
93ZM2APH058701654	37933	BRASIL	121	37933	7,513695219	2,016727385	10,54357672
93ZM2APH058701782	38264	BRASIL	122	38264	7,575946215	2,024978256	10,55226479
93ZM2APH058700724	38573	BRASIL	123	38573	7,638197211	2,033161608	10,56030783
93ZM2APH058700507	39041	BRASIL	124	39041	7,700448207	2,041278536	10,57236765
8ATM2APH04X048808	39764	BRASIL	125	39764	7,762699203	2,049330109	10,59071726
93ZM2APH058700477	40195	BRASIL	126	40195	7,824950199	2,057317372	10,60149789
8ATM2APH04X048272	41522	BRASIL	127	41522	7,887201195	2,065241344	10,63397869
93ZM2APH058700612	42132	BRASIL	128	42132	7,949452191	2,07310302	10,64856283
93ZM2APH058700517	42375	BRASIL	129	42375	8,011703187	2,080903371	10,65431384
93ZM2APH048700237	43091	BRASIL	130	43091	8,073954183	2,088643348	10,67106944
93ZM2APH058701013	43117	BRASIL	131	43117	8,136205179	2,096323877	10,67167263
93ZM2APH058700407	43409	BRASIL	132	43409	8,198456175	2,103945865	10,67842207
8ATM2APH04X048612	44170	BRASIL	133	44170	8,260707171	2,111510198	10,6958011
8ATM2APH05X049402	44917	BRASIL	134	44917	8,322958167	2,119017741	10,71257162
93ZM2APH058700490	45178	BRASIL	135	45178	8,385209163	2,12646934	10,71836552
93ZM2APH048700257	45296	BRASIL	136	45296	8,447460159	2,133865823	10,72097401
93ZM2APH058701319	45356	BRASIL	137	45356	8,509711155	2,141208	10,72229775
93ZM2APH048700305	45675	BRASIL	138	45675	8,571962151	2,148496662	10,72930638
93ZM2APH058701239	46326	BRASIL	139	46326	8,634213147	2,155732584	10,74345864
8ATM2APH04X048990	46956	BRASIL	140	46956	8,696464143	2,162916523	10,75696627
8ATM2APH04X048060	47839	BRASIL	141	47839	8,758715139	2,170049221	10,77559649
8ATM2APH04X048418	48203	BRASIL	142	48203	8,820966135	2,177131403	10,78317654

93ZM2APH058700648	48801	BRASIL	143	48801	8,883217131	2,184163781	10,79550608
93ZM2APH058700648	48801	BRASIL	144	48801	8,945468127	2,19114705	10,79550608
93ZM2APH058700642	49829	BRASIL	145	49829	9,007719124	2,19808189	10,81635242
93ZM2APH048700241	50043	BRASIL	146	50043	9,06997012	2,20496897	10,82063791
93ZM2APH058700614	50596	BRASIL	147	50596	9,132221116	2,211808942	10,8316278
8ATM2APH04X048993	51651	BRASIL	148	51651	9,194472112	2,218602446	10,85226484
8ATM2APH04X048993	51651	BRASIL	149	51651	9,256723108	2,22535011	10,85226484
93ZM2APH058700445	51720	BRASIL	150	51720	9,318974104	2,232052548	10,85359983
93ZM2APH058701458	53220	BRASIL	151	53220	9,3812251	2,238710362	10,88218954
93ZM2APH058700633	53693	BRASIL	152	53693	9,443476096	2,245324143	10,89103792
8ATM2APH04X048046	54566	BRASIL	153	54566	9,505727092	2,251894469	10,90716626
93ZM2APH058701249	55559	BRASIL	154	55559	9,567978088	2,258421907	10,9252008
93ZM2APH058700507	55570	BRASIL	155	55570	9,630229084	2,264907014	10,92539877
8ATM2APH04X048823	56256	BRASIL	156	56256	9,69248008	2,271350335	10,93766798
8ATM2APH05X049729	57275	BRASIL	157	57275	9,754731076	2,277752406	10,95561951
8ATM2APH04X048610	57510	BRASIL	158	57510	9,816982072	2,28411375	10,95971412
93ZM2APH058700521	58401	BRASIL	159	58401	9,879233068	2,290434884	10,97508829
8ATM2APH04X048818	59010	BRASIL	160	59010	9,941484064	2,296716312	10,9854622
93ZM2APH048700342	59200	BRASIL	161	59200	10,00373506	2,302958529	10,98867682
93ZM2APH058700493	59386	BRASIL	162	59386	10,06598606	2,309162023	10,99181379
93ZM2APH058700676	59662	BRASIL	163	59662	10,12823705	2,315327271	10,99645058
93ZM2APH048700287	59717	BRASIL	164	59717	10,19048805	2,321454741	10,99737202
93ZM2APH058700961	59754	BRASIL	165	59754	10,25273904	2,327544894	10,99799141
93ZM2APH058700962	59835	BRASIL	166	59835	10,31499004	2,333598181	10,99934605
93ZM2APH058700962	59835	BRASIL	167	59835	10,37724104	2,339615046	10,99934605
93ZM2APH058700962	59835	BRASIL	168	59835	10,43949203	2,345595925	10,99934605
8ATM2APH04X049233	60094	BRASIL	169	60094	10,50174303	2,351541246	11,00366528
93ZM2APH058701004	60290	BRASIL	170	60290	10,56399402	2,357451429	11,00692153
93ZM2APH058701007	60325	BRASIL	171	60325	10,62624502	2,363326886	11,00750189
93ZM2APH058700878	60590	BRASIL	172	60590	10,68849602	2,369168024	11,01188514
93ZM2APH058700948	60661	BRASIL	173	60661	10,75074701	2,374975242	11,01305627
93ZM2APH058701313	60718	BRASIL	174	60718	10,81299801	2,38074893	11,01399547
93ZM2APH058701574	60934	BRASIL	175	60934	10,875249	2,386489474	11,01754659
93ZM2APH058701574	60934	BRASIL	176	60934	10,9375	2,392197252	11,01754659
8ATM2APH04X048558	60935	BRASIL	177	60935	10,999751	2,397872636	11,017563
8ATM2APH04X048632	61245	BRASIL	178	61245	11,06200199	2,403515992	11,02263749
93ZM2APH058700850	62352	BRASIL	179	62352	11,12425299	2,409127679	11,04055103
93ZM2APH048700229	62510	BRASIL	180	62510	11,18650398	2,41470805	11,04308182
8ATM2APH04X048060	62513	BRASIL	181	62513	11,24875498	2,420257454	11,04312981
8ATM2APH04X048817	62657	BRASIL	182	62657	11,31100598	2,425776232	11,04543069
93ZM2APH058700888	62755	BRASIL	183	62755	11,37325697	2,43126472	11,04699354
8ATM2APH05X049445	62827	BRASIL	184	62827	11,43550797	2,436723249	11,0481402
93ZM2APH058700632	63267	BRASIL	185	63267	11,49775896	2,442152144	11,05511915
93ZM2APH058700626	63825	BRASIL	186	63825	11,56000996	2,447551725	11,06390024
8ATM2APH04X048239	63930	BRASIL	187	63930	11,62226096	2,452922307	11,06554401
8ATM2APH04X048824	63956	BRASIL	188	63956	11,68451195	2,4582642	11,06595063
93ZM2APH058701242	64459	BRASIL	189	64459	11,74676295	2,463577709	11,07378464
93ZM2APH048700158	64722	BRASIL	190	64722	11,80901394	2,468863133	11,07785645
8ATM2APH04X048807	65029	BRASIL	191	65029	11,87126494	2,474120769	11,0825886
93ZM2APH058700816	65278	BRASIL	192	65278	11,93351594	2,479350907	11,08641035
8ATM2APH04X048821	65484	BRASIL	193	65484	11,99576693	2,484553832	11,08956112

