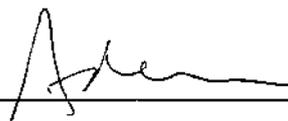


UM MODELO DE ANÁLISE E PREDIÇÃO DE REPAROS E CUSTOS DE GARANTIA DESENVOLVIDO NO RAMO AUTOMOBILÍSTICO

Este exemplar corresponde à redação final do trabalho de Mestrado Profissional, devidamente corrigido e defendido por Fabio Luciano Perasso e aprovado pela Banca Examinadora.

Campinas, 17 de Janeiro de 2001



Prof. Dr. Ademir José Petenate

Orientador:

Banca Examinadora:

1. Prof. Dr. Ademir José Petenate
2. Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima
3. Prof. Dr. Miguel Juan Bacic

Trabalho final de Mestrado Profissional apresentado ao Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, como requisito parcial para à obtenção do título de **MESTRE EM QUALIDADE**.

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	TI UNICAMP
	P411m
V.	Ex.
TOMBO BC/	44436
PROC.	16-392101
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
X	<input type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	15/05/01
N.º CPD	

CM-00155044-4

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DO IMECC DA UNICAMP**

Perasso, Fabio Luciano

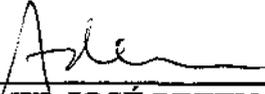
P411m Um modelo de análise e predição de reparos e custos de garantia desenvolvido no ramo automobilístico / Fabio Luciano Perasso -- Campinas, [S.P. :s.n.], 2001.

Orientador : Ademir José Petenate

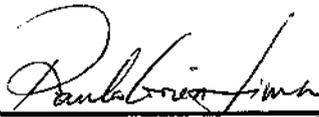
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica.

1. Garantia de qualidade. 2. Qualidade dos produtos - Custos. 3. Qualidade. 4. Custos. I. Petenate, Ademir José. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica. III. Título.

**Trabalho Final de Mestrado Profissional defendido em 17 de janeiro de 2001 e
aprovado pela Banca Examinadora composta pelos Profs. Drs.**



Prof (a). Dr (a). ADEMIR JOSÉ PETENATE



Prof (a). Dr (a). PAULO CORRÊA LIMA



Prof (a). Dr (a). MIGUEL JUAN BACIC

Dedico este trabalho ao meu Pai, Luigi Perasso “in memorium”, à minha esposa, Valquíria, à minha filha, Lara, e a todos os meus demais familiares e amigos que me apoiaram nesta jornada.

Quero deixar registrado o meu agradecimento aos Srs. Antônio Bonansea e Iicon Miranda que me ensinaram o uso do Pensamento Estatístico.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	REVISÃO DE LITERATURA	5
3.	DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA, RESULTADOS E DISCUSSÃO DO MODELO	7
3.1.	Metodologia	7
3.2.	Cenário Inicial	7
3.3.	Garantia : Mês de Pagamento X Mês de Produção	11
3.4.	Reparos/Produto e Custo/Produto relacionados ao Mês de Produção	13
3.4.1.	Reparos X Mês de Produção	13
3.4.2.	Reparos/Produto X Mês de Produção	14
3.4.3.	Reparos/Produto X Mês de Produção X Meses em Garantia	16
3.4.4.	Custo/Produto X Mês de Produção X Meses em Garantia	21
3.4.5.	Gráficos de Reparos/Produto e Custo/Produto: Picos e Vales	24
3.5.	Priorização das principais Peças em Garantia: Reparos X Custos	26
3.6.	Priorização das principais Peças em Garantia com relação ao Tempo de Uso	29
3.7.	Dados Preliminares X Resultados Finais de Reparos/Produto e Custo/Produto	32
3.8.	Projeção de Custos de Garantia por Tempo de Uso	39
3.9.	Projeção de Reparos de Garantia por Tempo de Uso	42
3.10.	Comparativo entre Anos-Modelos	43
3.10.1.	Cálculo da Média de Reparos/Produto e Custos/Produto para um Ano-Modelo	43
3.10.2.	Comparativo entre Anos-Modelos	45
3.10.3.	Comparativo entre Anos-Modelos com Projeção	47
3.11.	Relação entre Gastos em Garantia e Venda do Produto	53
3.12.	Modelo de Correlação entre Mês de Produção e Mês de Pagamento	56
3.12.1.	Pagamentos relacionados a 1 mês de produção	56
3.12.2.	Pagamentos relacionados a um Ano-Modelo	58
3.12.3.	Pagamentos totais	61
3.12.4.	Correlação entre Modelo Teórico e os Gastos Reais	62
3.12.5.	Predição de Gastos em Garantia	63
3.13.	Simulação de Gastos em Garantia	64
3.13.1.	Fatores que influenciam nos gastos mensais	64
3.13.2.	Simulação 1: Variações no Volume de Produção	66
3.13.3.	Simulação 2: Variação no Custo/Produto	67
3.13.4.	Simulação 3: Variação na distribuição de Vendas	68
3.13.5.	Simulação 4: Variação na Curva Característica do Cliente de Gastos em Garantia	70
3.14.	Análise individual de Sub-sistemas, Sub-conjuntos e Peças	71
3.14.1.	Perda de Qualidade localizada (Processo Instável)	72
3.14.2.	Perda de Qualidade contínua (Processo Estável)	74
3.15.	Análise de componentes por grupos de Produtos	75
3.16.	Análise comparativa: diferentes fábricas/processos, diferentes produtos e diferentes mercados	76
3.17.	Análise por Acessórios	77
3.18.	Análise de Fornecedores de Componentes	78
3.19.	Análise dos Reparos de Pintura	79
3.20.	Modelo Final	79
4.	CONCLUSÃO	81
5.	ANEXO: TABELAS	83
6.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	88

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Custos de Garantia pagos nos Meses de Janeiro/2000 e Abril/2000 relacionados com a Data de Produção dos Veículos.	13
GRÁFICO 2 – Número de Reparos efetuados entre Outubro/1997 e Abril/2000 para os Anos-Modelos 1998/1999/2000 relacionados com a Data de Produção dos Veículos	14
GRÁFICO 3 – No. de Reparos / Veículo relacionados com a Data de Produção efetuados entre Outubro/1997 e Abril/2000 para os Anos-Modelos 1998/1999/2000	15
GRÁFICO 4 – No. de Reparos / 1000 Veículos relacionados com a Data de Produção e acumulados com a Quantidade de Meses em Garantia para os Anos-Modelos 1998/1999/2000.	19
GRÁFICO 5 – Custo / Veículo (R\$) relacionado com a Data de Produção e acumulado com a Quantidade de Meses em Garantia para os Anos-Modelos 1998/1999/2000	22
GRÁFICO 6 – Custo / Veículo (R\$) em 6 Meses de Garantia (acumulado) e Tamanho da Amostra (vendas efetuadas até o Mês subsequente à Data de Produção) relacionados com a Data de Produção.	25
GRÁFICO 7 – Pareto das 40 Peças com maior Volume de Reparos e Custos de Garantia do Ano-Modelo 1998.	28
GRÁFICO 8 – % Relativa de Reparos / 1000 Veículos relacionados com 13 Meses de Garantia para todos os Meses de Produção do Ano-Modelo 1998	34
GRÁFICO 9 – % Relativa de Reparos / 1000 Veículos (acumulado) por Mês de Garantia: Média Ponderada e Intervalo de Confiança (2 Desvios Padrões).	35
GRÁFICO 10 – % Relativa de Custo / Veículo (acumulado) relacionados com 13 Meses de Garantia para todos os Meses de Produção do Ano-Modelo 1998	37
GRÁFICO 11 – % Relativa de Custo/Veículo (acumulado) por Mês de Garantia: Média Ponderada e Intervalo de Confiança (2 Desvios Padrões).	38
GRÁFICO 12 – Correlação entre os Custos / Veículo do 5º e do 13º Mês de Garantia para vários Meses de Produção do Ano Modelo 1998 (Fonte: TAB.9).	39
GRÁFICO 13 – Índice de Correlação de Pearson de Custo/Veículo do 1º ao 13º Mês de Garantia relacionados com o valor total da garantia (13º mês) - Fonte: TAB.9	40
GRÁFICO 14 – Projeções dos Custos/Veículo do Mês de Abril/1998 efetuados à partir dos resultados do 1º, 3º, 4º e do 5º Mês de Garantia, comparados com o valor real.	41
GRÁFICO 15 – Índice de Correlação de Pearson de Reparos / 1000 Veículos do 1º ao 13º Mês de Garantia relacionados com o valor total da garantia (13º mês) - Fonte: TAB.6	42
GRÁFICO 16 – Comparativo da Média Acumulada de Reparos / 1000 Veículos para os Anos-Modelos 1998, 1999 e 2000.	46
GRÁFICO 17 – Comparativo da Média Acumulada de Custo / Veículo para os Anos-Modelos 1998, 1999 e 2000.	46
GRÁFICO 18 – Média Acumulada de Reparos / 1000 Veículos para o Ano-Modelo 1998 efetuados em diferentes datas de pagamento (Ago/98, Jan/99, Nov/99).	48
GRÁFICO 19 – Comparativo da Média Acumulada de Reparos / 1000 Veículos para os Anos-Modelos 1998, 1999 e 2000 com Projeção.	51
GRÁFICO 20 – No. de Reparos / 1000 Veículos relacionados com a Data de Produção e acumulados com a Quantidade de Meses em Garantia para os Anos-Modelos 1998/1999/2000 com Projeções.	51
GRÁFICO 21 – Comparativo da Média Acumulada de Custo / Veículo para os Anos-Modelos 1998, 1999 e 2000 com Projeção.	52
GRÁFICO 22 – Custo / Veículo (R\$) relacionado com a Data de Produção e acumulado com a Quantidade de Meses em Garantia para os Anos-Modelos 1998/1999/2000 com Projeções.	52
GRÁFICO 23 – Volume de Vendas/Volume de Produção relacionado com a quantidade de Meses após a Produção, para diversos meses do Ano-Modelo 1998.	55

GRÁFICO 24 – Volume de Vendas/Volume de Produção relacionado com a quantidade de Meses após a Produção, para diversos meses do Ano-Modelo 1999.	56
GRÁFICO 25 – Volume de Pagamentos efetuados em Garantia relacionados aos Meses de Pagamento do Ano-Modelo 1998: Modelo Teórico X Pagamento Real.	60
GRÁFICO 26 – Pagamentos mensais de Garantia para os Anos-Modelos 1998, 1999, 2000 e o Total Teórico.	61
GRÁFICO 27 – Pagamentos mensais de Garantia efetuados para os Anos-Modelo 1998, 1999, 2000: Total Teórico x Total Real.	62
GRÁFICO 28 – Correlação de Pagamentos Mensais de Garantia: Total Teórico x Total Real.	63
GRÁFICO 29 – Simulação de pagamentos mensais de garantia por Ano-Modelo e Total : R\$100,00 por Veículo com produção mensal de 1.000 unidades.	66
GRÁFICO 30 – Simulação de pagamentos mensais de garantia por Ano-Modelo e Total : alteração no volume mensal de produção de 1.000 para 2.000 unidades.	67
GRÁFICO 31 – Simulação de pagamentos mensais de garantia por Ano-Modelo e Total : alteração no Custo / Unidade de R\$100,00 para R\$150,00.	68
GRÁFICO 32 – Simulação de pagamentos mensais de garantia por Ano-Modelo e Total : alteração na Distribuição de Vendas.	69
GRÁFICO 33 – Simulação de pagamentos mensais de garantia por Ano-Modelo e Total : alteração na Curva Característica do Cliente.	71
GRÁFICO 34 – Reparos / 1000 Veículos acumulados em 9 Meses de Garantia para os Meses de Produção dos Anos-Modelos 1998 e 1999 de um componente com “Causas Especiais”.	73
GRÁFICO 35 – Reparos / 1000 Veículos acumulados em 9 Meses de Garantia para os Meses de Produção dos Anos-Modelos 1998 e 1999 de um componente com “Causas Comuns”.	75

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Sistema Individual de Avaliação de Garantia	3
FIGURA 2: Sistema Unificado de Avaliação de Garantia	4
FIGURA 3: Banco de Dados de Produção, Vendas e Garantia	12
FIGURA 4: Cálculo de Rep/Veíc. para 100% da Produção	16
FIGURA 5: Cálculo de Rep/Veíc. para uma Amostra da Produção	17
FIGURA 6: Definição de Meses de Garantia através da Quantidade de Dias entre a Data do Reparo e a Data de Venda ao Cliente.	20
FIGURA 7: Defasagem entre os Meses de Pagamento e o Mês de Produção dos resultado de Reparos por Veículo para o 1º Mês de Garantia	21
FIGURA 8: Correlação entre Reparos e Custos das 40 principais peças do Ano-Modelo 1998.	29
FIGURA 9: Correlação entre 3 e 13 Meses de Garantia das 40 principais peças do Ano-Modelo 1998.	30
FIGURA 10: Distribuição dos reparos por Meses de Produção e por Meses de Garantia	31
FIGURA 11: Método de Cálculo da Média Acumulada de Reparos / 1000 Veículos para o Ano-Modelo 2000 (2ª Coluna da TAB.12)	45
FIGURA 12: Modelo esquemático dos pagamentos efetuados para um Mês de Produção e para todo o Ano-Modelo.	59
FIGURA 13: Modelo esquemático dos próximos pagamentos mensais de garantia.	64
FIGURA 14: Modelo de Análise e Predição de Reparos e Custos de Garantia	80

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Pagamentos Mensais de Garantia por Ano Modelo em R\$	9
TABELA 2: Principais Peças com Gastos de Garantia em Abril/2000	10
TABELA 3: Volumes de Produção, Vendas e Amostras para os Anos-Modelos 1998, 1999 e 2000	18
TABELA 4: Principais Peças com Reparos em Garantia para o Ano-Modelo 1998	26
TABELA 5: Principais Peças com Custos em Garantia para o Ano-Modelo 1998	27
TABELA 6: Reparos / 1000 Veículos Acumulados por Meses de Garantia para o Ano Modelo 1998	32
TABELA 7: % Reparos / 1000 Veículos relativo a 13 Meses de Garantia para o Ano Modelo 1998	33
TABELA 8: % Reparos / 1000 Veículos Acumulado por Mês de Garantia para o Ano Modelo 1998: Média e Ponderada e Desvios Padrões	34
TABELA 9: Custo / Veículo Acumulado por Meses de Garantia para o Ano Modelo 1998 (R\$)	36
TABELA 10: % Custos / Veículo Acumulados Relativo a 13 Meses de Garantia para o Ano Modelo 1998	36
TABELA 11: % Custos / Veículo Acumulados por Mês de Garantia para o Ano Modelo 1998: Média e Desvios Padrões	38
TABELA 12: Reparos / 1000 Veículos acumulados relacionados aos Meses de Produção e à Quantidade de Meses em Garantia – Ano-Modelo 2000	44
TABELA 13: Reparos / 1000 Veículos acumulados por Mês de Produção e por Mês de Garantia, com Projeções efetuadas a partir de 3 Meses de Garantia (Base de Projeção: Ano-Modelo 1999)	49
TABELA 14: Volume Total de Reparos e Média Acum. de Reparos / 1000 Veículos do Ano-Modelo 2000 com Projeções efetuadas a partir de 3 Meses de Garantia (Curva Projeção: AM-1999)	50
TABELA 15: Volume de Vendas relacionados com o Mês de Produção para o Ano-Modelo 1998	54
TABELA 16: Custo / Veículo NÃO acumulado por Mês de Garantia para o Ano Modelo 1998 (R\$) (extraído da TAB.9)	57
TABELA 17: As 40 Principais Peças com Maior Número de Reparos Efetuados Em Veículos com até 3 Meses de Garantia para o Ano-Modelo 1998	83
TABELA 18: As 40 Principais Peças com Maiores Custos Efetuados Em Veículos com até 3 Meses de Garantia para o Ano-Modelo 1998	84
TABELA 19: As 40 Principais Peças com Maior Número de Reparos Efetuados Em Veículos com até 13 Meses de Garantia para o Ano-Modelo 1998	85
TABELA 20: As 40 Principais Peças com Maiores Custos Efetuados Em Veículos com até 13 Meses de Garantia para o Ano-Modelo 1998	86
TABELA 21: Pagamentos Mensais (R\$) Relacionados ao Mês de Venda para os Veículos Produzidos em Outubro de 1997	87
TABELA 22: Pagamentos Mensais (R\$) Relacionados ao Mês de Venda para os Veículos Produzidos em Novembro de 1997	87

RESUMO

Foram avaliados os modelos de análise de Reparos e Custos de Garantia de indústrias automobilísticas localizadas no Brasil, e a forma de interpretação dos resultados pelas diversas áreas internas das empresas, tais como Finanças, Assistência Técnica, Engenharia do Produto e Processo, Qualidade Assegurada e Manufatura. Notou-se que as áreas internas tinham dificuldades de definir um modelo único e abrangente de interpretação dos resultados de garantia, pois algumas áreas necessitavam avaliar os resultados com referência ao período de produção dos produtos, e outras áreas com referência ao período de pagamento. Outra divergência encontrada era quanto a forma de priorizar os problemas relacionados à frequência e aos custos envolvidos. Através da análise dos bancos de dados de diversos produtos durante o período de 3 anos foi desenvolvida a proposta de **um Modelo de Análise e Predição de Reparos e Custos de Garantia**, que atendesse aos interesses das diversas áreas internas das empresas. Esse modelo foi desenvolvido utilizando técnicas estatísticas, principalmente Correlação/Regressão e Controle Estatístico do Processo, possibilitando a avaliação com base no período de produção e de pagamento. Este modelo permite a previsão de gastos futuros através da simulação de diferentes cenários (aumento ou diminuição da demanda de produtos, aumento ou diminuição no volume de reparos e variação nos gastos por produto), e também apresenta técnicas que permitem identificar se as causas das falhas são provenientes de deficiências de processo ou de projeto, melhorando a eficácia das Ações Corretivas (PDCA). Por questões de confidencialidade não foram indicados os produtos e as montadoras analisadas. Os números apresentados sofreram uma alteração de escala, mas foram mantidas as proporções, o que não influencia nos resultados do modelo.

ABSTRACT

It was evaluated the Warranty Repairs and Costs Analysis Models from automotive industries in Brazil, and the way that many internal areas of those companies, such as Finance, Service, Product and Process Engineering, Quality Assurance and Manufacturing use all the data. It was noticed that those departments have many difficulties to define an only one comprehensive model to analyse warranty results, because some areas need to evaluate the results related to the production period, and others related to payment period. Another divergence founded was the way to prioritise the problems related to frequency and costs. After analysing databases of several products within the period of 3 years, could be developed the proposal of a **Model of Analysis and Prediction of Warranty Repairs and Costs**, which assisted the interests of those companies departments. This model was developed using statistical techniques, mainly Correlation/Regression and Statistical Process Control, becoming possible the evaluation in both production and payment periods. This model allows to do the forecast of future expenses through the simulation of different sceneries (increase or decrease of products demand, increase or decrease in the volume of repairs and expenses per product), and it also presents techniques that identify if the causes of failures come from process or project deficiencies, improving Corrective Actions effectiveness (PDCA:Plan-Do-Check-Act). Due to confidentiality the models and industries evaluated were not identified in this work. The numbers were changed in scale, but the proportions were maintained, what doesn't influence in the model results.

1. INTRODUÇÃO

A abertura da economia brasileira nos últimos anos tem provocado entre as empresas uma disputa acirrada pelos seus clientes. No ramo automobilístico, as grandes montadoras já instaladas no país sentiram a mudança no mercado com o aumento da concorrência, e com a perda do poder aquisitivo dos clientes. Conforme a estatística de vendas da ANFAVEA, a venda dos chamados veículos populares corresponde a 60% do volume total de vendas.

Esse efeito de aumento da concorrência não é privilégio do Brasil. Nos Estados Unidos da América as indústrias japonesas invadiram o mercado, chegando a ser responsáveis por cerca de 30% do volume de vendas.

Esses fatos indicavam que algumas montadoras estavam produzindo produtos que, de alguma forma, não agradavam aos clientes. A partir daí, começaram a desenvolver técnicas de pesquisa de mercado para entender melhor as necessidades dos clientes, conforme cita Deming [6]. Em Gryna [8] estão descritas várias metodologias de avaliação da performance de um produto no campo, tais como, Relatórios de Vendas, Perfil dos Consumidores, Relatórios Governamentais, Pesquisas de Satisfação com Clientes e Reparos em Garantia. Entre as técnicas utilizadas para obtenção dos dados existem as entrevistas pessoais, entrevistas telefônicas, pesquisas de Mala-Direta (correio), Grupos de Discussão de Clientes (Focus Group) e os Cartões de Garantia.

Os reparos em garantia são a principal fonte de informação referente a performance de um produto no campo. Eles indicam o volume de reparos de um produto no campo, quais os principais componentes que estão sendo reparados e os custos envolvidos, pois os custos de Mão-de-Obra e de peças de reposição são de responsabilidade das montadoras. Em Gryna[9] e Campanella[3] esses custos da “Não-Qualidade“ são classificados como Custos de Falhas Externas.