8ATM2APH04X048038	65963	BRASIL	194	65963	12,05801793	2,489729827	11,09684926
8ATM2APH04X049230	65971	BRASIL	195	65971	12,12026892	2,494879169	11,09697053
8ATM2APH04X048060	65990	BRASIL	196	65990	12,18251992	2,500002131	11,09725849
8ATM2APH05X049453	67003	BRASIL	197	67003	12,24477092	2,505098982	11,11249267
93ZM2APH058700669	67091	BRASIL	198	67091	12,30702191	2,510169987	11,11380519
8ATM2APH05X049727	67686	BRASIL	199	67686	12,36927291	2,515215406	11,12263464
93ZM2APH048700001	69320	BRASIL	200	69320	12,4315239	2,520235497	11,14648874
8ATM2APH04X049020	69331	BRASIL	201	69331	12,4937749	2,525230512	11,14664742
93ZM2APH058700613	69527	BRASIL	202	69527	12,5560259	2,530200701	11,14947045
93ZM2APH058700703	70965	BRASIL	203	70965	12,61827689	2,53514631	11,16994208
93ZM2APH048700102	72010	BRASIL	204	72010	12,68052789	2,54006758	11,18456028
8ATM2APH04X048296	72090	BRASIL	205	72090	12,74277888	2,544964749	11,18567062
93ZM2APH058701229	72251	BRASIL	206	72251	12,80502988	2,549838053	11,18790145
8ATM2APH04X048297	73926	BRASIL	207	73926	12,86728088	2,554687723	11,21081987
8ATM2APH04X048558	74144	BRASIL	208	74144	12,92953187	2,559513987	11,21376443
8ATM2APH04X048558	74356	BRASIL	209	74356	12,99178287	2,564317071	11,21661965
8ATM2APH05X049451	74978	BRASIL	210	74978	13,05403386	2,569097194	11,22495002
8ATM2APH05X049401	75174	BRASIL	211	75174	13,11628486	2,573854577	11,22756071
8ATM2APH04X048269	75249	BRASIL	212	75249	13,17853586	2,578589435	11,22855789
93ZM2APH048700098	75262	BRASIL	213	75262	13,24078685	2,583301979	11,22873064
8ATM2APH04X048633	75263	BRASIL	214	75263	13,30303785	2,587992419	11,22874393
93ZM2APH048700285	76120	BRASIL	215	76120	13,36528884	2,592660961	11,24006632
93ZM2APH058701185	76272	BRASIL	216	76272	13,42753984	2,59730781	11,24206118
93ZM2APH058701116	76357	BRASIL	217	76357	13,48979084	2,601933165	11,24317499
93ZM2APH058700439	76476	BRASIL	218	76476	13,55204183	2,606537225	11,24473225
93ZM2APH058700816	76571	BRASIL	219	76571	13,61429283	2,611120184	11,24597369
8ATM2APH04X048037	76978	BRASIL	220	76978	13,67654382	2,615682236	11,25127495
8ATM2APH04X048418	77207	BRASIL	221	77207	13,73879482	2,62022357	11,25424541
93ZM2APH048700356	77320	BRASIL	222	77320	13,80104582	2,624744373	11,25570793
93ZM2APH048700287	77668	BRASIL	223	77668	13,86329681	2,629244831	11,26019861
93ZM2APH048700335	78093	BRASIL	224	78093	13,92554781	2,633725125	11,2656557
93ZM2APH048700335	78093	BRASIL	225	78093	13,9877988	2,638185436	11,2656557
8ATM2APH05X049726	78991	BRASIL	226	78991	14,0500498	2,64262594	11,2770892
93ZM2APH048700083	79111	BRASIL	227	79111	14,1123008	2,647046814	11,27860721
93ZM2APH058700546	79574	BRASIL	228	79574	14,17455179	2,65144823	11,28444269
93ZM2APH048700223	80126	BRASIL	229	80126	14,23680279	2,655830358	11,29135567
8ATM2APH04X048988	80470	BRASIL	230	80470	14,29905378	2,660193366	11,29563972
8ATM2APH05X049450	80697	BRASIL	231	80697	14,36130478	2,664537422	11,29845668
8ATM2APH04X047363	81328	BRASIL	232	81328	14,42355578	2,668862688	11,30624564
8ATM2APH04X048629	82486	BRASIL	233	82486	14,48580677	2,673169327	11,32038386
8ATM2APH04X048417	83932	BRASIL	234	83932	14,54805777	2,677457498	11,33776223
93ZM2APH058701318	84133	BRASIL	235	84133	14,61030876	2,681727359	11,34015416
8ATM2APH04X048394	85125	BRASIL	236	85125	14,67255976	2,685979066	11,35187604
8ATM2APH04X048394	85125	BRASIL	237	85125	14,73481076	2,690212773	11,35187604
8ATM2APH04X048056	86152	BRASIL	238	86152	14,79706175	2,694428631	11,36386846
93ZM2APH058700505	87954	BRASIL	239	87954	14,85931275	2,69862679	11,38456923
8ATM2APH04X048815	88163	BRASIL	240	88163	14,92156375	2,702807398	11,38694265
93ZM2APH058700720	89030	BRASIL	241	89030	14,98381474	2,706970601	11,39672867
93ZM2APH058700817	89166	BRASIL	242	89166	15,04606574	2,711116544	11,39825508
93ZM2APH048700163	89190	BRASIL	243	89190	15,10831673	2,715245369	11,3985242
93ZM2APH048700105	89270	BRASIL	244	89270	15,17056773	2,719357217	11,39942076