Com o aumento da concorrência interna e externa (produtos importados), as empresas passaram a ter a necessidade de reduzir a sua margem de lucro para conseguir preços competitivos de mercado. Conforme indica a Revista Exame [17] na reportagem Globalização, a margem de lucro foi afetada pela abertura da economia, provocando a diminuição dos preços, o que favoreceu o acesso aos produtos pelas camadas mais pobres da população. Na diminuição das margens de lucro, os custos de produção, de vendas e de garantia passaram a ser peças fundamentais de análise e interpretação da rentabilidade de um produto.

Existem várias informações de Garantia. Podemos dizer que as mais importantes se dividem em 2 grupos básicos:

- **Volume total de Reparos e Reparos por Produto.**
- **Volume total de Custos e Custos por Produto.**

Os dados obtidos por esses indicadores são avaliados em diversos setores de uma empresa, onde cada setor avalia-os de uma forma diferenciada. A área de Assistência Técnica procura observar qual a evolução dos gastos mensais, a distribuição dos gastos por oficina, por região, por peça e por tipo de produto. As áreas técnicas têm interesse em avaliar os resultados de reparos e custo por tipo de produto e por peça, mas relacionados ao período de produção, o que permite avaliar a performance de um novo produto, ou de melhorias introduzidas em um processo. Aqui existem grandes discussões entre a Engenharia e a Manufatura quanto a real causa do problema (deficiência de processo ou de projeto?).

A área de Planejamento de novos projetos também necessita de informações relacionadas com a data de produção, utilizando esses dados na discussão de melhorias a serem introduzidas em novos produtos, conforme cita Blischke & Murthy [2]. A área de Finanças avalia os dados sob o aspecto contábil, necessitando identificar o custo por produto para efetuar provisões de gastos em garantia de todos os produtos vendidos, e avaliar a margem de lucro¹ real de um produto. Devido a essa grande diversidade de interesses, cada setor acaba criando uma metodologia própria de análise, o que gera uma série de conflitos já na divulgação de resultados (Custo/Produto, Reparos/Produto), na determinação de quais são as principais peças a serem corrigidas (priorização por frequência ou por custos em garantia) e na previsão de gastos futuros (Vide Fig.1).

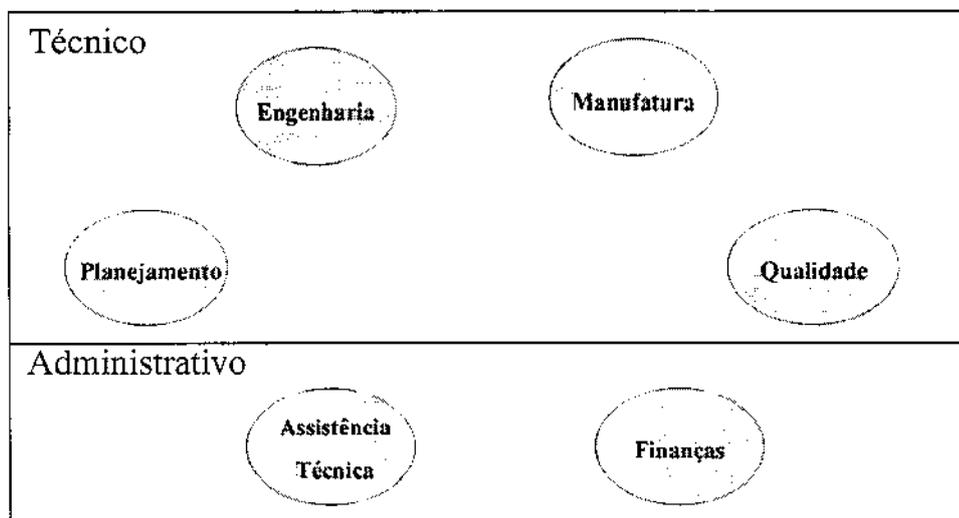


FIGURA 1: Sistema Individual de Avaliação de Garantia

¹ Lucro = Faturamento – Custo Produção – Custo Vendas/Adm. – Custo de Garantia - Impostos

OBJETIVO DO TRABALHO:

Assim sendo, o escopo deste trabalho foi analisar, de uma forma detalhada, os Reparos e Custos de Garantia no ramo automobilístico, tendo como objetivo criar um Modelo de Análise e Predição de Reparos e Custos de Garantia que permitisse atender aos interesses dos diversos setores técnicos e administrativos de uma empresa.

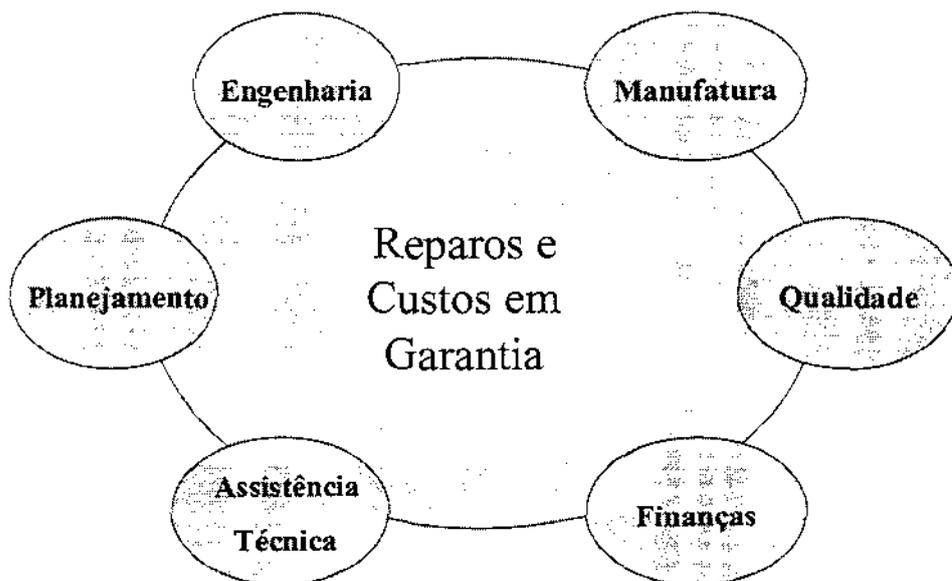


FIGURA 2: Sistema Unificado de Avaliação de Garantia

O modelo a ser apresentado utiliza conceitos estatísticos e possibilita inclusive a simulação de situações futuras com base em diferentes cenários

2. REVISÃO DE LITERATURA

Inicialmente foram consultadas literaturas referentes aos temas relacionados com custos de garantia, análise de informações de performance de produtos no campo, e custos da qualidade.

Em Gryna [8] e Deming [6] são feitas citações sobre a importância das informações da performance de produtos no campo para a própria sobrevivência de um produto ou serviço. Os métodos de obtenção dos dados implicam em análises do declínio em vendas, passando por reclamações do campo, relatórios do pessoal de vendas, relatórios governamentais e análise de laboratórios independentes. Essas referências também discutem a organização e importância da criação de estruturas de análise e resolução dos problemas, as ferramentas para obtenção de dados do campo, e a estratégia para o Planejamento da Qualidade.

O assunto Custos de Garantia é encontrado em Blischke & Murthy [2], onde os autores fazem uma discussão de modelos de análise de custos com base em modelos teóricos de confiabilidade (distribuições amostrais e taxa de falhas), diferentes modelos de garantia (total ou parcial) e o uso dos resultados pelas áreas técnicas no desenvolvimento de novos produtos.

Posteriormente foram analisadas as definições e os modelos sobre custos da qualidade fornecidas por Gryna [9] e Campanella [3] para orientação do escopo e abrangência do trabalho. Nestas literaturas os autores propõem a divisão dos Custos de Qualidade em 4 categorias: Prevenção, Avaliação, Falhas Internas e Falhas Externas. Os Custos de Garantia fazem parte do montante de Falhas Externas.

Até este momento verificou-se apenas a existência de modelos teóricos, havendo pouca informação disponível sobre o assunto. Os modelos apresentados procuram analisar dados históricos, enquanto que o objetivo do trabalho é o de efetuar previsões de gastos futuros.

De forma a desenvolver este trabalho, foi adotada a estratégia de análise das literaturas técnicas de garantia das montadoras [4] e [12], e das atividades dos setores de Assistência Técnica das montadoras para identificação dos procedimentos existentes. A Ref.[4] fornece tabelas de identificação das peças causadoras das falhas, do tipo de falha que ocorreu (quebra, ruído, solto, riscado, etc), do local da falha em casos de defeitos de pintura, de identificação do produtor da peça e o tempo médio de reparo. A Ref.[12] estabelece as regras e procedimentos de Garantia, identificando os tipos de reparos cobertos e não cobertos pela garantia (mau uso), as formas de registros dos dados e do envio das informações e das peças substituídas para a fábrica, bem como os procedimentos de pagamento dessas peças e da Mão-de-Obra.

Nesta fase verificou-se a existência de um banco de dados histórico, e alguns procedimentos de análise gráfica das informações de reparos e custos em garantia. Foram utilizados softwares de análise de bancos de dados, mais precisamente a linguagem Focus [7], e Planilhas Eletrônicas para a elaboração dos Gráficos.

Com base nos resultados encontrados, foram pesquisadas técnicas estatísticas encontradas em Costa Neto [5], Associação Brasileira para Controle da Qualidade [1], Kane [11], Gryna[10], Shainin & Shainin[18] e nos manuais da QS9000 [13], [14], [15] e [16], que permitiram desenvolver o modelo de análise proposto neste trabalho. As técnicas estatísticas mais usadas foram **Correlação e Regressão** e o **Controle Estatístico de Processo** (carta de atributos tipo "u" - Defeitos / Unidade).

Nota-se uma deficiência de literatura específica sobre o assunto devido ao grau de confidencialidade que as empresas tratam este tipo de assunto. O acesso aos resultados de garantia permite identificar as principais deficiências de um produto, e poderia ser utilizado em benefício dos concorrentes.

3. DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA, RESULTADOS E DISCUSÃO DO MODELO

3.1. Metodologia

Este trabalho originou-se através da observação das práticas utilizadas em montadoras para análise dos Reparos e Custos de Garantia. Dessa forma, a metodologia utilizada foi a seguinte:

- análise “in loco” das necessidades dos setores envolvidos (Técnico e Administrativos);
- pesquisa bibliográfica para a análise de possíveis modelos teóricos pré-existentes;
- avaliação dos procedimentos utilizados para o registro e cálculo dos pagamentos de Garantia (pagamentos por peças, sub-sistemas, veículos e totais);
- análise das práticas adotadas na rede de concessionárias para o processo de Garantia;
- avaliação das estruturas dos bancos de dados que continham informações de Produção, Vendas e Garantia;
- o uso de Softwares de análise de Bancos de Dados e de Técnicas Estatísticas para a avaliação do comportamento dos reparos e custos de garantia com base nos resultados históricos e atuais;
- avaliação da correlação entre o modelo teórico desenvolvido e os resultados reais;
- Simulação através de alteração dos parâmetros que afetam a garantia (Volume de Produção, Vendas, Custo/Produto e comportamento do Cliente).

3.2. Cenário Inicial

A área de Assistência Técnica em conjunto com a área de Finanças efetua mensalmente os pagamentos de Garantia para a rede de Concessionárias, com base nas Solicitações de Garantia emitidas pelas mesmas. As Solicitações de Garantia normalmente fornecem as seguintes informações, conforme Manual Técnico de Garantia [12]:

- Numero de Série do Produto (permite relacionar com dados de fabricação e venda de um produto);
- Descrição do Produto (código do produto, modelo);

- Data do reparo (permite identificar o tempo em serviço);
- Quilometragem do Veículo;
- Concessionária que está efetuando o reparo.

Em uma mesma solicitação podem ocorrer reparos em diversos componentes do veículo. Para cada componente são fornecidos os seguintes dados, conforme Catálogo de Tempo Padrão de Reparos [4]:

- Peça/componente causador do problema;
- Tipo de Defeito (Quebra, Risco, Solto, etc);
- Se a peça foi reparada ou trocada;
- Custo Total do Reparo composto pelo Custo das Peças Trocadas (se houver), mais o Custo da Mão de Obra (normalmente são tabelados o tempo médio de serviço e o custo/hora da Mão-de-Obra). Se a peça causadora do problema danificou outras peças, todas as trocas serão contabilizadas na peça causadora.
- Identificação do produtor da peça (pode ser a montadora ou um fornecedor).

No final de um período pré-determinado (Semana, Mês), as montadoras contabilizam todas as solicitações de garantia enviadas pela rede e efetuam o pagamento dos gastos de Mão-de-Obra e Peças (se houver troca).

Após efetuar o pagamento, o setor de Assistência Técnica emite relatórios com as seguintes informações:

- Total de pagamento efetuado com a garantia no período (semana, mês).
- Total de Reparos efetuados (semana, mês)..
- Principais peças que contribuíram no custo de garantia.
- Principais peças que foram reparadas no período.
- Pagamento efetuado para cada oficina da rede autorizada.

Na TAB. 1 temos os resultados dos pagamentos mensais de garantia efetuados entre Janeiro de 1999 e Abril de 2000 por Ano-Modelo. Os lançamentos anuais das Montadoras que implicam em grandes modificações nos produtos são chamados de

Anos-Modelos. Normalmente a venda de um novo Ano-Modelo ocorre no último trimestre do ano corrente.

TABELA 1

TABELA 1: Pagamentos Mensais de Garantia por Ano Modelo em R\$

Mês	Ano Modelo 1998	Ano Modelo 1999	Ano Modelo 2000	Total
99/01	711.400,00	111.833,22		823.233,22
99/02	652.642,30	144.030,00		796.672,30
99/03	747.162,95	219.226,04		966.388,99
99/04	499.389,12	244.873,37		744.262,49
99/05	529.249,38	318.809,76		848.059,14
99/06	401.089,19	329.973,52		731.062,71
99/07	277.439,44	345.446,40		622.885,84
99/08	159.054,81	449.468,28	1.694,39	610.217,48
99/09	44.922,52	430.572,61	7.520,83	483.015,96
99/10	10.602,19	414.589,12	25.461,79	450.653,10
99/11	6.324,94	426.948,35	34.032,41	467.305,70
99/12	5.976,21	333.539,08	37.012,76	376.528,05
00/01	9.044,75	369.389,58	72.811,85	451.246,18
00/02	5.052,33	341.683,53	85.621,86	432.357,72
00/03	981,65	308.774,63	110.577,82	420.334,10
00/04	585,52	213.555,20	128.701,51	342.842,23

A TAB.1 foi obtida através da consulta ao Banco de Dados de Garantia, onde foram somados os custos de garantia por data de reparo utilizando o Software Focus (Ref.[7]). Esses resultados diários foram totalizados por Mês de Pagamento e por Ano-Modelo.

Podemos observar que no mês de Setembro de 1999 ocorreram pagamentos de garantia com veículos novos recém lançados (Ano Modelo 2000), e com veículos antigos dos Anos-Modelos 1998 e 1999 que provavelmente estão encerrando o período de garantia. Cabe salientar que podemos ter um veículo produzido a mais de um ano com direito a Garantia, pois ele pode ter ficado vários meses estocado.

Na TAB.2 temos as principais peças com gastos de Garantia efetuados no mês de Abril de 2000. Essas 20 peças gastaram cerca de R\$158.622 de um gasto total de R\$342.842.

TABELA 2**TABELA 2: Principais Peças com Gastos de Garantia em Abril/2000**

Ordem	Número da Peça	Gastos R\$
1	2633	37.700,93
2	6453	16.437,91
3	4822	11.449,83
4	3908	10.985,06
5	2015	7.380,52
6	8530	7.030,48
7	5717	6.773,76
8	2722	6.390,18
9	2767	6.387,45
10	2066	5.812,45
11	6410	5.804,07
12	7059	5.560,42
13	5548	4.775,63
14	4057	4.077,63
15	5725	3.780,28
16	6679	3.740,85
17	5763	3.717,71
18	4293	3.639,52
19	1913	3.626,73
20	5737	3.551,30
-	Total =	158.622,71

Essas informações são levadas às áreas técnicas da empresa (Engenharia, Manufatura, Qualidade) que são as responsáveis pela análise e resolução dos principais problemas no campo com relação ao custo e ao volume de reparos. Os planos de ação das áreas técnicas indicam qual foi a data em que as melhorias foram introduzidas nos produtos. No entanto, para o pagamento efetuado em um determinado mês, podem estar incluídos desde veículos novos, até veículos produzidos a mais de um ano (vide Tab.1).

Aqui começam a surgir as primeiras grandes questões referentes a Garantia:

- Como identificar se o problema foi localizado em um período específico de produção (falha no processo)?
- Como identificar se o problema está relacionado a uma deficiência de projeto?
- Com identificar se o problema ocorre logo nos primeiros meses de uso do veículo ou no final de garantia (durabilidade)?

- Como analisar a eficácia de uma ação corretiva implementada com base nos gastos mensais de garantia?
- Como relacionar os gastos mensais de garantia com o período de produção dos veículos?

Concluimos, nesta fase, que os reparos e os custos de Garantia devem estar relacionados ao Mês de Produção, para que possa ser avaliada a eficácia das ações corretivas e das grandes mudanças no produto (Ano-Modelo).

3.3. Garantia : Mês de Pagamento X Mês de Produção

Para responder a essas questões da seção anterior, foram analisados os processos de ações corretivas relacionadas aos reparos em Garantia. Uma modificação pode ser efetuada resumidamente em dois casos:

- Alteração no processo produtivo onde um controle adicional, a compra de um novo equipamento ou uma mudança na metodologia de produção podem ser implementados. Pode ocorrer inclusive a mudança do fornecedor da peça.
- Alteração no produto, onde através de estudos notou-se a necessidade de mudança no projeto (alteração de material, de cota, de especificação, etc).

Podem ocorrer mudanças tanto no processo, quanto no produto simultaneamente. Mas a principal informação relacionada a ação corretiva é a data inicial de produção após a modificação (em alguns casos adota-se o número de série ou chassi do primeiro veículo com a modificação).

Sendo a data de referência a de produção, a eficácia da ação corretiva só pode ser observada se os dados de Garantia estiverem relacionados com a data de produção. Outra grande vantagem no uso da data de produção é que, pelo menos uma vez por ano, as montadoras efetuam grandes mudanças nos produtos relacionados ao Ano-Modelo. Assim sendo, um novo Ano-Modelo pode ser comparado com o Ano-Modelo anterior,

podendo-se avaliar a qualidade do projeto, do Planejamento da Qualidade, e de novos componentes e tecnologias que tenham sido implementados (Airbag, Freio ABS, etc).

Para que as informações de garantia sejam correlacionadas com a data de produção, deve haver uma correlação entre os bancos de dados de produção, vendas e garantia (Fig.3). A chave da correlação normalmente utilizada é o número de série do produto (Número do chassi para veículos). Aqui percebe-se a importância de não haver duplicidade no número de série, inclusive para os casos de importação ou exportação de produtos.

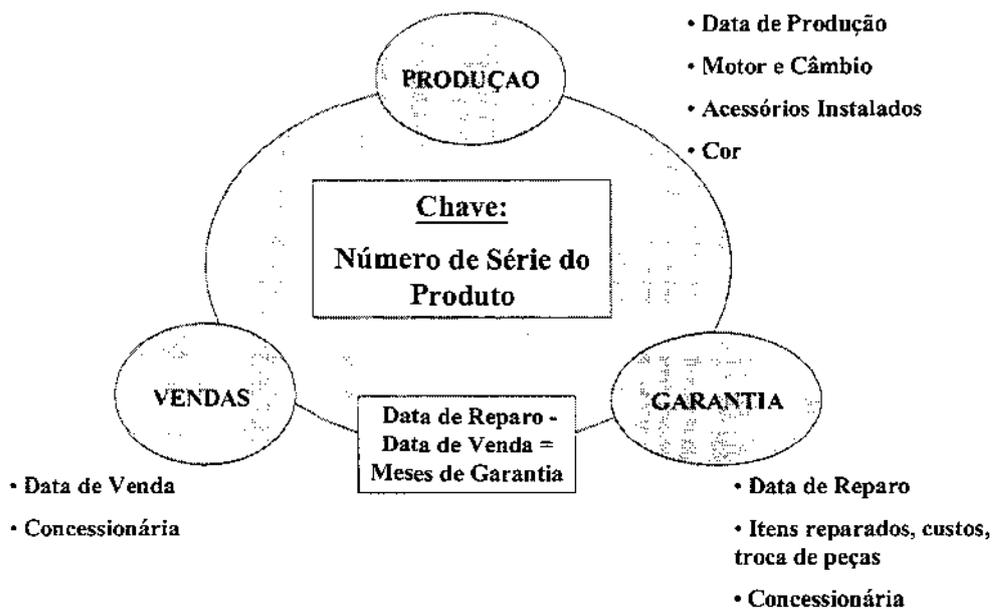


FIGURA 3: Banco de Dados de Produção, Vendas e Garantia

Separando os gastos de Garantia efetuados no Mês de Janeiro de 2000 pela Data de Produção dos veículos envolvidos (Mês/Ano) obtemos a primeira curva mostrada no GRAF.1. A área sob a curva de Janeiro/2000 corresponde ao gasto total de R\$451.246 indicado na Tab.1. O mesmo procedimento também foi adotado para os pagamentos efetuados em Abril de 2000, registrado na segunda curva do GRAF.1.