8ATM2APH04X048605	89341	BRASIL	245	89341	15,23281873	2,723452227	11,40021579
8ATM2APH05X049457	89949	BRASIL	246	89949	15,29506972	2,727530536	11,40699812
93ZM2APH048700268	90132	BRASIL	247	90132	15,35732072	2,73159228	11,40903054
8ATM2APH04X048629	90339	BRASIL	248	90339	15,41957171	2,735637593	11,41132454
8ATM2APH04X048426	90401	BRASIL	249	90401	15,48182271	2,739666607	11,41201061
8ATM2APH04X048426	90401	BRASIL	250	90401	15,54407371	2,743679454	11,41201061
8ATM2APH04X048100	90464	BRASIL	251	90464	15,6063247	2,747676262	11,41270726
8ATM2APH04X048100	90464	BRASIL	252	90464	15,6685757	2,751657159	11,41270726
8ATM2APH04X049231	90980	BRASIL	253	90980	15,73082669	2,755622271	11,41839498
8ATM2APH04X048808	91190	BRASIL	254	91190	15,79307769	2,759571723	11,42070052
8ATM2APH04X048808	91190	BRASIL	255	91190	15,85532869	2,763505638	11,42070052
8ATM2APH04X047952	91200	BRASIL	256	91200	15,91757968	2,767424139	11,42081018
8ATM2APH05X049404	91393	BRASIL	257	91393	15,97983068	2,771327344	11,42292417
8ATM2APH04X048422	92085	BRASIL	258	92085	16,04208167	2,775215374	11,43046734
8ATM2APH04X048440	92234	BRASIL	259	92234	16,10433267	2,779088346	11,43208411
8ATM2APH04X048069	92497	BRASIL	260	92497	16,16658367	2,782946375	11,43493149
8ATM2APH04X049232	93236	BRASIL	261	93236	16,22883466	2,786789577	11,44288919
93ZM2APH048700008	93282	BRASIL	262	93282	16,29108566	2,790618066	11,44338244
8ATM2APH04X048297	94664	BRASIL	263	94664	16,35333665	2,794431953	11,45808906
8ATM2APH04X048297	94664	BRASIL	264	94664	16,41558765	2,79823135	11,45808906
93ZM2APH048700349	94767	BRASIL	265	94767	16,47783865	2,802016366	11,45917653
8ATM2APH05X049732	96040	BRASIL	266	96040	16,54008964	2,805787109	11,47252005
8ATM2APH04X048319	96062	BRASIL	267	96062	16,60234064	2,809543688	11,4727491
93ZM2APH058701009	96419	BRASIL	268	96419	16,66459163	2,813286207	11,47645856
93ZM2APH048700136	97027	BRASIL	269	97027	16,72684263	2,817014772	11,48274457
8ATM2APH04X047902	98072	BRASIL	270	98072	16,78909363	2,820729487	11,49345718
93ZM2APH048700119	98199	BRASIL	271	98199	16,85134462	2,824430453	11,49475131
8ATM2APH04X047433	98595	BRASIL	272	98595	16,91359562	2,828117773	11,49877583
93ZM2APH048700216	98616	BRASIL	273	98616	16,97584661	2,831791546	11,4989888
8ATM2APH04X048035	98825	BRASIL	274	98825	17,03809761	2,835451873	11,50110589
93ZM2APH058700714	98880	BRASIL	275	98880	17,10034861	2,83909885	11,50166227
93ZM2APH058700387	99196	BRASIL	276	99196	17,1625996	2,842732575	11,50485297
93ZM2APH048700023	99584	BRASIL	277	99584	17,2248506	2,846353143	11,50875679

## A2- Dados utilizados no cálculo da curva Weibull eixos Argentina.

CHASSI	KM	MERCADO	ORDEM	KM	P(x)	LN(P(X))	LN(KM)
8ATM2APH05X049762	257	ARGENTINA	1	257	0,098954	-2,313101	5,549076
8ATM2APH05X051301	600	ARGENTINA	2	600	0,240317	-1,425798	6,39693
8ATM2APH05X051805	900	ARGENTINA	3	900	0,381679	-0,963174	6,802395
8ATM2APH05X049784	3400	ARGENTINA	4	3400	0,523042	-0,648093	8,131531
8ATM2APH03X046567	4000	ARGENTINA	5	4000	0,664405	-0,408864	8,29405
8ATM2APH05X050237	5000	ARGENTINA	6	5000	0,805768	-0,21596	8,517193
8ATM2APH05X051708	6182	ARGENTINA	7	6182	0,94713	-0,054319	8,729397
8ATM2APH04X047888	7000	ARGENTINA	8	7000	1,088493	0,084794	8,853665
8ATM2APH05X051468	7000	ARGENTINA	9	7000	1,229856	0,206897	8,853665
8ATM2APH05X049968	7642	ARGENTINA	10	7642	1,371219	0,3157	8,941415
8ATM2APH05X051715	7797	ARGENTINA	11	7797	1,512581	0,413818	8,961494
8ATM2APH05X049418	8021	ARGENTINA	12	8021	1,653944	0,503163	8,989818
8ATM2APH05X049418	8021	ARGENTINA	13	8021	1,795307	0,585176	8,989818
8ATM2APH05X049418	8021	ARGENTINA	14	8021	1,936669	0,66097	8,989818
8ATM2APH04X048830	8600	ARGENTINA	15	8600	2,078032	0,731421	9,059517
8ATM2APH04X048830	8600	ARGENTINA	16	8600	2,219395	0,797235	9,059517
8ATM2APH05X050689	8700	ARGENTINA	17	8700	2,360758	0,858983	9,071078
8ATM2APH04X048830	8724	ARGENTINA	18	8724	2,50212	0,917139	9,073833
8ATM2APH06X051930	9000	ARGENTINA	19	9000	2,643483	0,972097	9,10498
8ATM2APH05X049774	9252	ARGENTINA	20	9252	2,784846	1,024193	9,132595
8ATM2APH05X051737	9708	ARGENTINA	21	9708	2,926209	1,073708	9,180706
8ATM2APH05X051207	9972	ARGENTINA	22	9972	3,067571	1,120886	9,207536
8ATM2APH04X048830	10000	ARGENTINA	23	10000	3,208934	1,165939	9,21034
8ATM2APH04X048830	10000	ARGENTINA	24	10000	3,350297	1,209049	9,21034
8ATM2APH05X050939	10000	ARGENTINA	25	10000	3,49166	1,250377	9,21034
8ATM2APH05X051575	10155	ARGENTINA	26	10155	3,633022	1,290065	9,225721
8ATM2APH05X051735	10400	ARGENTINA	27	10400	3,774385	1,328237	9,249561
8ATM2APH05X049419	10486	ARGENTINA	28	10486	3,915748	1,365006	9,257796
8ATM2APH05X049419	10486	ARGENTINA	29	10486	4,057111	1,400471	9,257796
8ATM2APH05X049419	10486	ARGENTINA	30	10486	4,198473	1,434721	9,257796
8ATM2APH05X051538	10600	ARGENTINA	31	10600	4,339836	1,467837	9,268609
8ATM2APH05X051528	10800	ARGENTINA	32	10800	4,481199	1,499891	9,287301
8ATM2APH05X051560	11050	ARGENTINA	33	11050	4,622561	1,530949	9,310186
8ATM2APH05X050764	11350	ARGENTINA	34	11350	4,763924	1,561072	9,336973
8ATM2APH04X049027	11500	ARGENTINA	35	11500	4,905287	1,590314	9,350102
8ATM2APH05X050564	11560	ARGENTINA	36	11560	5,04665	1,618725	9,355306
8ATM2APH06X052252	11616	ARGENTINA	37	11616	5,188012	1,646351	9,360139
8ATM2APH05X049417	11890	ARGENTINA	38	11890	5,329375	1,673234	9,383453
8ATM2APH05X051345	12000	ARGENTINA	39	12000	5,470738	1,699414	9,392662
8ATM2APH05X051563	12000	ARGENTINA	40	12000	5,612101	1,724925	9,392662