Notamos, ao observar o GRAF.1, que o pagamento efetuado em um mês é composto por veículos produzidos em diversos meses, inclusive produzidos a mais de um ano.

Podemos notar também que, a maior parcela do pagamento refere-se a veículos produzidos a mais de 6 meses, e que existe uma grande concentração entre 10^o e o 12^o mês anterior (período final da Garantia).

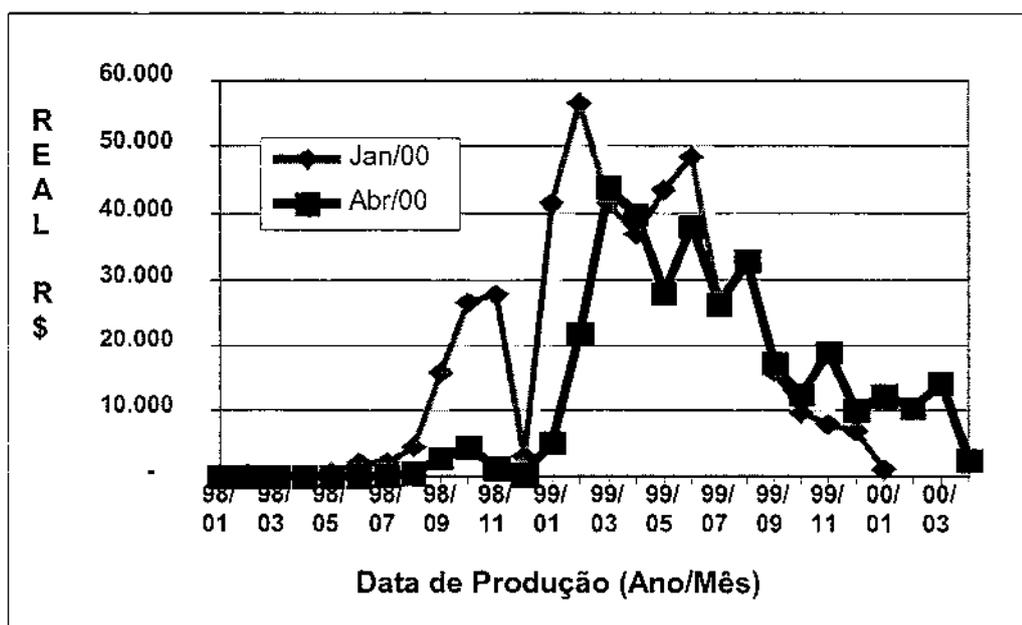


GRÁFICO 1 – Custos de Garantia pagos nos Meses de Janeiro/2000 e Abril/2000 relacionados com a Data de Produção dos Veículos.

Sob o ponto de vista de mês de produção, notamos que os gastos são efetuados em diversos meses de pagamento, provavelmente relacionados ao período de garantia. Após o final da Garantia (normalmente 12 meses) há uma redução significativa dos gastos, provavelmente provenientes de veículos que ficaram mais tempo estocado nas concessionárias, ou de cortesia das montadoras.

3.4.Reparos/Produto e Custo/Produto relacionados ao Mês de Produção

3.4.1. Reparos X Mês de Produção

Como já mencionado anteriormente, a primeira informação chave para as área técnicas é a Data de Fabricação do Produto. Dessa forma são desenvolvidos relatórios

gráficos onde no eixo das abcissas são colocados os meses de produção (pode ser utilizado semana ou outra unidade de tempo), e no eixo das ordenadas o número total de reparos. Esse primeiro modelo de relatório é o mais simplificado e pode ser visto no GRAF.2 onde, para um determinado modelo, foram contabilizados todos os reparos efetuados desde o Ano-Modelo 1998 (lançado em Outubro/1997) até o mês de Abril/2000, incluindo os Anos-Modelos 1999 e 2000.

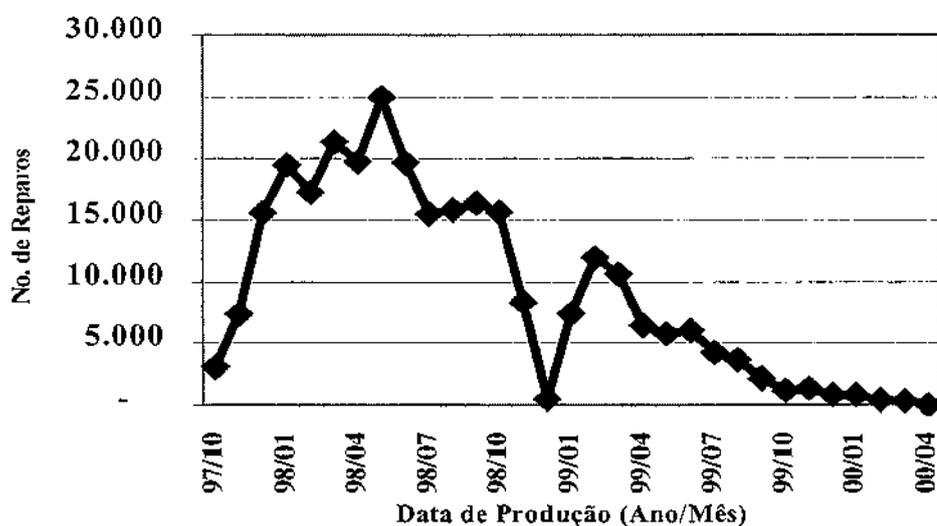


GRÁFICO 2 – Número de Reparos efetuados entre Outubro/1997 e Abril/2000 para os Anos-Modelos 1998/1999/2000 relacionados com a Data de Produção dos Veículos

Este tipo de relatório não leva em consideração as possíveis variações nos volumes de produção provocadas pela própria demanda de mercado, pelo número de dias úteis no mês ou até pela perda de produção por problemas técnicos. Se para um determinado mês houvesse uma grande diminuição no volume de produção (férias coletivas, greves, etc), haveria provavelmente uma redução no volume de reparos e nos custos.

3.4.2. Reparos/Produto X Mês de Produção

Para que o efeito das alterações no volume de produção possa ser eliminado, devemos dividir o número total de reparos pelo volume total de produção. Esse índice seria o

Número de Reparos por Produto (R/1). Se o número de reparos for relativamente baixo, normalmente adota-se multiplicar esse índice por 100 ou 1000 e analisar o número de reparos a cada 100 produtos (R/100) ou a cada 1000 produtos (R/1000).

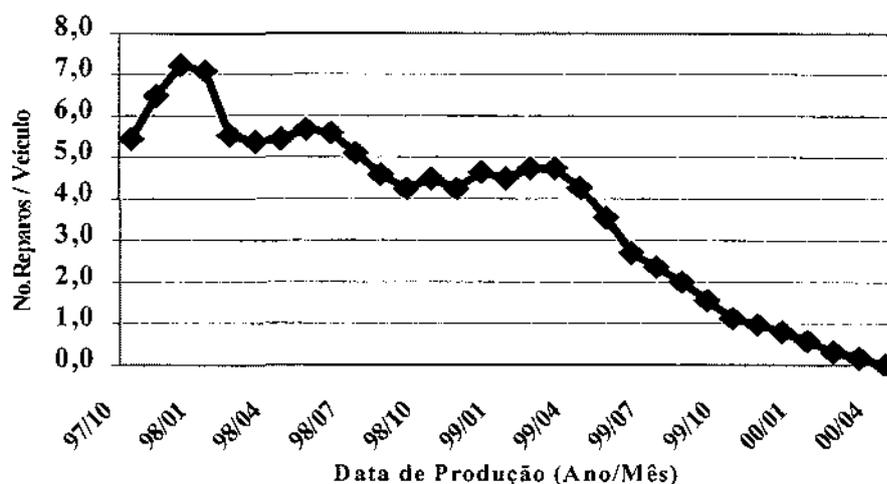


GRÁFICO 3 – No. de Reparos / Veículo relacionados com a Data de Produção efetuados entre Outubro/1997 e Abril/2000 para os Anos-Modelos 1998/1999/2000

Podemos observar, no GRAF. 3, que o número de Reparos / Produto é maior para veículos produzidos a mais tempo em relação aos veículos mais novos. Isso está relacionado com o tempo de uso do produto. Se, por exemplo, o período de garantia de um produto for de um ano, teremos produtos mais recentes com um menor tempo de uso em relação a produtos mais antigos e, provavelmente, menos reparos com o menor tempo de uso. Se em um determinado Mês de Produção houvesse uma perda significativa de qualidade, o índice de R/1 poderia ser maior em relação aos meses anteriores mesmo com o menor tempo de uso.

Para eliminar esse efeito poderíamos fazer um relatório apenas com produtos que já encerraram o período de garantia. Mas, com o período de garantia de um ano, teríamos informações mais atualizadas de produtos produzidos a 1 ano atrás. Como solicitar ações por parte do corpo técnico de produtos que podem até já ter saído de produção?

3.4.3. Reparos/Produto X Mês de Produção X Meses em Garantia

O impasse da seção anterior só pode ser resolvido se efetuarmos relatórios com diferentes Tempos de Uso. Podemos identificar, através da data de reparo e da data de venda, qual o tempo de uso do produto. A necessidade da data de venda refere-se ao fato de que o período de garantia inicia após a venda ao consumidor, conforme Manual Técnico de Garantia [12] (não seria interessante utilizar a venda às concessionárias pois alguns produtos podem ficar meses estocados, e o que seria um reparo com um mês de uso poderia estar sendo registrado como 4 ou 5 meses em uso).

Os relatórios podem ser emitidos para diversos meses em uso (Ex.: 1, 3, 6, 9 e 13 meses), o que permite inclusive efetuar análises estatísticas do comportamento do produto em relação ao seu tempo de uso.

Mas aqui pode ocorrer um segundo impasse. Se quisermos analisar qual o volume de reparos por Meses em Garantia para todos os produtos fabricados em um determinado mês de produção, teríamos de esperar a venda de todos esses produtos. Se a venda de toda a produção de um mês levasse cerca de 5 meses, teríamos as informações dos reparos ocorridas com 1 mês de uso somente após 6 meses da data de produção, o que dificultaria, de forma significativa, a análise pelo corpo técnico (Fig.4).

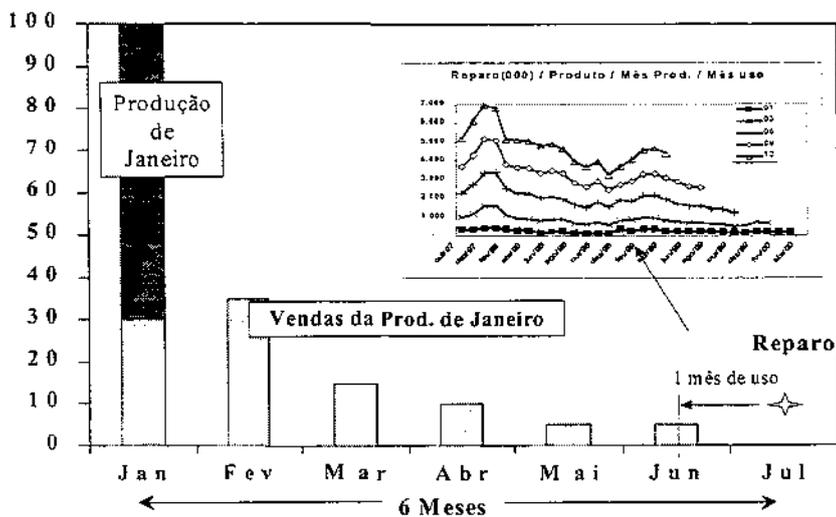


FIGURA 4: Cálculo de Rep/Veic. para 100% da Produção

Para resolver este impasse teremos de fazer uso de técnicas estatísticas, Costa Neto [5], onde a análise pode ser feita através de amostras de produção ao invés de toda a população. Como definir a amostra? Uma forma de defini-la é limitar o tempo de espera de venda de um produto. Por exemplo, se um produto for produzido em Janeiro, podemos definir que a amostra utilizará apenas os produtos que foram vendidos até Fevereiro. Isso implica em atrasar apenas 1 mês os resultados em função da demora de venda. A definição do tempo de espera da venda vai depender do próprio comportamento da demanda de um produto e de qual o tamanho de amostra desejável (maior amostra, menor erro amostral, maior a confiabilidade dos resultados conforme Costa Neto[5]), pois quanto maior a espera maior o tamanho da amostra, mas maior é também o atraso da informação para as áreas técnicas da empresa.

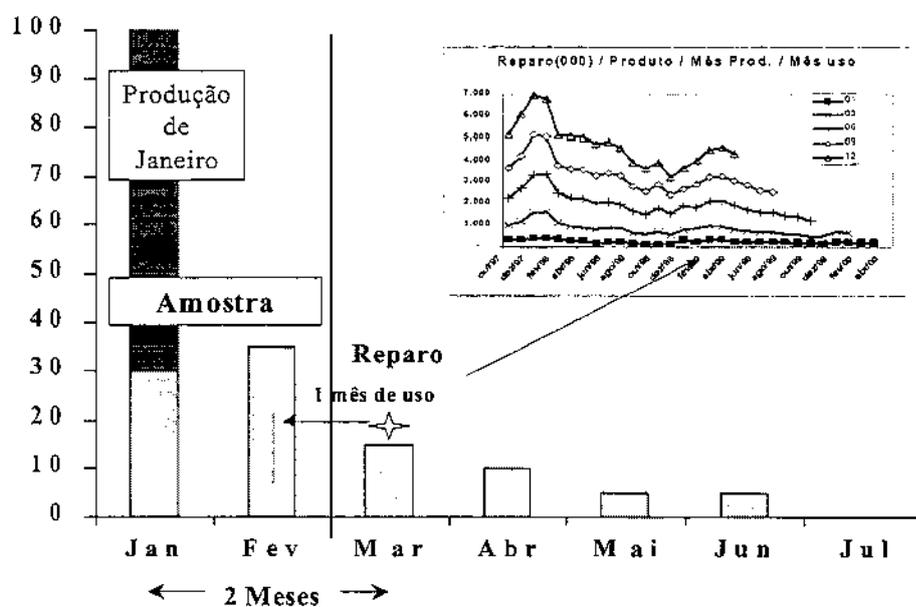


FIGURA 5: Cálculo de Rep/Veíc. para uma Amostra da Produção

Após a definição do tamanho da amostra podemos iniciar a análise do indicador de Reparos por Produto acumulados por tempo de uso. A amostra pode ser vista na TAB.3.

TABELA 3**TABELA 3: Volumes de Produção, Vendas e Amostras para os Anos-Modelos 1998,1999 e 2000**

Ano/Mês- Ano Mod.	Produção	Vendas	Amostra	%Amostra
97/10-98	566	550	474	84
97/11	1135	1116	929	82
97/12	2156	2125	1624	75
98/01	2749	2740	2309	84
98/02	3119	3099	2570	82
98/03	3968	3940	3128	79
98/04	3631	3611	2888	80
98/05	4398	4388	3941	90
98/06	3517	3513	3378	96
98/07	3033	3033	2894	95
98/08	3455	3454	3143	91
98/09-99	3868	3864	2782	72
98/10	3485	3472	2036	58
98/11	1960	1958	1148	59
98/12	109	109	43	39
99/01	1646	1645	752	46
99/02	2524	2520	1195	47
99/03	2240	2178	1435	64
99/04	1512	1499	1223	81
99/05	1619	1584	988	61
99/06	2233	2208	1286	58
99/07	1794	1731	1065	59
99/08-00	1823	1821	1038	57
99/09	1401	1400	918	66
99/10	1067	1053	510	48
99/11	1426	1419	722	51
99/12	1048	1038	600	57
00/01	1418	1414	1077	76
00/02	1327	1314	1187	89
00/03	1773	1717	1487	84
00/04	1641	1605	1547	94

No GRAF. 4 temos os resultados dos Reparos por 1000 Veículos (R/1000) por Mês de Produção e acumulados por Meses de Garantia calculados com os reparos ocorridos nos veículos da amostra da TAB.3. Uma característica interessante deste gráfico é que quanto maior a quantidade de meses em garantia, mais defasadas são as informações

disponíveis. Informações do período total de garantia (12 a 13 meses em uso) só estarão disponíveis um ano após a data de produção.

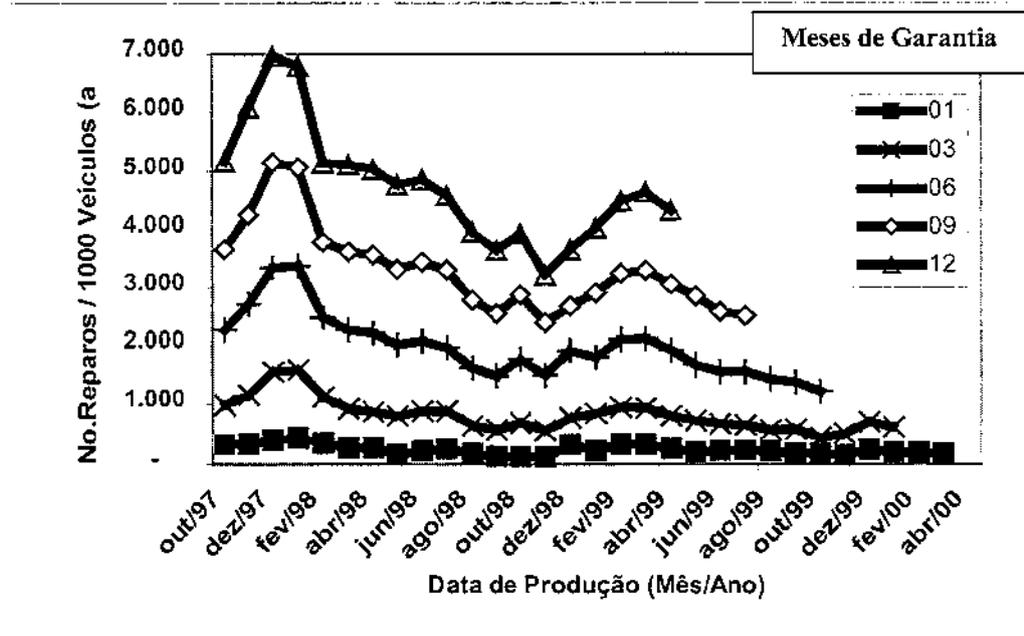


GRÁFICO 4 – No. de Reparos / 1000 Veículos relacionados com a Data de Produção e acumulados com a Quantidade de Meses em Garantia para os Anos-Modelos 1998/1999/2000.

Faremos aqui alguns comentários sobre a defasagem entre o mês de pagamento e o mês de produção. O primeiro ponto a ser analisado é a definição da Quantidade de Meses de Garantia calculado através da quantidade de dias entre a Data do Reparo e a Data de Venda ao Cliente. Algumas empresas definem que reparos entre 0 a 30 dias correspondem a 1 mês. Outras definem que reparos de 0 a 15 dias correspondem a 0 meses, e que entre 16 e 45 dias a 1 mês. No segundo caso haverá um atraso adicional de 15 dias para a maturação final dos resultados (Fig.6).

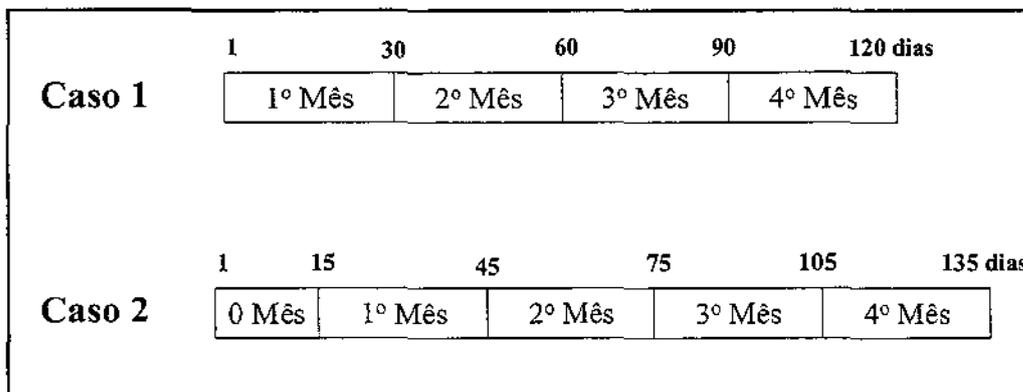


FIGURA 6: Definição de Meses de Garantia através da Quantidade de Dias entre a Data do Reparo e a Data de Venda ao Cliente.

Outro aspecto importante é a frequência de atualização dos resultados. Algumas empresas atualizam os dados mensalmente, e efetuam a contabilização uma semana antes do final do mês (entre o 20º e 25º dia), para que o pagamento possa ser efetuado até o último dia útil do mês. Se a amostra for definida conforme a Fig.5 (2 primeiros meses de Venda), e a quantidade de Meses de Garantia conforme o Caso 2 da Fig.6, teremos uma defasagem de 3 meses entre o Mês de Pagamento e o Mês de Produção para o resultado de Reparos / Veículo para o 1º Mês de Garantia, conforme indica a Fig.7. Mesmo utilizando o Caso 1 da Fig. 6 esse resultado não se alteraria. A defasagem poderia ser reduzida para 2 meses se fosse utilizado na amostra apenas os veículos vendidos no mesmo mês de produção.

Em resumo, os dados do primeiro mês de garantia podem estar defasados em cerca de 3 meses em relação ao mês de pagamento devido aos fatores acima apresentados. Esta explanação responde as críticas que as áreas administrativas fazem em relação aos dados apresentados pelas áreas técnicas.

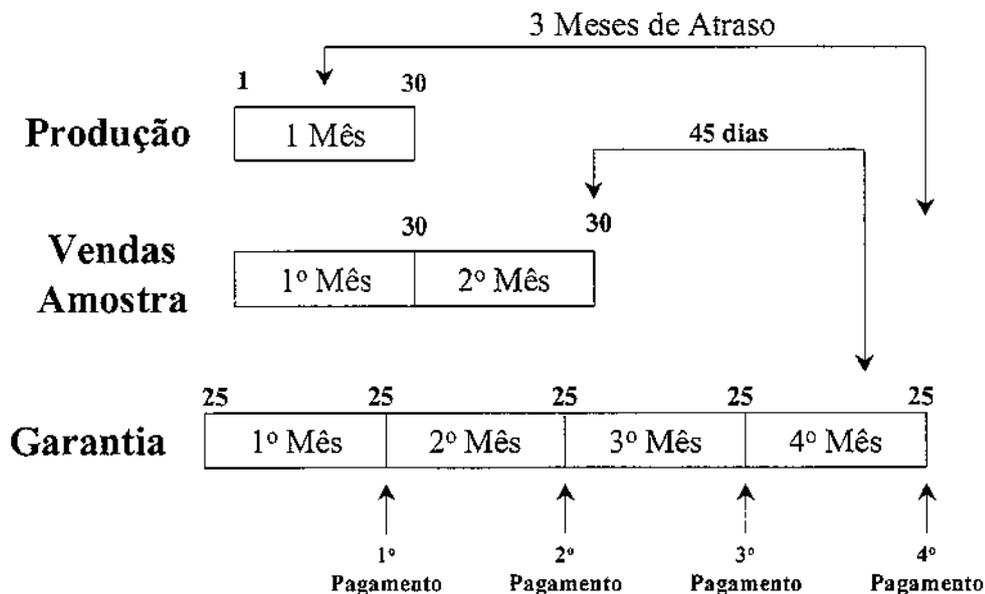


FIGURA 7: Defasagem entre os Meses de Pagamento e o Mês de Produção dos resultado de Reparos por Veículo para o 1º Mês de Garantia

3.4.4. Custo/Produto X Mês de Produção X Meses em Garantia

O índice de principal interesse na análise de Garantia é o Custo/Produto. Da mesma forma que desenvolvemos a análise do índice de Reparos/Produto, iremos desenvolver o de Custo/Produto. Teremos neste caso o Custo x Mês de Produção, o Custo/Produto x Mês de Produção e, finalmente, o Custo/Produto x Mês de Produção x Meses em Garantia (vide GRAF.5).

Os gráficos de custos estão diretamente correlacionados aos gráficos de reparos. Mais reparos implicam em mais custo. No entanto, um fator adicional e significativo é introduzido na análise: o Custo / Reparo.

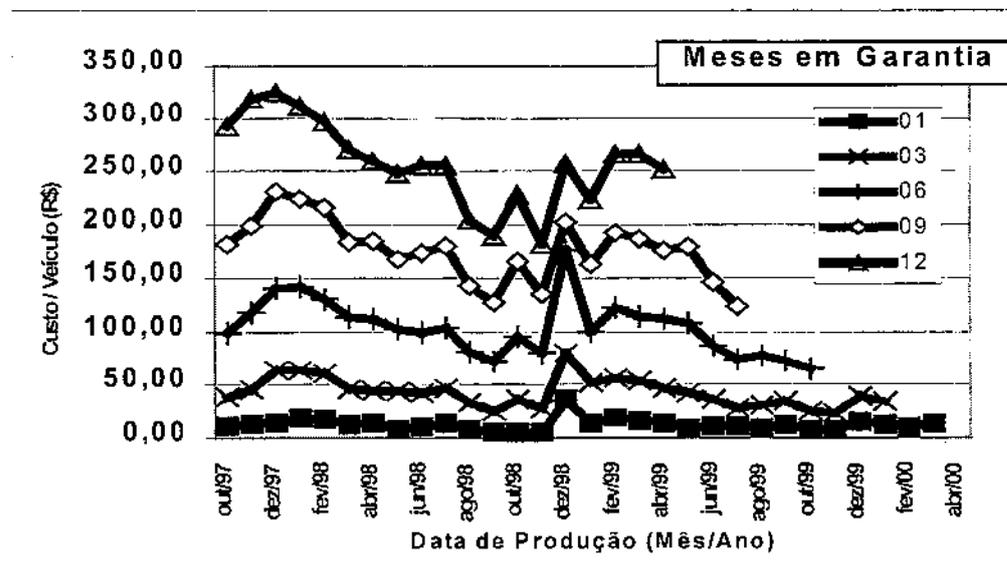


GRÁFICO 5 – Custo / Veículo (R\$) relacionado com a Data de Produção e acumulado com a Quantidade de Meses em Garantia para os Anos-Modelos 1998/1999/2000

O Custo de um Reparo é composto pelos seguintes fatores, conforme Manual Técnico de Garantia [12] e Catálogo de Tempo Padrão de Reparos[4]:

- custo da peça causadora do problema (se esta for trocada);
- custo das peças conseqüência que podem ter sido danificadas em função da peça causadora;
- custo da Mão-de-Obra (custo/hora);
- tempo médio de reparo (normalmente tabelada por peça).

Assim, o Custo / Reparo é obtido por:

$$\underline{\text{Custo/Reparo}} = \text{Custo Peça Causadora} + \text{Custo Peças Conseqüência} + (\text{Custo/hora Mão-de-Obra} \times \text{Tempo de Reparo})$$

Se no gráfico de Reparos/Produto houvesse um grande aumento para um determinado Mês de Produção devido a uma perda de Qualidade, esse aumento também ocorreria

no gráfico de Custos/Produto em escala maior ou menor, dependendo do *Custo/Reparo*. Se houvesse, por exemplo, um aumento de 30% no volume de Reparos/Produto motivados pela quebra da Maçaneta Externa de abertura das Portas, e o *custo do reparo* da Maçaneta fosse metade do *custo médio de reparo* desse veículo, o impacto nas curvas de Custo/Produto para esse mesmo mês de produção seria de:

$$\text{Custo/Produto} = 30\% \times 0.5 = 15\%$$

Todavia, se o impacto fosse provocado por um defeito na Chave de Ignição, a troca desse componente implicaria em trocar todas as fechaduras das Portas e Tampa Traseira do veículo (o cliente não iria querer 2 chaves diferentes para abrir a porta e ligar o carro), o que encareceria o *Custo/Reparo*. Se, neste caso, o *Custo/Reparo* da Chave de Ignição fosse 50% maior que o *Custo Médio/Reparo*, o impacto seria de:

$$\text{Custo/Produto} = 30\% \times 1.5 = 45\%$$

Para obter o *Custo/Produto* basta efetuar o seguinte cálculo:

$$\frac{\text{Reparos}}{\text{Produto}} \times \frac{\text{Custo}}{\text{Reparo}} = \frac{\text{Custo}}{\text{Produto}}$$

O que podemos concluir, nesta fase, é que o *Custo/Produto* pode ser reduzido através de dois fatores: redução na quantidade de Reparos/Produto ou redução no Custo do Reparo. Como o Custo do Reparo é composto pelo Custo das Peças Trocadas, Custo/hora da Mão-de-Obra e o Tempo Médio de Reparo, a redução do *Custo/Produto* pode ser obtida através de:

- redução na quantidade de Reparos/Produto;
- redução no volume de peças trocadas;
- redução no Custo/hora da Mão-de-Obra;
- redução no Tempo Médio de Reparo;

ou qualquer combinação desses fatores. O desenvolvimento de ferramentas que facilitem a manutenção, ações corretivas no produto ou processo, e instruções mais precisas que evitem troca indevida de peças podem, em conjunto, reduzir significativamente os Custos.

3.4.5. Gráficos de Reparos/Produto e Custo/Produto: Picos e Vales

Ao observarmos os gráficos de R/1, podem surgir picos de reparo indicando uma quebra de qualidade ou vales (reduções significativas). Quando ocorrem esses fatos a primeira pergunta que surge é: o que provocou esse aumento ou redução? Para se obter essa resposta, deve-se analisar qual o volume médio do reparo por peça em um período preliminar e comparar com o volume médio de reparos por peça no período de alteração. As peças que mais sofreram alteração podem responder a pergunta anterior.

Mas esse não é o único fato que pode provocar alterações no gráfico. Devemos observar que, para cada mês de produção, o indicador R/1 é obtido através da divisão do número total de reparos pelo tamanho da amostra. No entanto, se houver uma redução significativa no tamanho da amostra, isto altera de forma significativa a sensibilidade desse indicador. A sensibilidade é discutida em QS9000 – Análise de Sistemas de Medição [13] e em Wheeler & Lyday [19].

Vejam o seguinte exemplo: se produzirmos 1000 produtos por mês, e tivermos em média 2 reparos por produto, teremos 2.000 Reparos em média. Portanto, se produzirmos apenas 100 produtos, teremos aproximadamente 200 Reparos. Em ambos os casos teremos 2.000 Reparos / 1.000 Produtos. No entanto, sabemos que mês a mês existe uma variação no processo que pode provocar pequenas alterações na

taxa de falhas. No primeiro caso, cada reparo adicional implica em uma alteração de 1 Reparo / 1000 Produtos. Já no segundo caso, com apenas 100 produtos, cada reparo adicional implica em 10 Reparos / 1.000 Produtos, diminuindo em 10 vezes a sensibilidade do indicador. Essa diminuição de sensibilidade implica em uma maior variação nos valores de Reparos / 1.000 Produtos, o que pode indicar uma falsa mudança brusca no processo (Ref. [14] e [18]). O mesmo fato pode ocorrer com o gráfico de Custo/Produto.

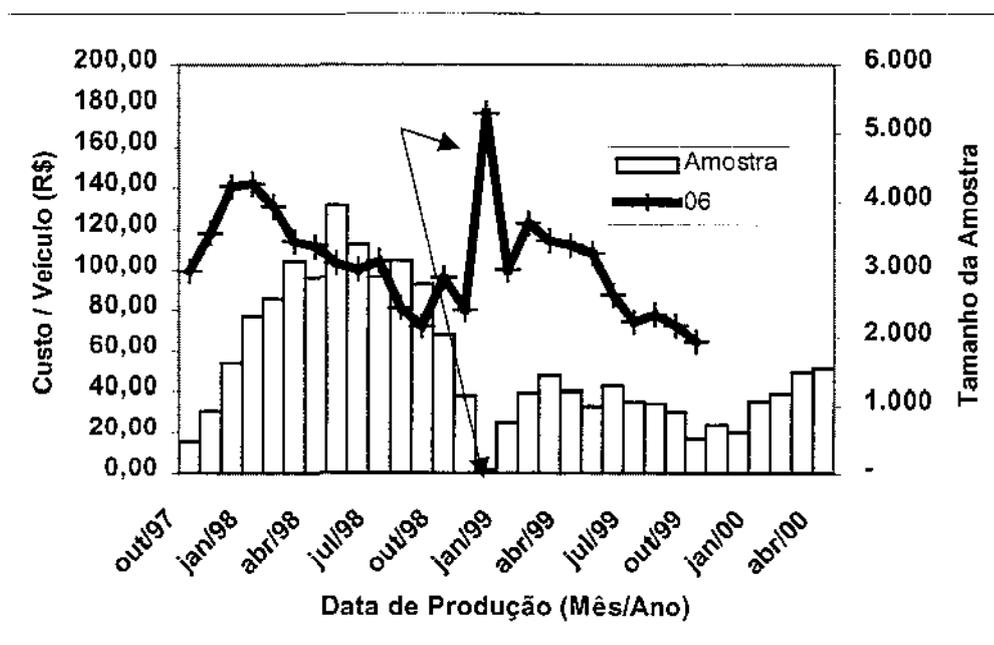


GRÁFICO 6 – Custo / Veículo (R\$) em 6 Meses de Garantia (acumulado) e Tamanho da Amostra (vendas efetuadas até o Mês subsequente à Data de Produção) relacionados com a Data de Produção.

No GRAF.6 notamos uma grande oscilação no resultado de **Custo / Produto** no mês de Dezembro/1998 com 6 meses de garantia, devido ao tamanho de amostra bastante reduzido (Motivo: fêria coletivas).

3.5. Priorização das principais Peças em Garantia: Reparos X Custos

Após a definição dos modelos de análise gráfica de Reparos e Custos por produto, precisamos identificar, para um determinado período de produção e de tempo em garantia, quais foram as principais peças reclamadas e quais as que mais contribuíram para o custo total. Para isso utilizamos o Princípio de Pareto, conforme citam Gryna [10] e Kane [11], que se baseia no fato que poucos itens são responsáveis por um grande volume de reparos e custos.

Os gastos em garantia estão relacionados basicamente ao número de reparos efetuados por peça multiplicado pelo custo médio do reparo de cada peça. Peças com custo de reparo elevado podem ter um nível baixo de reparos mas, associado ao custo, podem estar entre os principais itens de custo. Na TAB. 4 temos o resultado das principais peças com Reparos efetuados no Ano-Modelo 1998 (reparos efetuados entre Outubro de 1997 a Abril de 2000), o Custo / Reparo e o Custo Total efetuado com cada peça. Podemos observar nessa Tabela que o primeiro item não foi o que mais gastou em garantia.

TABELA 4

TABELA 4: Principais Peças com Reparos em Garantia para o Ano-Modelo 1998

Ordem	Nº. Peça	Reparos	Custo / Reparo (R\$)	Custo Total (R\$)
1	5745	10.860	10,14	110.124
2	4819	8.909	21,36	190.290
3	5717	8.344	42,38	353.650
4	6453	6.630	48,09	318.850
5	5718	4.424	34,08	150.767
6	5725	4.351	14,75	64.159
7	5573	4.258	27,06	115.204
8	5763	3.725	41,05	152.912
9	1524	3.254	47,21	153.610
10	7018	2.567	39,40	101.147
11	7059	2.279	100,76	229.636
12	4293	2.099	65,33	137.135
13	7211	2.060	7,90	16.271
14	9999	1.998	37,20	74.336
15	5737	1.966	21,44	42.155

A seguir temos a TAB.5 com as peças que mais gastos efetuaram em garantia para o Ano-Modelo 1998.

TABELA 5

TABELA 5: Principais Peças com Custos em Garantia para o Ano-Modelo 1998

Ordem	No. Peça	Reparos	Custo / Reparo (R\$)	Custo Total (R\$)
1	3908	873	486,03	424.306
2	5717	8.344	42,38	353.650
3	6453	6.630	48,09	318.850
4	2673	876	318,56	279.055
5	7060	1.182	219,51	259.461
6	6410	1.114	218,60	243.524
7	7059	2.279	100,76	229.636
8	2630	918	211,69	194.332
9	4819	8.909	21,36	190.290
10	6416	1.780	101,89	181.372
11	9003	1.423	123,92	176.344
12	3052	959	169,25	162.307
13	1524	3.254	47,21	153.610
14	5763	3.725	41,05	152.912
15	5718	4.424	34,08	150.767

No exemplo das TAB. 4 e 5, dos 15 primeiros itens da lista de Reparos apenas 7 apareceram na lista dos 15 principais de Custos. A influência do Custo do reparo provocou o surgimento de novos itens que não são significativos em frequência (vide itens 1,4,8 e 12 da TAB.5).

As áreas técnicas da empresa têm interesse nessas listas pois podem priorizar quais as principais peças que necessitam de ações corretivas. Devem ser analisadas, em conjunto, tanto as listas de reparos quanto as listas de custos pois as ações devem atingir uma parcela significativa do volume de reparos e dos gastos em garantia.

Uma maçaneta interna da porta de um veículo pode, por exemplo, ter um custo de reparo relativamente baixo. Para quem analisa só do ponto de vista de custo ela pode ficar imperceptível. Mas, imaginem qual o grau de satisfação de um cliente ao quebrar a

maçaneta e não conseguir abrir a porta pelo lado de dentro. E se ocorreu um acidente e há a necessidade de sair rapidamente do veículo.

Construindo um Gráfico de Pareto para as primeiras 40 peças com maior volume de Reparos e Custos do Ano-Modelo 1998, temos o resultado no GRAF.7. Podemos notar que os primeiros 40 itens equívalem a 60% do volume total em reparos e custos, em um universo de 598 itens. Esta análise é importante para focar os recursos da empresa na avaliação e resolução dos principais problemas.

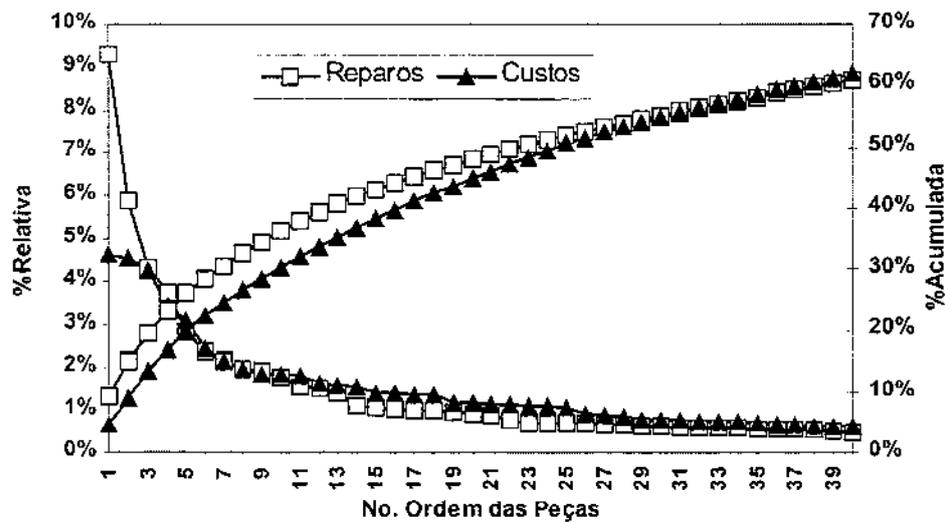
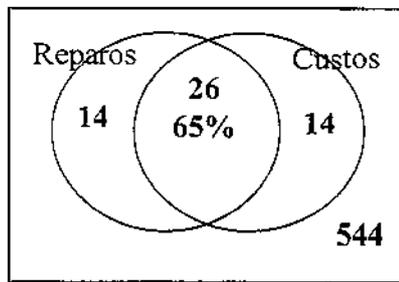


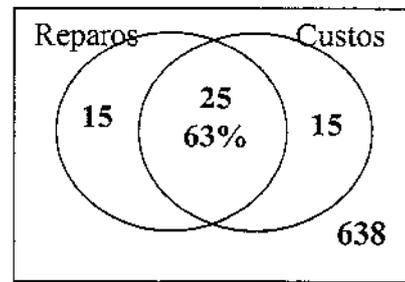
GRÁFICO 7 – Pareto das 40 Peças com maior Volume de Reparos e Custos de Garantia do Ano-Modelo 1998.

Analisando a correlação entre os primeiros 40 itens de reparos e custos para 3 e 13 meses em uso, conforme TAB.17,18,19,20 em anexo, temos o resultado abaixo, que pode ser visto na também na FIG.8:

- a) 65% dos primeiros 40 itens de Reparo e Custo para 3 Meses são equivalentes.
- b) 63% dos primeiros 40 itens de Reparo e Custo para 13 meses são equivalentes.



a) Reparos e Custos em 3 Meses



b) Reparos e Custos em 13 Meses

FIGURA 8: Correlação entre Reparos e Custos das 40 principais peças do Ano-Modelo 1998.

Com esse resultado temos cerca de 55 itens que representam 2/3 do volume total de reparos e custos para o período total de garantia (15+25+15 itens).