8ATM2APH05X049984	12870	ARGENTINA	41	12870	5,753463	1,749802	9,462654
8ATM2APH05X049766	13110	ARGENTINA	42	13110	5,894826	1,774075	9,481131
8ATM2APH05X050202	13159	ARGENTINA	43	13159	6,036189	1,797773	9,484861
8ATM2APH04X049037	15800	ARGENTINA	44	15800	6,177552	1,820922	9,667765
8ATM2APH06X051930	16312	ARGENTINA	45	16312	6,318914	1,843547	9,699656
8ATM2APH05X050467	17700	ARGENTINA	46	17700	6,460277	1,865672	9,78132
8ATM2APH05X050113	19000	ARGENTINA	47	19000	6,60164	1,887318	9,852194
8ATM2APH05X049776	19500	ARGENTINA	48	19500	6,743003	1,908505	9,87817
8ATM2APH05X049986	19517	ARGENTINA	49	19517	6,884365	1,929253	9,879041
8ATM2APH04X049045	19800	ARGENTINA	50	19800	7,025728	1,949579	9,893437
8ATM2APH05X050476	19904	ARGENTINA	51	19904	7,167091	1,9695	9,898676
8ATM2APH05X049787	20000	ARGENTINA	52	20000	7,308453	1,989032	9,903488
8ATM2APH05X051541	20056	ARGENTINA	53	20056	7,449816	2,008189	9,906284
8ATM2APH05X050726	20334	ARGENTINA	54	20334	7,591179	2,026987	9,92005
8ATM2APH05X051737	20615	ARGENTINA	55	20615	7,732542	2,045438	9,933774
8ATM2APH05X051737	20615	ARGENTINA	56	20615	7,873904	2,063554	9,933774
8ATM2APH05X049990	21000	ARGENTINA	57	21000	8,015267	2,081348	9,952278
8ATM2APH05X051126	21437	ARGENTINA	58	21437	8,15663	2,098831	9,972874
8ATM2APH05X049412	21766	ARGENTINA	59	21766	8,297993	2,116014	9,988104
8ATM2APH05X049776	23100	ARGENTINA	60	23100	8,439355	2,132906	10,04759
8ATM2APH06X051921	24439	ARGENTINA	61	24439	8,580718	2,149518	10,10394
8ATM2APH05X049782	24459	ARGENTINA	62	24459	8,722081	2,165858	10,10475
8ATM2APH06X052149	24936	ARGENTINA	63	24936	8,863444	2,181935	10,12407
8ATM2APH05X051593	27177	ARGENTINA	64	27177	9,004806	2,197758	10,21013
8ATM2APH05X050221	28100	ARGENTINA	65	28100	9,146169	2,213335	10,24352
8ATM2APH04X049007	28351	ARGENTINA	66	28351	9,287532	2,228673	10,25242
8ATM2APH05X050723	28589	ARGENTINA	67	28589	9,428895	2,243779	10,26078
8ATM2APH05X050225	30000	ARGENTINA	68	30000	9,570257	2,25866	10,30895
8ATM2APH05X051241	30251	ARGENTINA	69	30251	9,71162	2,273323	10,31728
8ATM2APH05X051560	30500	ARGENTINA	70	30500	9,852983	2,287774	10,32548
8ATM2APH05X049783	30547	ARGENTINA	71	30547	9,994345	2,302019	10,32702
8ATM2APH05X050768	31136	ARGENTINA	72	31136	10,13571	2,316065	10,34612
8ATM2APH05X050938	31436	ARGENTINA	73	31436	10,27707	2,329915	10,35571
8ATM2APH05X050478	31600	ARGENTINA	74	31600	10,41843	2,343577	10,36091
8ATM2APH05X050205	32561	ARGENTINA	75	32561	10,5598	2,357054	10,39087
8ATM2APH05X050205	32561	ARGENTINA	76	32561	10,70116	2,370352	10,39087
8ATM2APH04X048799	32593	ARGENTINA	77	32593	10,84252	2,383476	10,39185
8ATM2APH04X048799	32593	ARGENTINA	78	32593	10,98388	2,396429	10,39185
8ATM2APH04X048855	33251	ARGENTINA	79	33251	11,12525	2,409217	10,41184
8ATM2APH04X048855	33251	ARGENTINA	80	33251	11,26661	2,421843	10,41184
8ATM2APH05X050481	33304	ARGENTINA	81	33304	11,40797	2,434312	10,41343

8ATM2APH04X049044	34000	ARGENTINA	82	34000	11,54934	2,446628	10,43412
8ATM2APH04X049043	34500	ARGENTINA	83	34500	11,6907	2,458794	10,44871
8ATM2APH05X049573	35000	ARGENTINA	84	35000	11,83206	2,470813	10,4631
8ATM2APH04X047869	35524	ARGENTINA	85	35524	11,97342	2,48269	10,47796
8ATM2APH05X049782	35820	ARGENTINA	86	35820	12,11479	2,494427	10,48626
8ATM2APH05X050199	35950	ARGENTINA	87	35950	12,25615	2,506028	10,48988
8ATM2APH04X049032	36800	ARGENTINA	88	36800	12,39751	2,517496	10,51325
8ATM2APH05X050474	36963	ARGENTINA	89	36963	12,53887	2,528834	10,51767
8ATM2APH05X050474	36963	ARGENTINA	90	36963	12,68024	2,540045	10,51767
8ATM2APH04X048883	37907	ARGENTINA	91	37907	12,8216	2,551131	10,54289
8ATM2APH05X050728	38302	ARGENTINA	92	38302	12,96296	2,562096	10,55326
8ATM2APH05X050479	38421	ARGENTINA	93	38421	13,10433	2,572942	10,55636
8ATM2APH04X049045	38500	ARGENTINA	94	38500	13,24569	2,583672	10,55841
8ATM2APH05X049420	38950	ARGENTINA	95	38950	13,38705	2,594288	10,57003
8ATM2APH05X050204	39298	ARGENTINA	96	39298	13,52841	2,604792	10,57893
8ATM2APH05X049760	39900	ARGENTINA	97	39900	13,66978	2,615187	10,59413
8ATM2APH05X051350	40140	ARGENTINA	98	40140	13,81114	2,625475	10,60013
8ATM2APH05X049988	40350	ARGENTINA	99	40350	13,9525	2,635659	10,60535
8ATM2APH05X050700	41000	ARGENTINA	100	41000	14,09386	2,64574	10,62133
8ATM2APH05X050242	41140	ARGENTINA	101	41140	14,23523	2,65572	10,62474
8ATM2APH05X049570	41590	ARGENTINA	102	41590	14,37659	2,665601	10,63562
8ATM2APH04X048569	42300	ARGENTINA	103	42300	14,51795	2,675386	10,65254
8ATM2APH05X050252	42302	ARGENTINA	104	42302	14,65932	2,685076	10,65259
8ATM2APH04X049011	42356	ARGENTINA	105	42356	14,80068	2,694673	10,65387
8ATM2APH05X049785	42900	ARGENTINA	106	42900	14,94204	2,704179	10,66663
8ATM2APH05X050248	42900	ARGENTINA	107	42900	15,0834	2,713595	10,66663
8ATM2APH05X050219	42914	ARGENTINA	108	42914	15,22477	2,722923	10,66695
8ATM2APH05X051529	43000	ARGENTINA	109	43000	15,36613	2,732166	10,66896
8ATM2APH05X049762	43200	ARGENTINA	110	43200	15,50749	2,741323	10,6736
8ATM2APH05X049987	43300	ARGENTINA	111	43300	15,64885	2,750398	10,67591
8ATM2APH05X050936	43400	ARGENTINA	112	43400	15,79022	2,759391	10,67821
8ATM2APH05X050233	44171	ARGENTINA	113	44171	15,93158	2,768303	10,69582
8ATM2APH05X050204	44444	ARGENTINA	114	44444	16,07294	2,777137	10,70199
8ATM2APH05X050198	45000	ARGENTINA	115	45000	16,21431	2,785894	10,71442
8ATM2APH04X048892	45400	ARGENTINA	116	45400	16,35567	2,794575	10,72327
8ATM2APH04X048830	45700	ARGENTINA	117	45700	16,49703	2,80318	10,72985
8ATM2APH05X049988	45710	ARGENTINA	118	45710	16,63839	2,811713	10,73007
8ATM2APH04X049028	45800	ARGENTINA	119	45800	16,77976	2,820173	10,73204
8ATM2APH05X050939	46022	ARGENTINA	120	46022	16,92112	2,828563	10,73687
8ATM2APH04X048562	46097	ARGENTINA	121	46097	17,06248	2,836882	10,7385

Seguem também as tabelas usadas para o cálculo da confiabilidade do veículo Brasil e Argentina. Estão representadas as probabilidades de sobrevivência  $R(t)$ , calculadas através da formulação descrita na equação 4 página 23, ordenadas por sistemas veiculares, dentro das faixas de quilometragem (KM) de 10000 km à 100000km, que é faixa de corte usada na amostra.

Cada um dos sistemas teve o cálculo de probabilidade de sobrevivência apresentado nas tabelas a cada 10000 km. Destas tabelas foi realizada a curva de confiabilidade.

A3- Dados utilizados confiabilidade Veiculo Brasil

10000 km

ORDEM	SISTEMA	$\beta$	intercept	$\eta$	KM (t)	R(t)	F(t)	$\lambda(t)$
1	CHASSI	1,1151	-7,8912	63000	10000	0,88	0,12	$1 < \delta < 2$
2	EIXOS	0,7651	-6,0348	60934	10000	0,78	0,22	$\delta < 1$
3	CAMBIO	1,0815	-10,659	61274	10000	0,87	0,13	$1 < \delta < 2$
4	MOTOR	1,1768	-8,9573	62827	10000	0,89	0,11	$1 < \delta < 2$
5	CARROCERIA	0,9699	-6,5835	64388	10000	0,85	0,15	$\delta < 1$
6	COMP.ELÉTRICOS	1,002	-6,7091	64489	10000	0,86	0,14	$1 < \delta < 2$
7	INJEÇÃO	1,1861	-10,035	60995	10000	0,89	0,11	$1 < \delta < 2$
8	FREIOS	1,3266	-10,456	63582	10000	0,92	0,08	$1 < \delta < 2$

20000 km

ORDEM	SISTEMA	$\beta$	intercept	$\eta$	KM (t)	R(t)	F(t)	$\lambda(t)$
1	CHASSI	1,1151	-7,8912	63000	20000	0,76	0,24	$1 < \delta < 2$
2	EIXOS	0,7651	-6,0348	60934	20000	0,65	0,35	$\delta < 1$
3	CAMBIO	1,0815	-10,659	61274	20000	0,74	0,26	$1 < \delta < 2$
4	MOTOR	1,1768	-8,9573	62827	20000	0,77	0,23	$1 < \delta < 2$
5	CARROCERIA	0,9699	-6,5835	64388	20000	0,72	0,28	$\delta < 1$
6	COMPONENTES ELÉTRICOS	1,002	-6,7091	64489	20000	0,73	0,27	$1 < \delta < 2$
7	INJEÇÃO	1,1861	-10,035	60995	20000	0,77	0,23	$1 < \delta < 2$
8	FREIOS	1,3266	-10,456	63582	20000	0,81	0,19	$1 < \delta < 2$