Precisamos salientar que esta análise deve ser efetuada para itens normais de garantia. Para itens que afetam a segurança do cliente, legislação ou que geram um grau de insatisfação do cliente (Ex.: pane do veículo), o tratamento deve ser imediato, independente do volume de reparos. As empresas já praticam esse tipo de tratamento, inclusive com ações preventivas mais conhecidas por “RECALL”, onde o cliente é chamado para comparecer à concessionária para a troca de um componente, mesmo que o carro ainda não tenha tido o defeito.

3.6. Priorização das principais Peças em Garantia com relação ao Tempo de Uso

Através da análise de dados históricos podemos identificar se há um período preliminar em garantia que possa prever o seu comportamento final. Ao emitir uma lista dos principais itens com 3 meses de uso, esta pode ser comparada com uma lista dos principais itens com 13 meses de uso. Se a primeira lista possuir a maioria dos itens da segunda, então as áreas técnicas poderão identificar os principais problemas de um produto em todo o período de garantia com apenas 25% do tempo total previsto. Os itens

que não forem apontados na primeira lista também devem ser observados pois possuem a característica de apresentar problemas com um maior tempo de uso. Devemos, dessa forma, analisar tanto as listas preliminares quanto as listas finais da garantia.

Para efetuar essa análise usamos as TAB. 17, 18, 19 e 20 em anexo com os 40 itens com maior volume de reparos e de custos para 3 meses (598 itens) e 13 meses (693 itens) de garantia do Ano-Modelo 1998. Efetuando uma análise de correlação entre as peças que compõem as 4 Tabelas, obtivemos o seguinte resultado, que também está ilustrado na Fig.9:

- a) 75% dos primeiros 40 itens de Reparo para 3 e 13 Meses são equivalentes.
- b) 80% dos primeiros 40 itens de Custo para 3 e 13 Meses são equivalentes

Podemos concluir que a lista de 3 Meses é uma boa referência pois cerca de 75% dos itens surgiram com 3 meses de uso em Reparos, e 80% em Custos. No entanto, são necessários mecanismos para identificação dos demais itens que surgem com um maior tempo de uso.

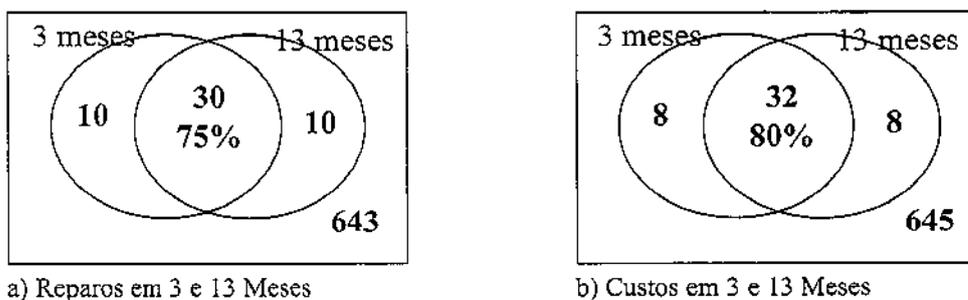


FIGURA 9: Correlação entre 3 e 13 Meses de Garantia das 40 principais peças do Ano-Modelo 1998.

Como podemos observar nos GRAF. 4 e 5, os dados de reparos e custos evoluem através de uma diagonal que vai de 0 a 13 meses em uso. Se avaliarmos os dados com apenas 3 meses de uso, estaremos desprezando várias informações disponíveis acima de 3 meses. Se avaliarmos somente os dados com 13 meses em uso, estaremos desprezando também várias informações disponíveis (Fig.10).

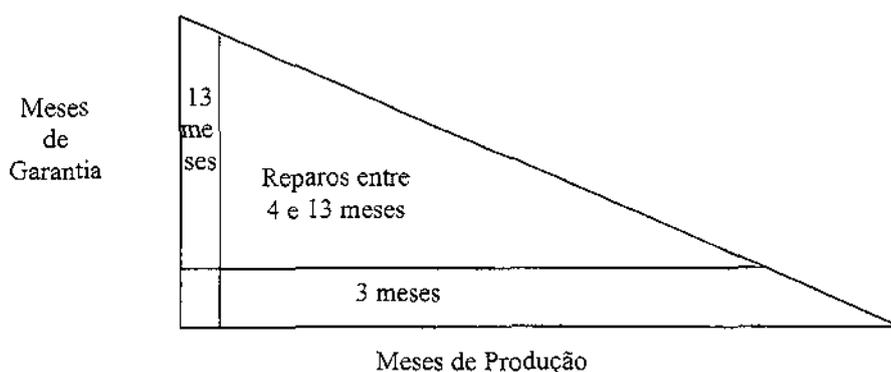


FIGURA 10: Distribuição dos reparos por Meses de Produção e por Meses de Garantia

O mais interessante seria avaliar os principais itens com base em volume de Reparos e Custos para todo o Ano-Modelo. Os itens emergentes que surgem através do tempo de uso, podem ser identificados se for feito um acompanhamento mensal da participação percentual do componente ou de sua posição na classificação geral. Por exemplo, se um componente estava na posição 150 e no mês seguinte passa para a posição 100, isto indica um aumento de sua participação no volume de reparos ou nos custos. Uma outra forma de identificar esses itens emergentes é extrair uma lista dos principais itens de Reparos e Custos entre 4 e 13 meses de garantia.

3.7.Dados Preliminares X Resultados Finais de Reparos/Produto e Custo/Produto

Os resultados alcançados na seção anterior indicam que pode haver uma forte correlação entre os resultados de Reparos / Veículo e Custo / Veículo dos primeiros meses de garantia em relação ao resultado final.

Os primeiros meses da garantia indicam qual é a performance inicial de um produto. Análises estatísticas devem ser efetuadas nos dados históricos de forma que seja possível efetuar previsões de qual deve ser o comportamento de um produto até o final da garantia. Dessa forma, ao se obter informações com 3 meses em uso, pode ser possível prever qual o comportamento desse produto com 6, 9 e 12 de garantia.

TABELA 6

TABELA 6: Reparos / 1000 Veículos Acumulados por Meses de Garantia para o Ano Modelo 1998

Meses Em Garantia	Meses de Produção										
	out/97	nov/97	dez/97	jan/98	fev/98	mar/98	abr/98	mai/98	jun/98	jul/98	ago/98
00	6	37	15	11	16	13	15	0	0	1	0
01	327	335	400	425	348	257	273	154	214	252	164
02	601	757	901	1015	707	562	523	430	528	558	380
03	987	1157	1554	1587	1125	921	875	792	881	878	635
04	1380	1658	2152	2208	1507	1310	1287	1176	1257	1203	901
05	1819	2180	2788	2810	1988	1787	1778	1570	1677	1578	1208
06	2260	2717	3346	3371	2489	2259	2211	2016	2073	1955	1617
07	2698	3213	4010	3929	2904	2723	2683	2433	2510	2386	1998
08	3198	3741	4586	4511	3356	3187	3106	2849	2955	2865	2375
09	3658	4250	5160	5067	3785	3619	3568	3313	3435	3306	2781
10	4108	4872	5725	5617	4212	4019	4012	3796	3880	3710	3146
11	4582	5434	6294	6092	4602	4479	4448	4210	4346	4110	3515
12	5165	6102	6974	6787	5146	5114	5044	4781	4865	4594	3950
13	5454	6439	7293	7140	5441	5419	5384	5327	5428	5019	4382
Amostra	474	929	1624	2309	2570	3128	2888	3941	3378	2894	3143

Na TAB. 6 temos os resultados históricos de Reparos / 1000 Veículos para cada Mês de Produção do Ano-Modelo 1998 acumulados entre 0 e 13 meses de garantia. Esses cálculos foram efetuados para os veículos pertencentes a amostra (veículos vendidos até 1 mês após a produção: TAB.3).

Dividindo o valor de cada mês de garantia pelo resultado acumulado de 13 meses para todos os Meses de Produção, teremos o resultado da TAB.7 em valores percentuais.

TABELA 7

TABELA 7: % Reparos / 1000 Veículos relativo a 13 Meses de Garantia para o Ano Modelo 1998

Meses em Garantia	Meses de Produção										
	out/97	nov/97	dez/97	jan/98	fev/98	mar/98	abr/98	mai/98	jun/98	jul/98	ago/98
00	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
01	6%	5%	5%	6%	6%	5%	5%	3%	4%	5%	4%
02	11%	12%	12%	14%	13%	10%	10%	8%	10%	11%	9%
03	18%	18%	21%	22%	21%	17%	16%	15%	16%	17%	14%
04	25%	26%	30%	31%	28%	24%	24%	22%	23%	24%	21%
05	33%	34%	38%	39%	37%	33%	33%	29%	31%	31%	28%
06	41%	42%	46%	47%	46%	42%	41%	38%	38%	39%	37%
07	49%	50%	55%	55%	53%	50%	50%	46%	46%	48%	46%
08	59%	58%	63%	63%	62%	59%	58%	53%	54%	57%	54%
09	67%	66%	71%	71%	70%	67%	66%	62%	63%	66%	63%
10	75%	76%	79%	79%	77%	74%	75%	71%	71%	74%	72%
11	84%	84%	86%	85%	85%	83%	83%	79%	80%	82%	80%
12	95%	95%	96%	95%	95%	94%	94%	90%	90%	92%	90%
13	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Construindo com esses valores o GRAF.8, notamos a existência de um comportamento padrão de volume de reparos por produto em relação ao período de garantia, independente do volume maior ou menor de Reparos por Veículo de cada mês de produção.

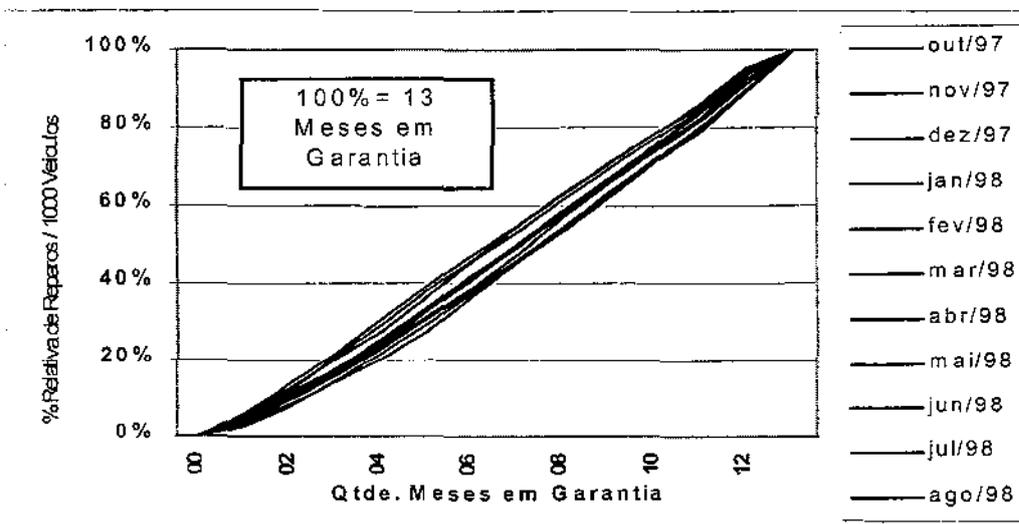


GRÁFICO 8 – % Relativa de Reparos / 1000 Veículos relacionados com 13 Meses de Garantia para todos os Meses de Produção do Ano-Modelo 1998

Calculando a média e o desvio padrão conforme Costa Neto [5], podemos estimar o intervalo de confiança da % Reparos / 1000 Veículos para cada Mês de Garantia, conforme mostra a TAB.8.

TABELA 8

TABELA 8: % Reparos / 1000 Veículos Acumulado por Mês de Garantia para o Ano Modelo 1998: Média Ponderada e Desvios Padrões

Meses em Garantia	Média Ponderada	Média+2 Desvios	Média - 2 Desvios	Desvio Padrão
00	0,1%	0,5%	-0,2%	0,2%
01	4,7%	6,8%	2,5%	1,1%
02	10,5%	14,2%	6,8%	1,9%
03	17,4%	22,5%	12,3%	2,6%
04	24,6%	30,8%	18,3%	3,1%
05	32,7%	39,8%	25,5%	3,6%
06	40,9%	47,9%	33,9%	3,5%
07	49,2%	56,1%	42,3%	3,5%
08	57,5%	64,3%	50,8%	3,4%
09	66,0%	71,9%	60,1%	2,9%
10	74,2%	79,5%	68,9%	2,7%
11	82,1%	86,8%	77,5%	2,3%
12	92,4%	97,1%	87,8%	2,3%
13	100,0%	100,0%	100,0%	0,0%

Os resultados de Média e Intervalo de Confiança podem ser vistos também no GRAF.9.

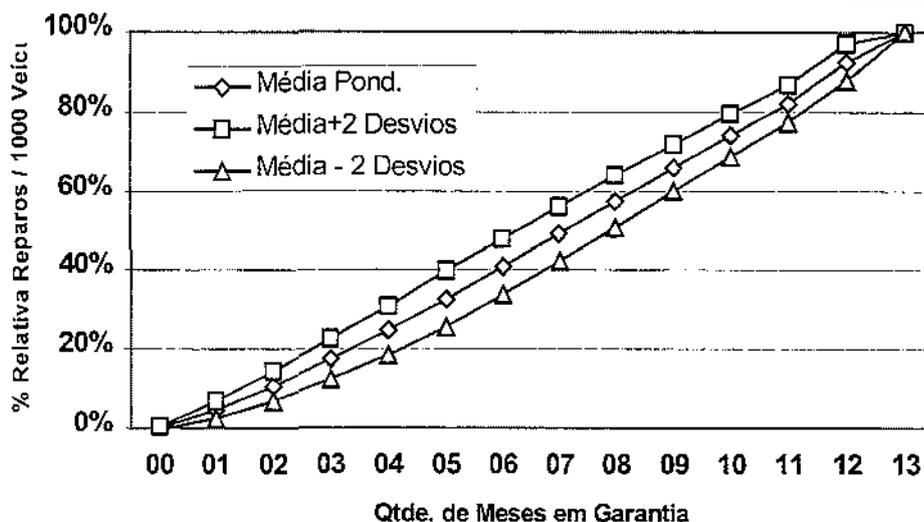


GRÁFICO 9 – % Relativa de Reparos / 1000 Veículos (acumulado) por Mês de Garantia: Média Ponderada e Intervalo de Confiança (2 Desvios Padrões).

Observando os resultados verificamos que o maior intervalo de confiança está na faixa de $\pm 3,6\%$ para o 5º Mês de Garantia. Esse erro pode ser maior se houver uma variação muito grande no tamanho da amostra (Vide seção 3.4.5). Os valores baixos dos Desvios Padrões indicam a possibilidade de efetuar projeções com uma pequena margem de erro.

Vamos agora repetir o mesmo procedimento de análise para os Custos de Garantia. Na TAB. 9 temos os resultados históricos de Custos / Veículo para cada Mês de Produção do Ano-Modelo 1998 acumulados entre 0 e 13 meses de garantia para os veículos pertencentes a amostra.

TABELA 9**TABELA 9: Custo / Veículo Acumulado por Meses de Garantia para o Ano Modelo 1998 (R\$)**

Meses em Garantia	Meses de Produção										
	out/97	nov/97	dez/97	Jan/98	Fev/98	mar/98	abr/98	mai/98	jun/98	jul/98	ago/98
00	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
01	11	13	14	19	17	13	14	8	10	14	8
02	22	27	36	40	36	28	27	25	25	31	19
03	38	46	64	64	60	46	45	44	42	46	33
04	57	69	86	89	80	66	65	62	60	65	48
05	78	94	114	115	106	90	88	82	81	83	62
06	99	118	141	142	131	114	112	103	100	104	81
07	125	145	173	169	165	134	136	122	122	128	102
08	154	168	201	197	193	158	159	143	150	157	120
09	181	199	231	224	216	183	185	168	174	180	143
10	210	238	261	253	240	206	206	194	197	204	164
11	241	278	290	277	263	234	229	217	226	228	183
12	292	318	325	312	297	270	260	248	255	255	205
13	315	343	346	334	317	288	281	277	288	277	230

Dividindo o valor de cada mês de garantia pelo resultado acumulado de 13 meses para todos os Meses de Produção, teremos o resultado da TAB.10 em valores percentuais.

TABELA 10**TABELA 10: % Custos / Veículo Acumulados Relativo a 13 Meses de Garantia para o Ano Modelo 1998**

Meses em Garantia	Meses de Produção										
	out/97	nov/97	dez/97	Jan/98	fev/98	mar/98	abr/98	mai/98	jun/98	jul/98	ago/98
00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
01	3%	4%	4%	6%	5%	4%	5%	3%	4%	5%	3%
02	7%	8%	10%	12%	11%	10%	10%	9%	9%	11%	8%
03	12%	13%	18%	19%	19%	16%	16%	16%	15%	17%	15%
04	18%	20%	25%	27%	25%	23%	23%	23%	21%	23%	21%
05	25%	27%	33%	34%	33%	31%	31%	29%	28%	30%	27%
06	32%	34%	41%	42%	41%	40%	40%	37%	35%	38%	35%
07	40%	42%	50%	50%	52%	47%	48%	44%	43%	46%	44%
08	49%	49%	58%	59%	61%	55%	56%	52%	52%	57%	52%
09	58%	58%	67%	67%	68%	64%	66%	60%	60%	65%	62%
10	67%	69%	75%	76%	76%	71%	73%	70%	69%	74%	71%
11	77%	81%	84%	83%	83%	81%	81%	78%	78%	82%	79%
12	93%	93%	94%	93%	94%	94%	92%	89%	89%	92%	89%
13	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Construindo o GRAF. 10 com os valores da TAB.10 observamos o mesmo comportamento do GRAF.8, ou seja, um padrão de crescimento independente do volume maior ou menor de Custo / Veículo de cada Mês de Produção.

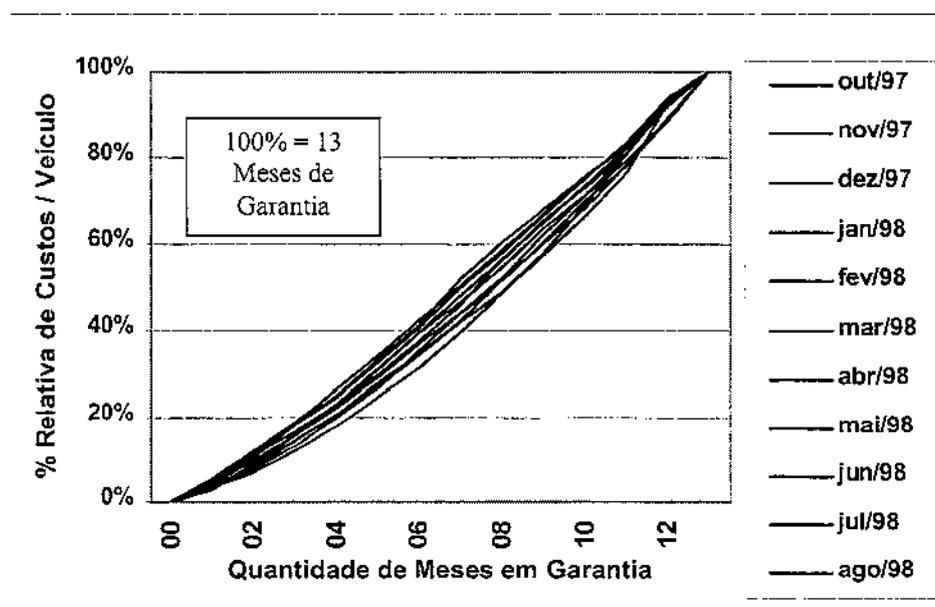


GRÁFICO 10 – % Relativa de Custo / Veículo (acumulado) relacionados com 13 Meses de Garantia para todos os Meses de Produção do Ano-Modelo 1998

Calculando a média e o desvio padrão conforme Costa Neto [5], podemos estimar o intervalo de confiança da % Custo/Veículo para cada Mês de Garantia, conforme mostra a TAB.11.

TABELA 11

TABELA 11: % Custos / Veículo Acumulados por Mês de Garantia para o Ano Modelo 1998: Média e Desvios Padrões

Meses em Garantia	Média Ponderada	Média+2 Desvios	Média - 2 Desvios	Desvio Padrão
00	0,1%	0,3%	-0,2%	0,1%
01	4,2%	6,0%	2,5%	0,9%
02	9,7%	12,9%	6,6%	1,6%
03	16,3%	20,8%	11,7%	2,3%
04	22,9%	27,9%	17,9%	2,5%
05	30,3%	36,3%	24,3%	3,0%
06	38,1%	44,9%	31,4%	3,4%
07	46,3%	54,0%	38,7%	3,8%
08	54,9%	62,9%	46,8%	4,0%
09	63,5%	70,9%	56,2%	3,7%
10	72,1%	78,3%	66,0%	3,1%
11	80,7%	85,2%	76,2%	2,2%
12	91,5%	95,5%	87,5%	2,0%
13	100,0%	100,0%	100,0%	0,0%

Os resultados das Médias e Intervalos de Confiança da % Custo/Veículo podem ser vistos também no GRAF.11.

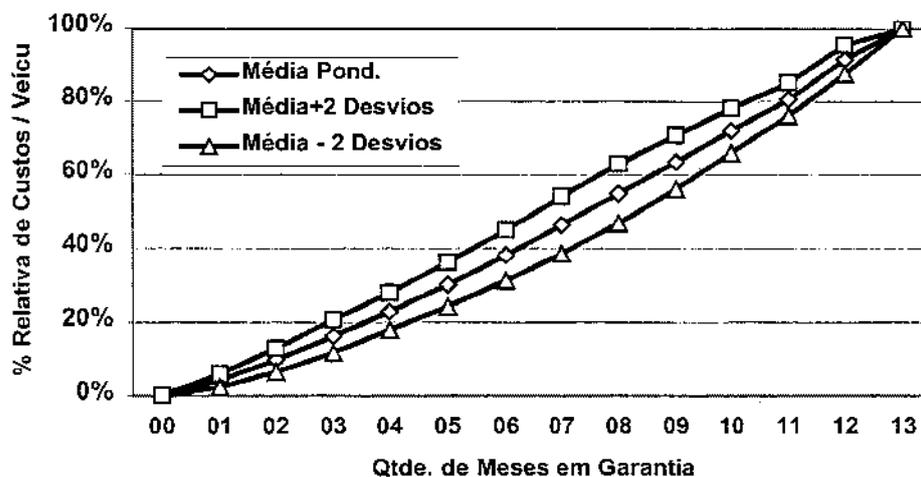


GRÁFICO 11 – % Relativa de Custo/Veículo (acumulado) por Mês de Garantia: Média Ponderada e Intervalo de Confiança (2 Desvios Padrões).

Observando os resultados verificamos que o maior intervalo de confiança está na faixa de $\pm 4,0\%$ para o 8º Mês de Garantia. Estes dados indicam que com os custos também podem ser feitas projeções com base nos resultados dos primeiros meses de garantia, e com uma pequena margem de erro.

3.8. Projeção de Custos de Garantia por Tempo de Uso

Com base nos resultados da seção 3.7 concluímos que projeções podem ser feitas tanto para Reparos/Produto, quanto para Custo/Produto. Estamos mais interessados nas projeções de Custos, tendo em vista definir uma relação entre os Pagamentos Mensais de Garantia e os Custos por Produto.

Precisamos estabelecer, inicialmente, a partir de qual mês de garantia iremos efetuar as projeções, de forma que os erros residuais sejam minimizados. Efetuando análise do índice de correlação de Pearson (vide Costa Neto [5] e Kane [11]) dos resultados acumulados de Custo/Veículo do 5º mês de garantia relacionado com o 13º mês (TAB.9) do Ano-Modelo 1998, temos o resultado apresentado no GRAF.12.

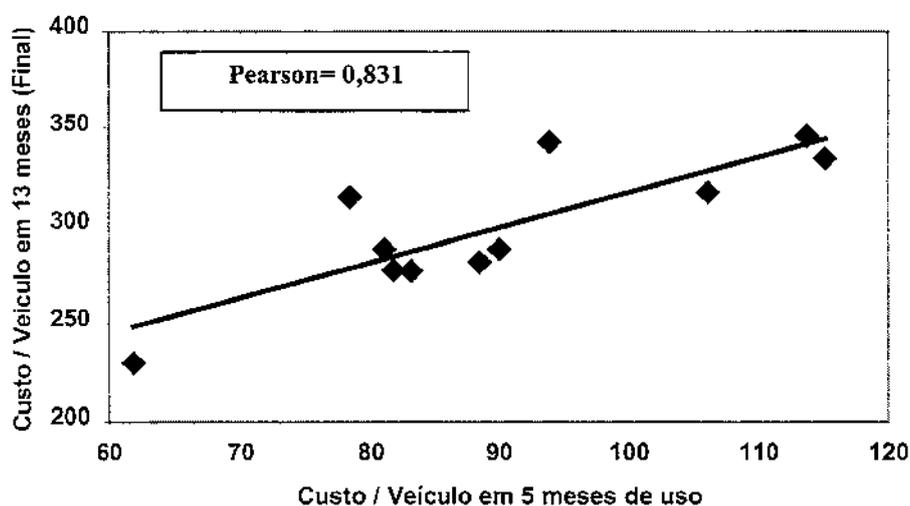


GRÁFICO 12 – Correlação entre os Custos / Veículo do 5º e do 13º Mês de Garantia para vários Meses de Produção do Ano Modelo 1998 (Fonte: TAB.9).

Notamos que o índice de correlação de Pearson é relativamente alto, indicando a existência de correlação entre os resultados. O GRAF.12 mostra também uma reta média de regressão obtida através do Método dos Mínimos Quadrados, conforme Costa Neto[5] e Kane[11].

Repetindo a metodologia utilizada anteriormente para todos os meses de garantia (1º ao 13º) do Ano-Modelo 1998, teremos o resultado que está demonstrado no GRAF.13.

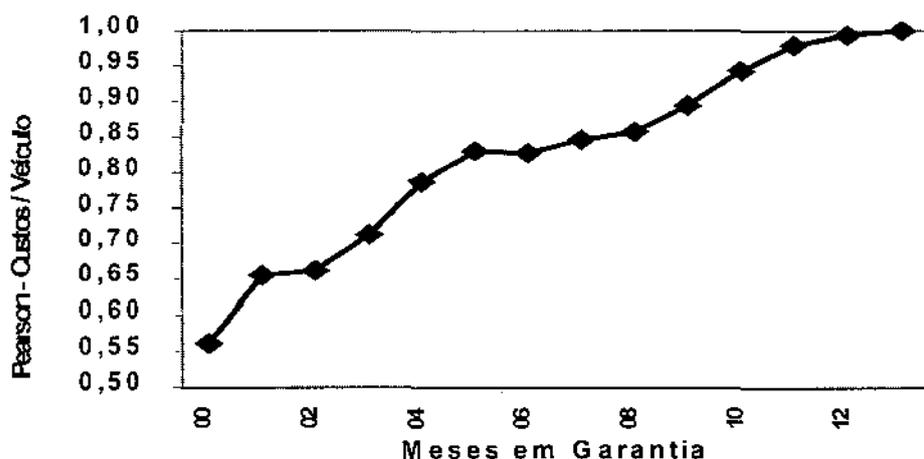


GRÁFICO 13 – Índice de Correlação de Pearson de Custo/Veículo do 1º ao 13º Mês de Garantia relacionados com o valor total da garantia (13º mês) - Fonte: TAB.9

Nota-se que o índice de correlação aumenta com a quantidade de meses em garantia. Isto indica que o grau de paralelismo entre as curvas de Custo/Veículo é maior quanto maior a quantidade de meses de garantia.

Para determinar à partir de qual mês de garantia deveríamos efetuar projeções, foi efetuada a seguinte simulação:

- Primeiro calculamos a % Relativa de Custo/Produto (Média Ponderada) com base nos resultados dos primeiros 6 meses de produção do Ano-Modelo 1998 (Out/1997 a Mar/1998) para definir a curva de projeção.
- Utilizando como referência os resultados do Mês de Abril/1998, efetuamos projeções a partir dos resultados do 1º, 3º, 4º e 5º mês de garantia.

O resultado está no GRAF.14, que indica uma pequena diferença entre os valores reais e as projeções efetuadas a partir do 3º mês (3%), e uma diferença maior para a projeção do 1º mês (12%).

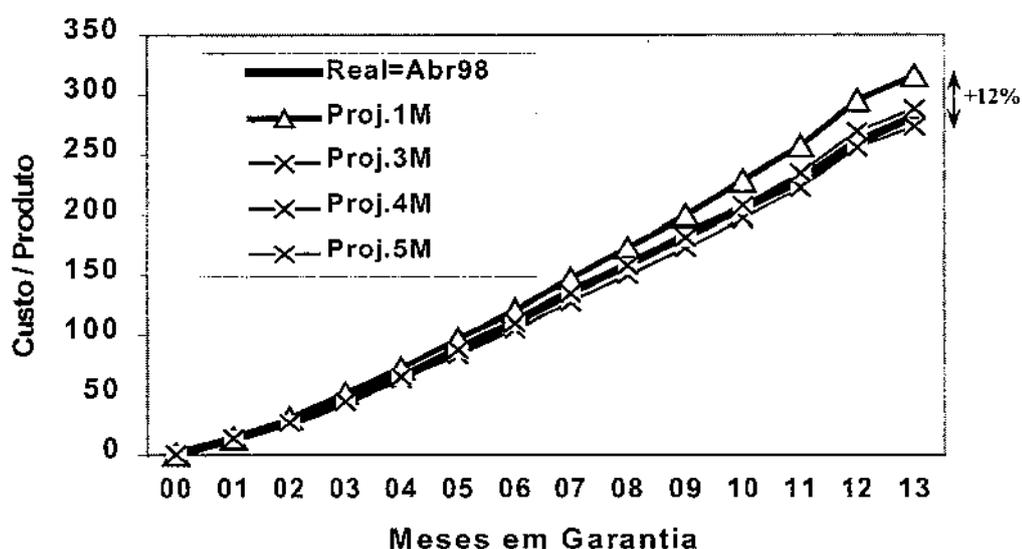


GRÁFICO 14 – Projeções dos Custos/Veículo do Mês de Abril/1998 efetuados a partir dos resultados do 1º, 3º, 4º e do 5º Mês de Garantia, comparados com o valor real.

Como a diferença da projeção efetuada a partir do 1º Mês foi alta, e não houve uma diferença significativa entre o 3º, 4º e o 5º Mês de Garantia, decidiu-se que as projeções serão efetuadas a partir do 3º mês para prosseguimento do trabalho.

3.9. Projeção de Reparos de Garantia por Tempo de Uso

Projeções de Reparos por Produto com base nos primeiros meses de uso são utilizadas para a avaliação da performance de um produto no campo. Essa performance permite avaliar a qualidade de um novo projeto quando comparado com um produto anterior (comparação entre Anos-Modelos).

Utilizando também a análise de correlação feita na seção anterior temos o resultado no GRAF.15 para Reparos / 1000 Veículos. Podemos observar que a correlação já é bastante alta a partir do 1º mês de uso, enquanto que para os custos isto ocorreu a partir do 3º mês. Essa diferença é proveniente de outros fatores envolvidos com os custos já discutidos na seção 3.4.4. Em resumo, podemos efetuar projeções de reparos a partir dos resultados dos primeiros meses no campo.

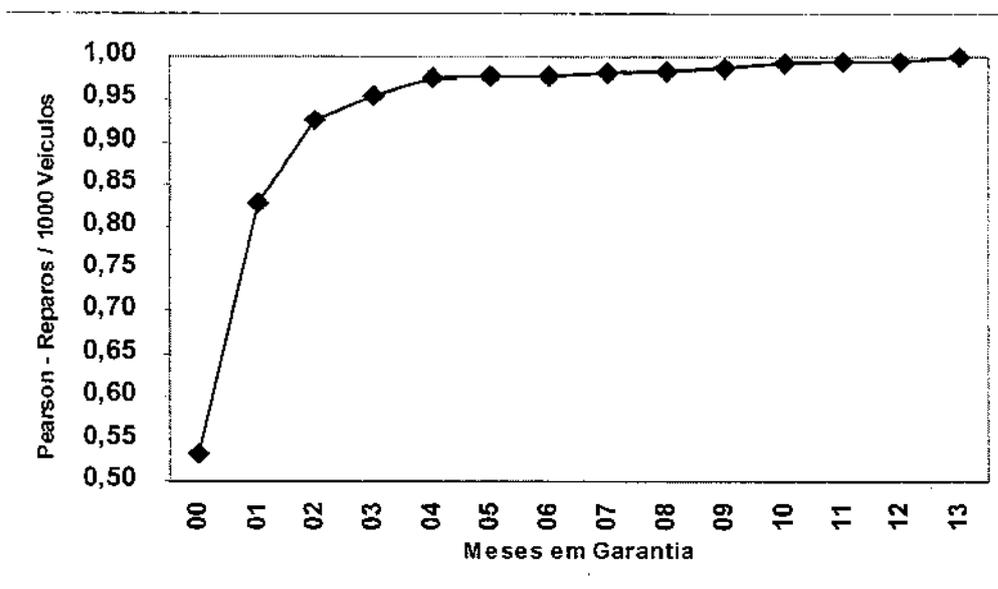


GRÁFICO 15 – Índice de Correlação de Pearson de Reparos / 1000 Veículos do 1º ao 13º Mês de Garantia relacionados com o valor total da garantia (13º mês) - Fonte: TAB.6

É importante salientar que as curvas dos GRAF.9 e 11 são influenciadas por fatores culturais, e por tipo de utilização do produto. Como podemos observar na TAB. 8, para 6

meses de uso houve uma variação entre 33,9% e 47,9% do volume total de reparos. Podemos dizer que, em alguns casos, apenas 1/3 dos reparos ocorreram até a metade do período de garantia, restando os demais 2/3 para o período final. Isto vai de encontro a cultura do brasileiro em conviver com alguns pequenos defeitos e deixar os reparos para serem efetuados no final da garantia. Esse comportamento já não ocorre em países do primeiro mundo onde, para 6 meses de uso, basicamente 50% dos reparos foram efetuadas, talvez pelo fato das legislações serem mais severas. Um fato observado no Brasil é que, para veículos utilitários, utilizados basicamente por empresas para entrega de produtos, a curva de projeção se aproxima de 50% dos reparos para 6 meses de uso.

Para estar atento a essas possíveis mudanças de comportamento, essas curvas de projeção podem ser automaticamente atualizadas através da média histórica dos últimos 6 meses que tiveram o período de garantia concluído.

3.10. Comparativo entre Anos-Modelos

3.10.1. Cálculo da Média de Reparos/Produto e Custos/Produto para um Ano-Modelo

Para efetuar o cálculo de média de Reparos e Custos por Produto para o Ano-Modelo 1998, podemos utilizar o resultados das TAB. 6 e 9. A média, neste caso, deve ser calculada ponderando os valores mensais com o tamanho de amostra para cada Mês de Produção, e acumulando pela quantidade de Meses em Garantia.

Para Anos-Modelos que já encerraram o período de garantia, não há grandes mistérios para o cálculo final. O problema ocorre em relação a Anos-Modelos com resultados preliminares de Reparos e Custos por Produto.

TABELA 12

TABELA 12: Reparos / 1000 Veículos acumulados relacionados aos Meses de Produção e à Quantidade de Meses em Garantia – Ano-Modelo 2000

Mês de Garantia	Média Ano Modelo 2000	Meses de Produção									
		ago/99	set/99	Out/99	nov/99	dez/99	jan/00	fev/00	mar/00	abr/00	
00	16,5	23,1	25,1	33,3	19,4	33,3	10,2	11,0	12,1	6,5	
01	186,4	206,2	180,8	168,6	144,0	238,3	201,5	189,6	178,9		
02	335,0	363,2	354,0	251,0	286,7	413,3	346,3	333,6			
03	567,7	564,5	573,0	441,2	504,2	698,3	622,1				
04	808,7	799,6	825,7	651,0	761,8	938,3					
05	1103,8	1100,2	1118,7	882,4	1097,0						
06	1406,4	1426,8	1376,9	1215,7							
07	1692,7	1712,9	1663,4								
08	1988,4	2008,7									
Amostra		1038	918	510	722	600	1077	1187	1487	1547	
Amost. Acum.		1038	1956	2466	3188	3788	4865	6052	7539	9086	

Na TAB.12 temos os resultados de Reparos/1000 Produtos para o Ano-Modelo 2000. Nesta tabela os resultados estão acumulados de 0 até 8 Meses de Garantia. A primeira idéia que surge é efetuar o cálculo da média ponderada dos valores acumulados por Meses em Garantia. Dessa forma, para o 1º Mês de Garantia utilizaríamos os resultados dos veículos produzidos entre Agosto/1999 e Março/2000 e, para o 8º Mês, o resultado de Agosto/1999. Esta metodologia de cálculo é **incorreta**. Se tivéssemos um grande aumento no volume de Reparos/1000 Veículos no Mês de Setembro/1999, a média do 7º Mês de Garantia poderia ser superior ao do 8º Mês, que utiliza somente o resultado acumulado de Agosto/1999.

Para evitar esse erro devemos primeiro calcular os valores individuais de Reparos por Data de Produção e por Mês de Garantia (não acumulados) e, com esses valores, efetuar o cálculo da média ponderada conforme Manual Técnico de Garantia [12] ilustrado na Fig.11. O resultado obtido pode ser acumulado para obtenção da média

acumulada de Reparos/1000 veículos por Mês de Garantia do Ano-Modelo (TAB.12, 2ª coluna).

Média Não Acumulada	
$X_{00} =$	$\frac{(23,1 \times 1038) + \dots + (6,5 \times 1547)}{(1038 + \dots + 1547)}$
$X_{01} =$	$\frac{(206,2 - 23,1) \times 1038 + \dots + (178,9 - 12,1) \times 1487}{(1038 + \dots + 1487)}$
$X_{07} =$	$\frac{(17012,9 - 1426,8) \times 1038 + (1663,4 - 1376,9) \times 1956}{(1038 + 1956)}$
$X_{08} =$	$\frac{(2008,7 - 1712,9) \times 1038}{1038}$
Média Acumulada	
	00 = X_{00}
	01 = $X_{00} + X_{01}$
	...
	08 = $X_{00} + X_{01} + \dots + X_{07} + X_{08}$

FIGURA 11: Método de Cálculo da Média Acumulada de Reparos / 1000 Veículos para o Ano-Modelo 2000 (2ª Coluna da TAB.12)

A vantagem desta metodologia de cálculo é a utilização de todas as informações disponíveis. Se já ocorrer uma redução no volume de reparos ou custos por veículo logo após os primeiros meses de produção, esse resultado já estará sendo contabilizado na média do Ano-Modelo.

Esta mesma metodologia de cálculo também se aplica aos dados de Custo por Produto em garantia.

3.10.2. Comparativo entre Anos-Modelos

Utilizando o método de cálculo apresentado na seção anterior para vários Anos-Modelo de produção, podemos efetuar comparativos entre eles.

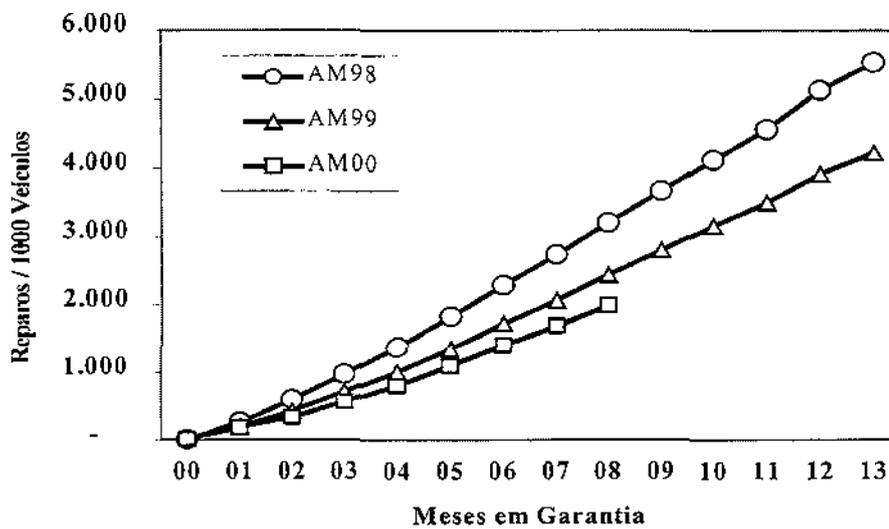


GRÁFICO 16 – Comparativo da Média Acumulada de Reparos / 1000 Veículos para os Anos-Modelos 1998, 1999 e 2000.

Nos GRAF.16 e 17 podemos observar os resultados da média dos Reparos/1000 Veículos e do Custo/Veículo dos Anos-Modelos 1998, 1999 e 2000. Ambos os Gráficos indicam que o veículo vem melhorando de ano para ano.

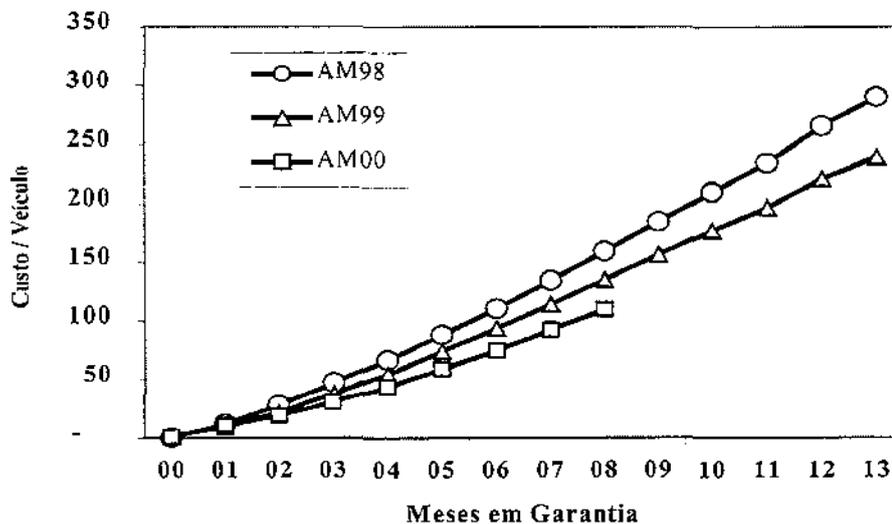


GRÁFICO 17 – Comparativo da Média Acumulada de Custo / Veículo para os Anos-Modelos 1998, 1999 e 2000.