30000 km

ORDEM	SISTEMA	$\beta$	intercept	$\eta$	KM (t)	R(t)	F(t)	$\lambda(t)$
1	CHASSI	1,1151	-7,8912	63000	30000	0,65	0,35	$1 < \delta < 2$
2	EIXOS	0,7651	-6,0348	60934	30000	0,56	0,44	$\delta < 1$
3	CAMBIO	1,0815	-10,659	61274	30000	0,63	0,37	$1 < \delta < 2$
4	MOTOR	1,1768	-8,9573	62827	30000	0,66	0,34	$1 < \delta < 2$
5	CARROCERIA	0,9699	-6,5835	64388	30000	0,62	0,38	$\delta < 1$
6	COMPONENTES ELÉTRICOS	1,002	-6,7091	64489	30000	0,63	0,37	$1 < \delta < 2$
7	INJEÇÃO	1,1861	-10,035	60995	30000	0,65	0,35	$1 < \delta < 2$
8	FREIOS	1,3266	-10,456	63582	30000	0,69	0,31	$1 < \delta < 2$

40000 km

ORDEM	SISTEMA	$\beta$	intercept	$\eta$	KM (t)	R(t)	F(t)	$\lambda(t)$
1	CHASSI	1,1151	-7,8912	63000	40000	0,55	0,45	$1 < \delta < 2$
2	EIXOS	0,7651	-6,0348	60934	40000	0,48	0,52	$\delta < 1$
3	CAMBIO	1,0815	-10,659	61274	40000	0,53	0,47	$1 < \delta < 2$
4	MOTOR	1,1768	-8,9573	62827	40000	0,56	0,44	$1 < \delta < 2$
5	CARROCERIA	0,9699	-6,5835	64388	40000	0,53	0,47	$\delta < 1$
6	COMPONENTES ELÉTRICOS	1,002	-6,7091	64489	40000	0,54	0,46	$1 < \delta < 2$
7	INJEÇÃO	1,1861	-10,035	60995	40000	0,55	0,45	$1 < \delta < 2$
8	FREIOS	1,3266	-10,456	63582	40000	0,58	0,42	$1 < \delta < 2$

50000 km

ORDEM	SISTEMA	$\beta$	intercept	$\eta$	KM (t)	R(t)	F(t)	$\lambda(t)$
1	CHASSI	1,1151	-7,8912	63000	50000	0,46	0,54	$1 < \delta < 2$
2	EIXOS	0,7651	-6,0348	60934	50000	0,42	0,58	$\delta < 1$
3	CAMBIO	1,0815	-10,659	61274	50000	0,45	0,55	$1 < \delta < 2$
4	MOTOR	1,1768	-8,9573	62827	50000	0,47	0,53	$1 < \delta < 2$
5	CARROCERIA	0,9699	-6,5835	64388	50000	0,46	0,54	$\delta < 1$
6	COMPONENTES ELÉTRICOS	1,002	-6,7091	64489	50000	0,46	0,54	$1 < \delta < 2$
7	INJEÇÃO	1,1861	-10,035	60995	50000	0,45	0,55	$1 < \delta < 2$
8	FREIOS	1,3266	-10,456	63582	50000	0,48	0,52	$1 < \delta < 2$

60000 km								
ORDEM	SISTEMA	$\beta$	intercept	$\eta$	KM (t)	R(t)	F(t)	$\lambda(t)$
1	CHASSI	1,1151	-7,8912	63000	60000	0,39	0,61	$1 < \delta < 2$
2	EXOS	0,7651	-6,0348	60934	60000	0,37	0,63	$\delta < 1$
3	CAMBIO	1,0815	-10,659	61274	60000	0,38	0,62	$1 < \delta < 2$
4	MOTOR	1,1768	-8,9573	62827	60000	0,39	0,61	$1 < \delta < 2$
5	CARROCERIA	0,9699	-6,5835	64388	60000	0,39	0,61	$\delta < 1$
6	COMPONENTES ELÉTRICOS	1,002	-6,7091	64489	60000	0,39	0,61	$1 < \delta < 2$
7	INJEÇÃO	1,1861	-10,035	60995	60000	0,38	0,62	$1 < \delta < 2$
8	FREIOS	1,3266	-10,456	63582	60000	0,40	0,60	$1 < \delta < 2$
70000 km								
ORDEM	SISTEMA	$\beta$	intercept	$\eta$	KM (t)	R(t)	F(t)	$\lambda(t)$
1	CHASSI	1,1151	-7,8912	63000	70000	0,32	0,68	$1 < \delta < 2$
2	EXOS	0,7651	-6,0348	60934	70000	0,33	0,67	$\delta < 1$
3	CAMBIO	1,0815	-10,659	61274	70000	0,32	0,68	$1 < \delta < 2$
4	MOTOR	1,1768	-8,9573	62827	70000	0,32	0,68	$1 < \delta < 2$
5	CARROCERIA	0,9699	-6,5835	64388	70000	0,34	0,66	$\delta < 1$
6	COMPONENTES ELÉTRICOS	1,002	-6,7091	64489	70000	0,34	0,66	$1 < \delta < 2$
7	INJEÇÃO	1,1861	-10,035	60995	70000	0,31	0,69	$1 < \delta < 2$
8	FREIOS	1,3266	-10,456	63582	70000	0,32	0,68	$1 < \delta < 2$
80000 km								
ORDEM	SISTEMA	$\beta$	intercept	$\eta$	KM (t)	R(t)	F(t)	$\lambda(t)$
1	CHASSI	1,1151	-7,8912	63000	80000	0,27	0,73	$1 < \delta < 2$
2	EXOS	0,7651	-6,0348	60934	80000	0,29	0,71	$\delta < 1$
3	CAMBIO	1,0815	-10,659	61274	80000	0,26	0,74	$1 < \delta < 2$
4	MOTOR	1,1768	-8,9573	62827	80000	0,26	0,74	$1 < \delta < 2$
5	CARROCERIA	0,9699	-6,5835	64388	80000	0,29	0,71	$\delta < 1$
6	COMPONENTES ELÉTRICOS	1,002	-6,7091	64489	80000	0,29	0,71	$1 < \delta < 2$
7	INJEÇÃO	1,1861	-10,035	60995	80000	0,25	0,75	$1 < \delta < 2$
8	FREIOS	1,3266	-10,456	63582	80000	0,26	0,74	$1 < \delta < 2$
90000 km								
ORDEM	SISTEMA	$\beta$	intercept	$\eta$	KM (t)	R(t)	F(t)	$\lambda(t)$
1	CHASSI	1,1151	-7,8912	63000	90000	0,23	0,77	$1 < \delta < 2$
2	EXOS	0,7651	-6,0348	60934	90000	0,26	0,74	$\delta < 1$
3	CAMBIO	1,0815	-10,659	61274	90000	0,22	0,78	$1 < \delta < 2$
4	MOTOR	1,1768	-8,9573	62827	90000	0,22	0,78	$1 < \delta < 2$
5	CARROCERIA	0,9699	-6,5835	64388	90000	0,25	0,75	$\delta < 1$
6	COMPONENTES ELÉTRICOS	1,002	-6,7091	64489	90000	0,25	0,75	$1 < \delta < 2$
7	INJEÇÃO	1,1861	-10,035	60995	90000	0,20	0,80	$1 < \delta < 2$
8	FREIOS	1,3266	-10,456	63582	90000	0,20	0,80	$1 < \delta < 2$
100000 km								
ORDEM	SISTEMA	$\beta$	intercept	$\eta$	KM (t)	R(t)	F(t)	$\lambda(t)$
1	CHASSI	1,1151	-7,8912	63000	100000	0,19	0,81	$1 < \delta < 2$
2	EXOS	0,7651	-6,0348	60934	100000	0,23	0,77	$\delta < 1$
3	CAMBIO	1,0815	-10,659	61274	100000	0,18	0,82	$1 < \delta < 2$
4	MOTOR	1,1768	-8,9573	62827	100000	0,18	0,82	$1 < \delta < 2$
5	CARROCERIA	0,9699	-6,5835	64388	100000	0,22	0,78	$\delta < 1$
6	COMPONENTES ELÉTRICOS	1,002	-6,7091	64489	100000	0,21	0,79	$1 < \delta < 2$
7	INJEÇÃO	1,1861	-10,035	60995	100000	0,17	0,83	$1 < \delta < 2$
8	FREIOS	1,3266	-10,456	63582	100000	0,16	0,84	$1 < \delta < 2$