Um fato interessante a ser observado nesse modelo de cálculo é que a diferença entre o sétimo e o oitavo mês de garantia, nas curvas de Reparos e Custos do Ano-Modelo 2000, utiliza apenas o resultado do mês de Agosto/1999, enquanto as diferenças entre os primeiros meses utilizam valores correspondentes à média de vários meses de produção.

Como no início de produção de um novo Ano-Modelo os volumes produzidos nos primeiros meses são normalmente baixos, os resultados de Reparos e Custos por Veículo podem oscilar mais em relação aos valores padrões (vide Seção 3.4.5), produzindo efeitos de oscilação também no último ponto da média do Ano-Modelo.

3.10.3. Comparativo entre Anos-Modelos com Projeção

Além do problema de possível oscilação do último ponto da curva de média de Reparos e Custos por veículo para um Ano-Modelo apresentado no final da seção anterior, outro problema pode ocorrer nessa metodologia de cálculo.

Se, para um determinado Ano-Modelo, a quantidade de Reparos e Custos por veículo for maior nos primeiros meses de produção e diminuir nos meses posteriores, no final da produção desse Ano-Modelo estaremos enxergando os primeiros resultados de 12 Meses de Garantia, que terá um valor médio acumulado de reparos e custos superestimado em relação ao resultado final previsto (o resultado final estará disponível provavelmente um ano após o término de produção do Ano-Modelo).

Esse problema pode ser atenuado se, em conjunto com os dados preliminares, forem efetuadas projeções de Reparos e Custos por veículo para os Meses de Garantias subsequentes. A análise de projeção já foi efetuada nas Seções 3.8 e 3.9 para Custos e Reparos e, conforme resultado da análise, as projeções podem ser feitas a partir de 3 Meses em Garantia com uma pequena margem de erro.

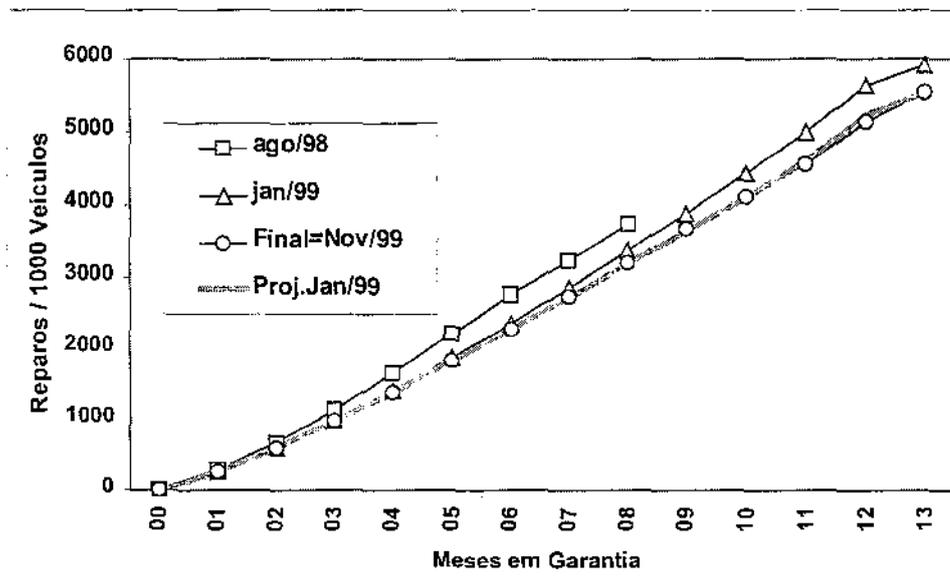


GRÁFICO 18 – Média Acumulada de Reparos / 1000 Veículos para o Ano-Modelo 1998 efetuados em diferentes datas de pagamento (Ago/98, Jan/99, Nov/99).

Observando os resultados do Ano-Modelo 1998 apresentados no GRAF.18, temos as médias de Reparos / 1000 Veículos calculadas em Agosto/1998, Janeiro/1999 e o resultado final em Novembro/1999 (Produção entre Outubro/1997 e Agosto/1998). Pode-se notar que os primeiros cálculos tendem a deslocar a média para cima devido ao maior número de reparos por veículo nos primeiros meses de produção. Em Janeiro/1999 a estimativa de Reparos / 1000 Veículos é aproximadamente 7% maior em relação ao resultado final de Novembro/1999.

No entanto, se efetuássemos o cálculo em Janeiro/1999 com projeção teríamos, 10 meses antes do resultado final, um resultado muito próximo do real. A projeção foi feita tomando como base a Média Acumulada do Ano-Modelo 1998 calculada em Janeiro/1999 (Modelo de Cálculo conforme seção 3.10.1). O resultado indicou uma diferença de estimativa da ordem de 0,1% em relação ao resultado final.

Utilizando a projeção de Reparos / 1000 Veículos para o Ano-Modelo 2000 (Base de projeção: Ano-Modelo 1999), teremos os resultados da TAB.13.

TABELA 13

TABELA 13: Reparos / 1000 Veículos acumulados por Mês de Produção e por Mês de Garantia, com Projeções efetuadas a partir de 3 Meses de Garantia (Base de Projeção: Ano-Modelo 1999)

Mês de Garantia	Meses de Produção									Ano Mod. 1999
	ago/99	set/99	out/99	nov/99	dez/99	jan/00	fev/00	mar/00	abr/00	
00	23,1	25,1	33,3	19,4	33,3	10,2	11,0	12,1	6,5	1%
01	206,2	180,8	168,6	144,0	238,3	201,5	189,6	178,9		5%
02	363,2	354,0	251,0	286,7	413,3	346,3	333,6			10%
03	564,5	573,0	441,2	504,2	698,3	622,1				17%
04	799,6	825,7	651,0	761,8	938,3	<u>875,9</u>				24%
05	1100,2	1118,7	882,4	1097,0	<u>1259,5</u>	<u>1175,8</u>				32%
06	1426,8	1376,9	1215,7	<u>1395,8</u>	<u>1602,7</u>	<u>1496,1</u>				41%
07	1712,9	1663,4	<u>1459,2</u>	<u>1675,5</u>	<u>1923,7</u>	<u>1795,8</u>				49%
08	2008,7	<u>1964,0</u>	<u>1722,9</u>	<u>1978,2</u>	<u>2271,3</u>	<u>2120,3</u>				58%
09	<u>2306,6</u>	<u>2255,3</u>	<u>1978,4</u>	<u>2271,6</u>	<u>2608,2</u>	<u>2434,8</u>				66%
10	<u>2600,1</u>	<u>2542,2</u>	<u>2230,2</u>	<u>2560,6</u>	<u>2940,0</u>	<u>2744,6</u>				75%
11	<u>2880,0</u>	<u>2815,9</u>	<u>2470,2</u>	<u>2836,3</u>	<u>3256,5</u>	<u>3040,0</u>				83%
12	<u>3229,1</u>	<u>3157,2</u>	<u>2769,7</u>	<u>3180,1</u>	<u>3651,2</u>	<u>3408,5</u>				93%
13	<u>3480,1</u>	<u>3402,6</u>	<u>2984,9</u>	<u>3427,2</u>	<u>3935,0</u>	<u>3673,4</u>				100%
Amostra	1038	918	510	722	600	1077	1187	1487	1547	
Amostra Acum.	1038	1956	2466	3188	3788	4865	6052	7539	9086	

A partir desses resultados podemos obter o volume de reparos multiplicando os valores de Reparos / 1000 veículos, NÃO acumulados, pelos respectivos tamanhos de amostra para cada mês de produção. Somando os volumes de reparos dos diversos meses de produção, e dividindo pela soma das amostras, teremos os resultados, NÃO acumulados, de Reparos / 1000 veículos para cada mês de garantia (vide TAB.14).

TABELA 14

TABELA 14: Volume Total de Reparos e Média Acum. de Reparos / 1000 Veículos do Ano-Modelo 2000 com Projeções efetuadas a partir de 3 Meses de Garantia (Curva Projeção: AM-1999)

Mês de Gar.	Média Acum. de Ano-Modelo 2000 c/ Proj. R/1000	Meses de Produção									Total
		ago/99	set/99	out/99	nov/99	dez/99	jan/00	fev/00	mar/00	abr/00	
		Volume total de reparos (x 1000) por Mês de Garantia (não acumulado)									
00	16,5	23978	23042	16983	14007	19980	10985	13057	17993	10056	150.080
01	186,4	190058	142933	69003	89961	123000	206030	211998	248032		1.281.015
02	335,0	162966	158998	42024	103029	105000	155950	170928			898.895
03	567,7	208949	201042	97002	157035	171000	297037				1.132.065
04	811,5	244034	231979	106998	185987	144000	273355				1.186.353
05	1110,9	312023	268974	118014	242014	192744	322971				1.456.741
06	1421,9	339011	237028	169983	215764	205873	344971				1.512.630
07	1709,9	296972	263007	124203	201888	192632	322784				1.401.486
08	2017,0	307040	275910	134469	218575	208555	349464				1.494.013
09	2317,1	309254	267410	130327	211841	202130	338699				1.459.661
10	2612,6	304639	263419	128382	208680	199113	333643				1.437.875
11	2894,5	290535	251223	122438	199019	189895	318197				1.371.307
12	3246,0	362335	313309	152696	248202	236824	396833				1.710.200
13	3498,8	260533	225281	109794	178467	170285	285338				1.229.698
Amostra		1038	918	510	722	600	1077	1187	1487	1547	
Amost. Acum.		1038	1956	2466	3188	3788	4865	6052	7539	9086	

Nota: A média do Ano-Modelo é obtida através da divisão do Total de Reparos pela quantidade de amostra acumulada (9086 para 0 meses, 7539 para 1 mês, 6052 para 2 meses e 4865 entre 3 e 13 meses de garantia). O resultado é acumulado por meses de garantia.

Nota: O volume total de reparos é obtido pelo multiplicação dos Reparos / 1000 veículos da TAB.13 (não acumulado) pelo tamanho da amostra.

Acumulando esses resultados teremos a projeção de Reparos / 1000 Veículos mostrada no GRAF.19.

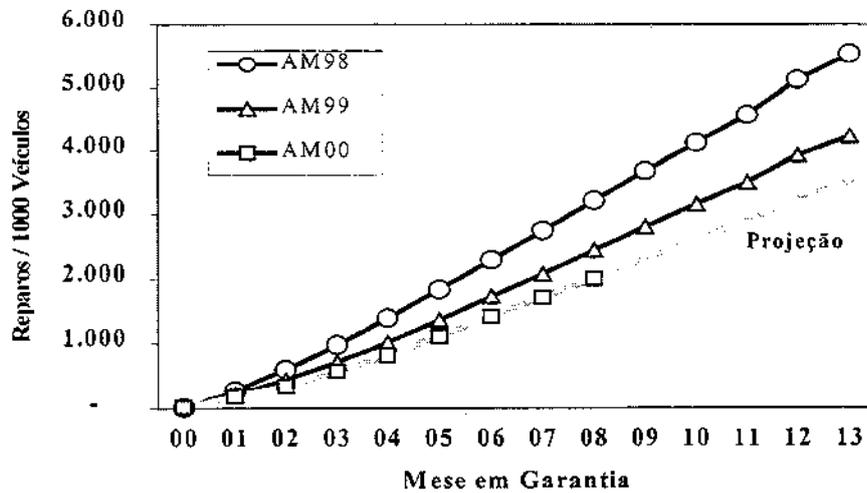


GRÁFICO 19 – Comparativo da Média Acumulada de Reparos / 1000 Veículos para os Anos-Modelos 1998, 1999 e 2000 com Projeção.

A projeção também pode ser observada através das linhas claras mostradas no GRAF.20 a seguir (esse gráfico é o complemento do GRAF.4 com projeções).

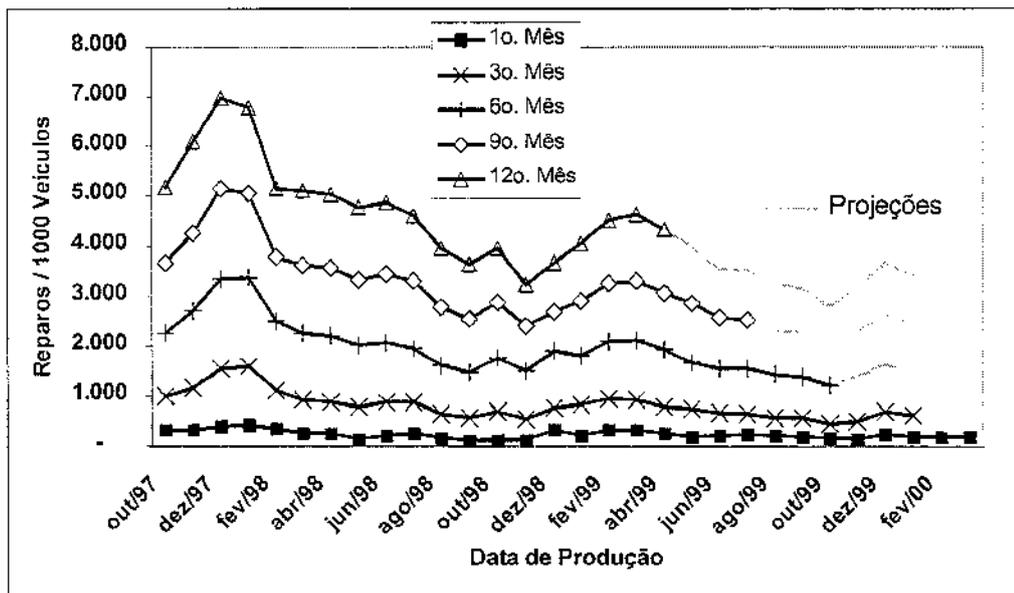


GRÁFICO 20 – No. de Reparos / 1000 Veículos relacionados com a Data de Produção e acumulados com a Quantidade de Meses em Garantia para os Anos-Modelos 1998/1999/2000 com Projeções.

O mesmo procedimento foi adotado para os Custos / Veículo e pode ser observado no GRAF.21.

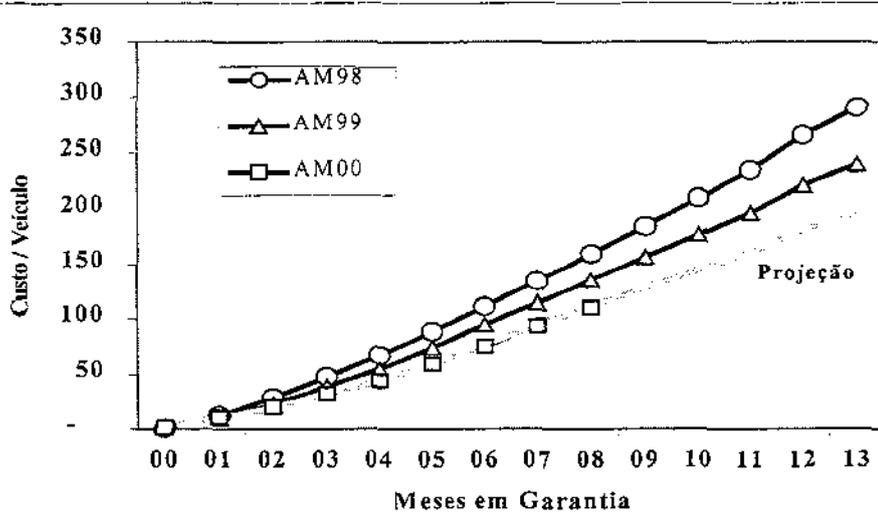


GRÁFICO 21 – Comparativo da Média Acumulada de Custo / Veículo para os Anos-Modelos 1998, 1999 e 2000 com Projeção.

Também podemos observar as projeções de Custo/Veículo no GRÁF.22, que complementa o GRÁF.5 com projeções.

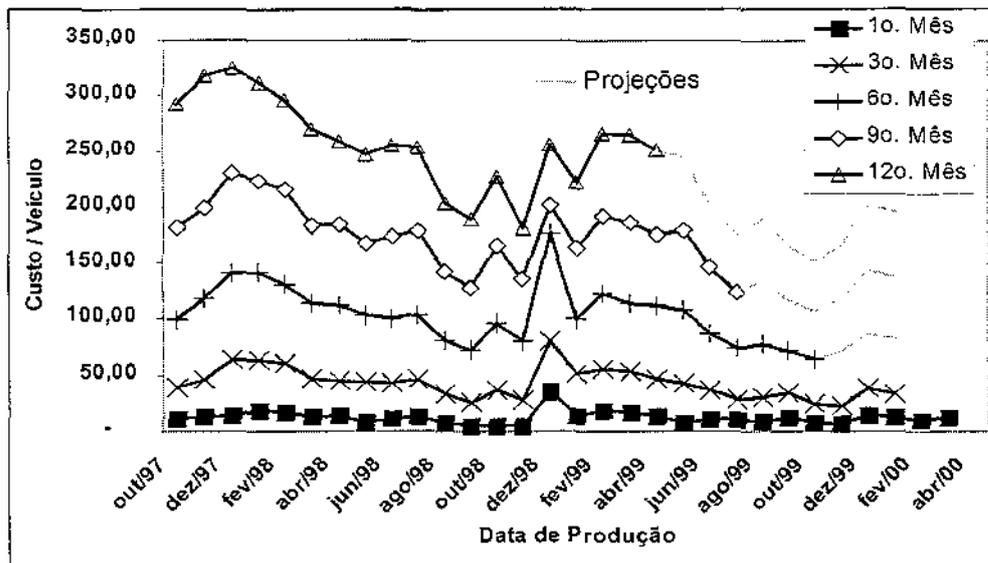


GRÁFICO 22 – Custo / Veículo (R\$) relacionado com a Data de Produção e acumulado com a Quantidade de Meses em Garantia para os Anos-Modelos 1998/1999/2000 com Projeções.

3.11. Relação entre Gastos em Garantia e Venda do Produto

Conforme procedimento adotado não apenas pelas montadoras, mas por qualquer empresa que comercializa um produto, a garantia começa a partir da venda do produto ao cliente. No caso de automóveis, existem dois tipos de vendas, conforme Manual Técnico de Garantia [12]:

- **Venda por atacado efetuada para as concessionárias.**

- **Venda a varejo efetuada pela concessionária com o cliente final.**

Reparos que ocorrem devido a algum problema encontrado pela concessionária antes da entrega ao cliente são, normalmente, contabilizados em uma conta chamada revisão de entrega. Esta conta pode entrar ou não na garantia, dependendo do procedimento da montadora.

A conta tradicional de garantia passa a ser contabilizada a partir da venda a varejo. Dessa forma, precisamos efetuar um estudo da distribuição de vendas de um produto relacionado ao mês de produção.

Conforme observado nos GRAF.5 e 22, os produtos relacionados a um mês de produção têm um custo médio específico de garantia. Esse custo varia mês a mês devido a possíveis variações no processo que podem ter ocorrido tanto de forma desfavorável (um lote defeituoso, uma mudança no processo ou um novo produto com falhas de projeto), quanto favorável (uma melhoria no processo, uma melhoria no produto, o lançamento de um novo produto, etc).

Sabendo o valor médio de gastos para um determinado mês de produção, a definição de quando esse dinheiro será gasto vai depender exclusivamente da venda ao cliente. Quanto mais tarde o produto for vendido, mais tarde serão efetuados os gastos.

Analisando as vendas do Ano-Modelo 1998 para os diversos meses de produção, obtivemos o resultado observado na TAB. 15. Conforme podemos notar, a maioria dos produtos são vendidos nos primeiros 3 a 4 meses após a produção. Mas existem produtos que são vendidos também um ano após a data de fabricação.