## A4- Dados utilizados no cálculo de confiabilidade veículo Argentina

10000 km

ORDEM	SISTEMA	$\beta$	intercept	$\eta$	KM (t)	R(t)	F(t)	$\lambda(t)$
1	CHASSI	1,027	-8,2884	53000	10000	0,83	0,17	$1 < \delta < 2$
2	EIXOS	1,7245	-17,23	74800	10000	0,97	0,03	$1 < \delta < 2$
3	CAMBIO	0,7342	-8,8038	78767	10000	0,80	0,20	$\delta < 1$
4	MOTOR	1,1453	-10,128	57891	10000	0,87	0,13	$1 < \delta < 2$
5	CARROCERIA	0,8668	-7,5135	59000	10000	0,81	0,19	$\delta < 1$
6	COMP. ELÉTRICOS	0,8363	-6,3507	58479	10000	0,80	0,20	$\delta < 1$
7	INJEÇÃO	0,9762	-9,0151	63350	10000	0,85	0,15	$\delta < 1$
8	FREIOS	0,9601	-8,5204	58860	10000	0,83	0,17	$\delta < 1$

20000 km

ORDEM	SISTEMA	$\beta$	intercept	$\eta$	KM (t)	R(t)	F(t)	$\lambda(t)$
1	CHASSI	1,027	-8,2884	53000	20000	0,69	0,31	$1 < \delta < 2$
2	EIXOS	1,7245	-17,23	74800	20000	0,90	0,10	$1 < \delta < 2$
3	CAMBIO	0,7342	-8,8038	78767	20000	0,69	0,31	$\delta < 1$
4	MOTOR	1,1453	-10,128	57891	20000	0,74	0,26	$1 < \delta < 2$
5	CARROCERIA	0,8668	-7,5135	59000	20000	0,68	0,32	$\delta < 1$
6	COMP. ELÉTRICOS	0,8363	-6,3507	58479	20000	0,67	0,33	$\delta < 1$
7	INJEÇÃO	0,9762	-9,0151	63350	20000	0,72	0,28	$\delta < 1$
8	FREIOS	0,9601	-8,5204	58860	20000	0,70	0,30	$\delta < 1$

30000 km

ORDEM	SISTEMA	$\beta$	intercept	$\eta$	KM (t)	R(t)	F(t)	$\lambda(t)$
1	CHASSI	1,027	-8,2884	53000	30000	0,57	0,43	$1 < \delta < 2$
2	EIXOS	1,7245	-17,23	74800	30000	0,81	0,19	$1 < \delta < 2$
3	CAMBIO	0,7342	-8,8038	78767	30000	0,61	0,39	$\delta < 1$
4	MOTOR	1,1453	-10,128	57891	30000	0,62	0,38	$1 < \delta < 2$
5	CARROCERIA	0,8668	-7,5135	59000	30000	0,57	0,43	$\delta < 1$
6	COMP. ELÉTRICOS	0,8363	-6,3507	58479	30000	0,56	0,44	$\delta < 1$
7	INJEÇÃO	0,9762	-9,0151	63350	30000	0,62	0,38	$\delta < 1$
8	FREIOS	0,9601	-8,5204	58860	30000	0,59	0,41	$\delta < 1$

40000 km

ORDEM	SISTEMA	$\beta$	intercept	$\eta$	KM (t)	R(t)	F(t)	$\lambda(t)$
1	CHASSI	1,027	-8,2884	53000	40000	0,47	0,53	$1 < \delta < 2$
2	EIXOS	1,7245	-17,23	74800	40000	0,71	0,29	$1 < \delta < 2$
3	CAMBIO	0,7342	-8,8038	78767	40000	0,54	0,46	$\delta < 1$
4	MOTOR	1,1453	-10,128	57891	40000	0,52	0,48	$1 < \delta < 2$
5	CARROCERIA	0,8668	-7,5135	59000	40000	0,49	0,51	$\delta < 1$
6	COMP. ELÉTRICOS	0,8363	-6,3507	58479	40000	0,48	0,52	$\delta < 1$
7	INJEÇÃO	0,9762	-9,0151	63350	40000	0,53	0,47	$\delta < 1$
8	FREIOS	0,9601	-8,5204	58860	40000	0,50	0,50	$\delta < 1$

50000 km

ORDEM	SISTEMA	$\beta$	intercept	$\eta$	KM (t)	R(t)	F(t)	$\lambda(t)$
1	CHASSI	1,027	-8,2884	53000	50000	0,39	0,61	$1 < \delta < 2$
2	EIXOS	1,7245	-17,23	74800	50000	0,61	0,39	$1 < \delta < 2$
3	CAMBIO	0,7342	-8,8038	78767	50000	0,49	0,51	$\delta < 1$
4	MOTOR	1,1453	-10,128	57891	50000	0,43	0,57	$1 < \delta < 2$
5	CARROCERIA	0,8668	-7,5135	59000	50000	0,42	0,58	$\delta < 1$
6	COMP. ELÉTRICOS	0,8363	-6,3507	58479	50000	0,42	0,58	$\delta < 1$
7	INJEÇÃO	0,9762	-9,0151	63350	50000	0,45	0,55	$\delta < 1$
8	FREIOS	0,9601	-8,5204	58860	50000	0,43	0,57	$\delta < 1$

60000 km

ORDEM	SISTEMA	$\beta$	intercept	$\eta$	KM (t)	R(t)	F(t)	$\lambda(t)$
1	CHASSI	1,027	-8,2884	53000	60000	0,32	0,68	$1 < \delta < 2$
2	EIXOS	1,7245	-17,23	74800	60000	0,50	0,50	$1 < \delta < 2$
3	CAMBIO	0,7342	-8,8038	78767	60000	0,44	0,56	$\delta < 1$
4	MOTOR	1,1453	-10,128	57891	60000	0,35	0,65	$1 < \delta < 2$
5	CARROCERIA	0,8668	-7,5135	59000	60000	0,36	0,64	$\delta < 1$
6	COMP. ELÉTRICOS	0,8363	-6,3507	58479	60000	0,36	0,64	$\delta < 1$
7	INJEÇÃO	0,9762	-9,0151	63350	60000	0,39	0,61	$\delta < 1$
8	FREIOS	0,9601	-8,5204	58860	60000	0,36	0,64	$\delta < 1$

70000 km

ORDEM	SISTEMA	$\beta$	intercept	$\eta$	KM (t)	R(t)	F(t)	$\lambda(t)$
1	CHASSI	1,027	-8,2884	53000	70000	0,26	0,74	$1 < \delta < 2$
2	EIXOS	1,7245	-17,23	74800	70000	0,41	0,59	$1 < \delta < 2$
3	CAMBIO	0,7342	-8,8038	78767	70000	0,40	0,60	$\delta < 1$
4	MOTOR	1,1453	-10,128	57891	70000	0,29	0,71	$1 < \delta < 2$
5	CARROCERIA	0,8668	-7,5135	59000	70000	0,31	0,69	$\delta < 1$
6	COMP. ELÉTRICOS	0,8363	-6,3507	58479	70000	0,31	0,69	$\delta < 1$
7	INJEÇÃO	0,9762	-9,0151	63350	70000	0,33	0,67	$\delta < 1$
8	FREIOS	0,9601	-8,5204	58860	70000	0,31	0,69	$\delta < 1$

80000 km

ORDEM	SISTEMA	$\beta$	intercept	$\eta$	KM (t)	R(t)	F(t)	$\lambda(t)$
1	CHASSI	1,027	-8,2884	53000	80000	0,22	0,78	$1 < \delta < 2$
2	EIXOS	1,7245	-17,23	74800	80000	0,33	0,67	$1 < \delta < 2$
3	CAMBIO	0,7342	-8,8038	78767	80000	0,36	0,64	$\delta < 1$
4	MOTOR	1,1453	-10,128	57891	80000	0,23	0,77	$1 < \delta < 2$
5	CARROCERIA	0,8668	-7,5135	59000	80000	0,27	0,73	$\delta < 1$
6	COMP. ELÉTRICOS	0,8363	-6,3507	58479	80000	0,27	0,73	$\delta < 1$
7	INJEÇÃO	0,9762	-9,0151	63350	80000	0,28	0,72	$\delta < 1$
8	FREIOS	0,9601	-8,5204	58860	80000	0,26	0,74	$\delta < 1$

90000 km

ORDEM	SISTEMA	$\beta$	intercept	$\eta$	KM (t)	R(t)	F(t)	$\lambda(t)$
1	CHASSI	1,027	-8,2884	53000	90000	0,18	0,82	$1 < \delta < 2$
2	EIXOS	1,7245	-17,23	74800	90000	0,25	0,75	$1 < \delta < 2$
3	CAMBIO	0,7342	-8,8038	78767	90000	0,33	0,67	$\delta < 1$
4	MOTOR	1,1453	-10,128	57891	90000	0,19	0,81	$1 < \delta < 2$
5	CARROCERIA	0,8668	-7,5135	59000	90000	0,24	0,76	$\delta < 1$
6	COMP. ELÉTRICOS	0,8363	-6,3507	58479	90000	0,24	0,76	$\delta < 1$
7	INJEÇÃO	0,9762	-9,0151	63350	90000	0,24	0,76	$\delta < 1$
8	FREIOS	0,9601	-8,5204	58860	90000	0,22	0,78	$\delta < 1$

100000 km

ORDEM	SISTEMA	$\beta$	intercept	$\eta$	KM (t)	R(t)	F(t)	$\lambda(t)$
1	CHASSI	1,027	-8,2884	53000	100000	0,15	0,85	$1 < \delta < 2$
2	EIXOS	1,7245	-17,23	74800	100000	0,19	0,81	$1 < \delta < 2$
3	CAMBIO	0,7342	-8,8038	78767	100000	0,30	0,70	$\delta < 1$
4	MOTOR	1,1453	-10,128	57891	100000	0,15	0,85	$1 < \delta < 2$
5	CARROCERIA	0,8668	-7,5135	59000	100000	0,21	0,79	$\delta < 1$
6	COMP. ELÉTRICOS	0,8363	-6,3507	58479	100000	0,21	0,79	$\delta < 1$
7	INJEÇÃO	0,9762	-9,0151	63350	100000	0,21	0,79	$\delta < 1$
8	FREIOS	0,9601	-8,5204	58860	100000	0,19	0,81	$\delta < 1$