TABELA 15

TABELA 15: Volume de Vendas relacionados com o Mês de Produção para o Ano-Modelo 1998

Meses De Venda	Meses de Produção										
	out/97	nov/97	dez/97	Jan/98	Fev/98	mar/98	abr/98	mai/98	jun/98	jul/98	ago/98
Out/97	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nov/97	291	332	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dez/97	130	472	1002	0	0	0	0	0	0	0	0
Jan/98	72	181	725	1421	0	0	0	0	0	0	0
Fev/98	23	78	164	931	1226	0	0	0	0	0	0
Mar/98	15	43	186	191	1379	1663	0	0	0	0	0
Abr/98	4	5	16	71	227	1506	1153	0	0	0	0
Mai/98	0	2	10	35	108	422	1766	2727	0	0	0
Jun/98	1	0	8	30	61	153	352	1214	2639	0	0
Jul/98	0	2	4	9	35	80	213	292	739	2404	0
Ago/98	0	0	1	5	5	14	20	20	39	490	2684
Set/98	0	0	0	0	3	4	2	1	0	25	459
Out/98	0	0	0	0	1	4	1	0	0	3	19
Nov/98	0	0	0	2	0	4	0	0	1	1	5
Dez/98	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
Jan/99	0	0	1	3	2	9	14	18	19	28	98
Fev/99	0	0	0	2	4	20	24	16	15	23	44
Mar/99	0	0	1	5	1	4	9	5	2	6	40
Abr/99	0	0	0	8	5	5	7	29	15	5	23
Mai/99	0	0	0	3	1	6	9	6	4	5	22
Jun/99	0	0	3	10	7	6	6	10	3	7	11
Jul/99	1	1	4	13	30	38	30	48	34	35	44
Ago/99	0	0	0	1	3	1	5	2	3	1	4
Faltam	16	19	31	9	20	28	20	10	4	0	1
TOTAL	566	1135	2156	2749	3119	3968	3631	4398	3517	3033	3455

Transformando os resultados de vendas em porcentagem do volume de produção, para os vários meses de produção do Ano-Modelo 1998, temos o resultado do GRAF.23. Notamos que existem variações nas vendas entre os meses de produção, o que depende muito do comportamento do mercado (demanda). Mas a curva média acumulada indica que 95% foi vendido até 3 meses após a produção.

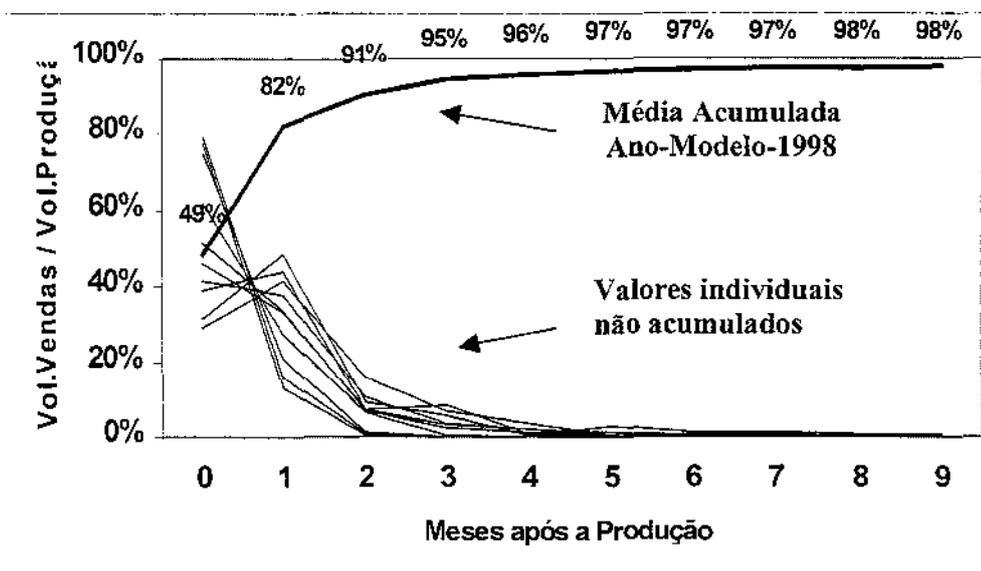


GRÁFICO 23 – Volume de Vendas/Volume de Produção relacionado com a quantidade de Meses após a Produção, para diversos meses do Ano-Modelo 1998.

Ao observarmos o GRAF.24, que contém os dados do Ano-Modelo 1999, notamos uma queda na demanda do produto onde o índice caiu de 95% para 86% das vendas até 3 meses após a produção. Isto indica que os gastos efetuados em garantia tiveram comportamento diferenciado para os dois Anos-Modelos (mais concentrado no Ano-Modelo 1998 e mais disperso para o Ano-Modelo 1999).

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

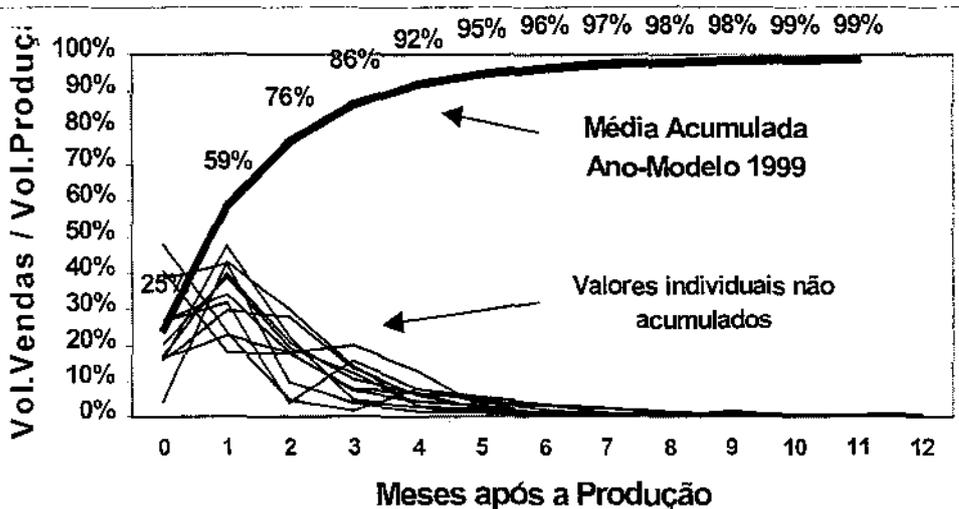


GRÁFICO 24 – Volume de Vendas/Volume de Produção relacionado com a quantidade de Meses após a Produção, para diversos meses do Ano-Modelo 1999.

3.12. Modelo de Correlação entre Mês de Produção e Mês de Pagamento

3.12.1. Pagamentos relacionados a 1 mês de produção

Na TAB. 9 temos os pagamentos acumulados efetuados em garantia por Mês de Produção relacionados aos Meses em Garantia. Tomando, como exemplo, o mês de Novembro de 1997, dos 1135 veículos produzidos, 929 foram utilizados como amostra (vide TAB.3) para o cálculo do custo médio por veículo, dando o resultado acumulado de R\$343 por veículo.

Se quisermos saber quanto esses veículos gastaram em média no 6º mês de garantia, teremos que subtrair o resultado acumulado do 6º e do 5º mês.

$$6^\circ \text{ Mês} = \text{R}\$118$$

$$5^\circ \text{ Mês} = \text{R}\$ 94$$

=====

$$\text{Gasto} = \text{R}\$ 24$$

Na TAB.16 temos os resultados dos gastos individuais por Mês de Produção e por Meses em Garantia extraído da TAB. 9.

TABELA 16

TABELA 16: Custo / Veículo NÃO acumulado por Mês de Garantia para o Ano Modelo 1998 (R\$) (extraído da TAB.9)

Meses em Garantia	Meses de Produção										
	out-97	Nov-97	dez-97	jan-98	Fev-98	mar-98	abr-98	mai-98	jun-98	jul-98	ago-98
00	0,04	1,29	0,27	0,39	0,67	0,59	0,42	0,00	0,01	0,00	0,00
01	10,80	11,84	14,03	18,12	16,47	12,18	13,67	8,00	10,42	13,54	7,81
02	11,31	13,74	21,50	21,91	18,89	15,15	13,30	16,89	14,74	17,05	10,91
03	16,07	18,63	28,13	23,44	24,43	18,28	17,29	19,17	17,06	15,83	14,67
04	18,79	23,81	22,45	25,49	19,59	19,97	20,60	18,37	17,99	18,37	14,45
05	21,37	24,55	27,36	25,81	26,04	23,87	23,20	19,31	20,79	18,30	14,07
06	21,02	24,34	27,13	26,99	24,92	24,10	23,24	21,32	19,13	21,19	19,51
07	25,96	26,42	32,02	26,43	33,88	20,04	23,94	19,22	22,25	23,46	20,49
08	28,50	23,29	27,98	28,37	27,65	23,53	23,32	20,87	27,35	29,49	18,27
09	27,49	31,01	29,82	27,04	23,47	25,68	25,61	24,55	23,87	22,59	23,05
10	28,55	38,73	29,88	29,03	24,44	22,14	21,41	26,78	23,80	24,22	20,81
11	31,45	40,29	28,98	23,89	22,11	28,21	22,53	22,44	28,32	24,19	18,67
12	50,95	40,48	35,45	34,92	34,21	36,60	31,05	30,81	29,65	27,01	21,91
13	22,55	24,48	21,01	22,66	20,58	17,57	21,83	29,63	32,57	21,71	25,41

Efetuando o cruzamento da TAB.15 (Distribuição de Vendas) com a TAB.16 (Gastos por Mês de Produção e por Mês de Garantia) podemos efetuar a estimativa dos custos em garantia por Mês de Pagamento relacionados a um determinado Mês de produção. O resultado pode ser visto na TAB. 21 (Anexo A) para o Mês de Produção de Outubro de 1997 com vendas efetuadas até Junho de 1998.

Para obter a primeira linha da TAB.21 referente às vendas de Outubro de 1997, multiplicamos a quantidade de veículos vendidos (13 na TAB.15) pela primeira coluna da TAB.16. Para obter a segunda linha, multiplicamos essa mesma coluna por 291 veículos (TAB.15: veículos produzidos em Out/97 e vendidos em Nov/97). Enquanto a primeira linha da TAB.21 começa com os pagamentos em Outubro/1997

e termina em Novembro/1998, a segunda começa em Novembro/1997 e termina em Dezembro/1998.

Podemos notar na TAB.21 que, para os veículos produzidos em Outubro/1997 e vendidos até Junho/1998, foram efetuados pagamentos em garantia entre Outubro/1997 e Julho/1999.

3.12.2. Pagamentos relacionados a um Ano-Modelo

Na seção anterior verificamos como os gastos relativos aos veículos produzidos em um determinado mês de fabricação (Out/97) seriam efetuados. Na TAB.22 (Anexo A) repetiu-se o mesmo procedimento para os veículos produzidos em Novembro/1997. Podemos observar que o procedimento de cálculo não se altera. Foi utilizada a 2ª coluna da TAB.16 combinada com a 2ª coluna da TAB.15, e os gastos ficaram defasados um mês em relação à TAB.21.

Se somarmos os gastos efetuados, por exemplo, na coluna Agosto/98 das TAB. 21 e 22, estaremos obtendo uma estimativa dos pagamentos efetuados nesse mês. Observamos que, nesses gastos, estão incluídos veículos produzidos em diferentes períodos de produção, e dentro de cada mês de produção com diferentes meses em garantia devido às diferentes datas de venda.

Em resumo, os gastos relativos a um Ano-Modelo podem ser estimados se o procedimento adotado nas TAB.21 e 22 for utilizado para todos os meses de produção pertencentes a um Ano-Modelo. A Fig.12 mostra um esquema relativo ao pagamento de um Ano-Modelo.

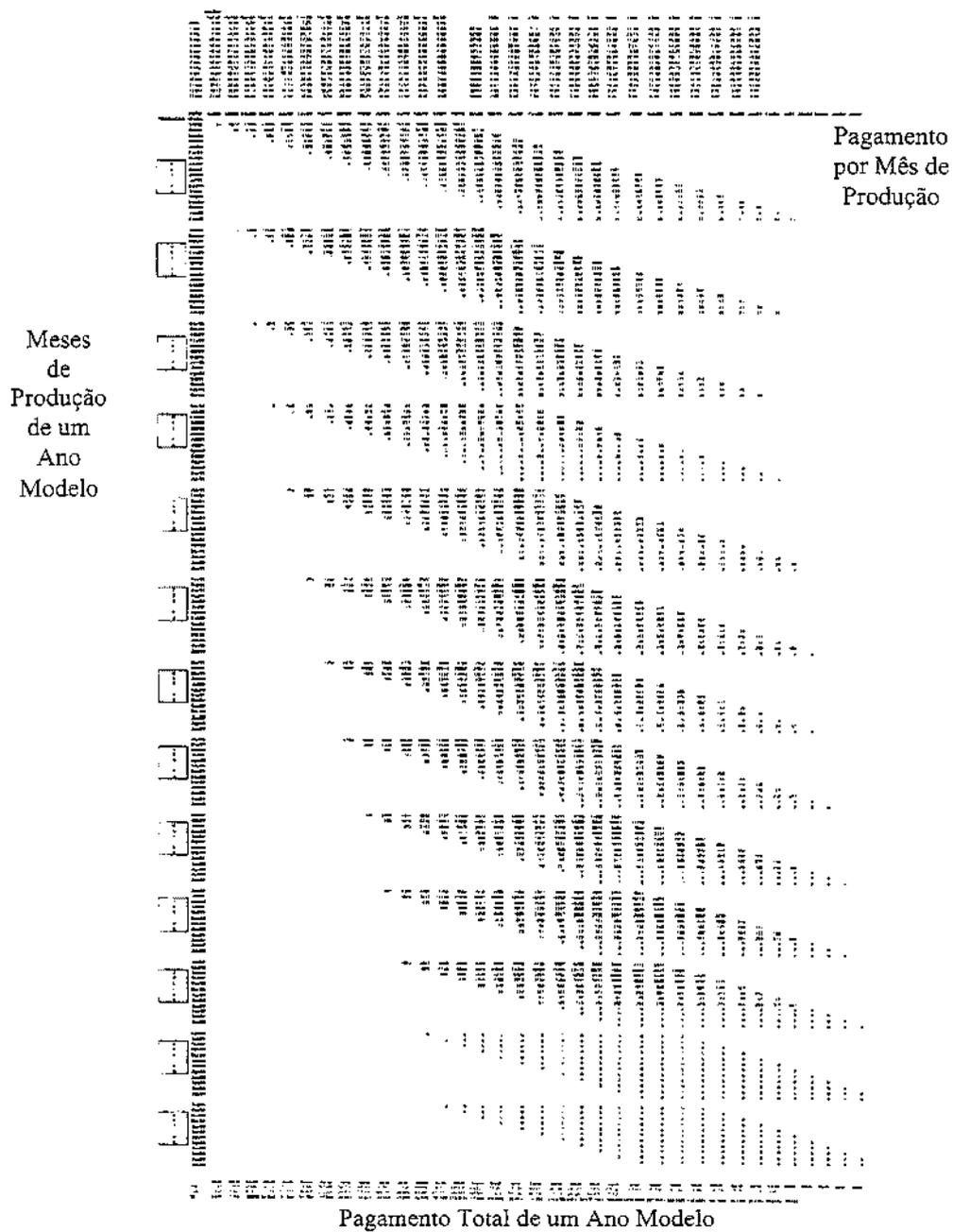


FIGURA 12: Modelo esquemático dos pagamentos efetuados para um Mês de Produção e para todo o Ano-Modelo.

No GRAF.25 podemos ver o resultado final do modelo proposto para todo o Ano-Modelo de 1998 comparado com os gastos reais realizados. Parte dos gastos reais efetuados podem ser vistos na TAB.1 (pagamentos efetuados a partir de Janeiro de 1999).

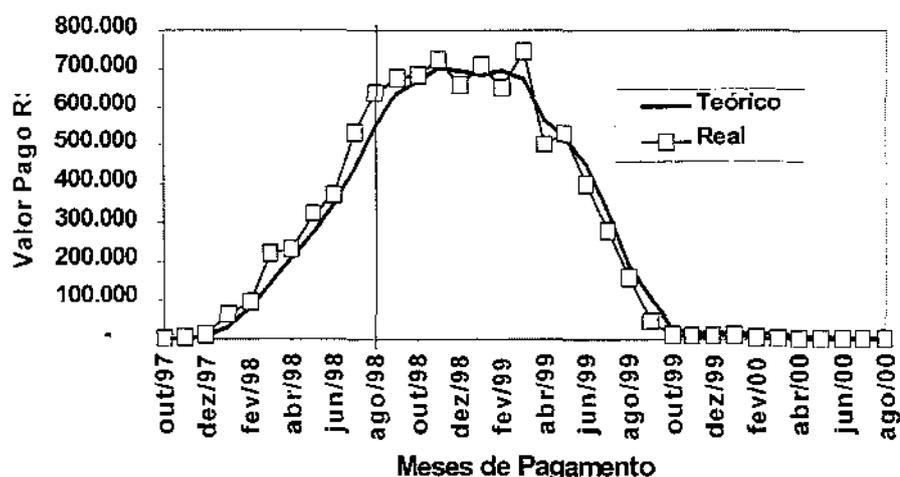


GRÁFICO 25 – Volume de Pagamentos efetuados em Garantia relacionados aos Meses de Pagamento do Ano-Modelo 1998: Modelo Teórico X Pagamento Real.

A barra vertical no GRAF.25 indica o final da produção do Ano-Modelo 1998. Podemos observar que a maioria dos gastos foram efetuados após o término da produção, com duração superior a um ano.

Um fato importante a ser observado é que muitas empresas, inclusive as montadoras, discutem no final do ano a previsão de gastos para o ano seguinte, mais conhecido como Orçamento Anual. Neste caso, cerca de 50% dos gastos efetuados com os veículos do Ano-Modelo 1998 ocorreram em 1999. Ou seja, uma boa parcela dos gastos do Orçamento de 1999 foram oriundos de produtos fabricados até Agosto do ano anterior. Essa informação é de vital importância para o Fluxo de Caixa das empresas, pois erros de previsão podem levar à necessidade de adquirir empréstimos

em Bancos, o que implicaria em um custo financeiro adicional. Em contrapartida, manter provisões excessivas de Caixa podem também trazer prejuízos financeiros.

As variações entre o modelo teórico e os gastos reais podem ser explicadas em virtude dos gastos por Mês de Produção e por Meses em Garantia terem sido obtidos através de uma amostra da população (erro amostral), por motivos de arredondamento no Tempo de Uso (40 dias pode ser aproximado para 1 mês de garantia) e pela quantidade de dias úteis em um mês (cada dia útil corresponde a aproximadamente 5% dos gastos mensais).

3.12.3. Pagamentos totais

Já observamos no GRAF.25 que o final da produção do Ano-Modelo 1998 ocorreu em Agosto de 1998. O Ano-Modelo 1999 iniciou a sua produção a partir de Setembro de 1998, tendo iniciado nesse mesmo período os gastos em garantia.

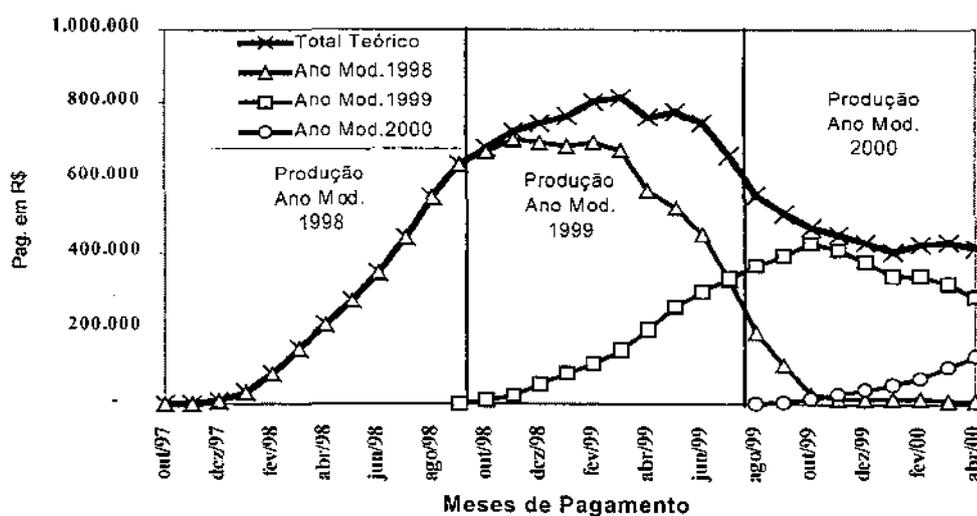


GRÁFICO 26 – Pagamentos mensais de Garantia para os Anos-Modelos 1998, 1999, 2000 e o Total Teórico.

Como ocorre uma interseção de pagamentos para diferentes Anos-Modelos de um determinado veículo, o resultado total de pagamento será obtido pela soma das curvas

dos diversos Anos-Modelos. No GRAF.26 podemos ver as 3 curvas relativas aos Anos-Modelos 1998, 1999 e 2000, e a curva Total Teórico. As barras verticais indicam o final da produção de cada Ano-Modelo. Podemos notar que no mês de Setembro de 1999 foram previstos gastos com os Anos-Modelos 1998, 1999 e 2000 simultaneamente, o que realmente ocorreu conforme indica a TAB. 1.

3.12.4. Correlação entre Modelo Teórico e os Gastos Reais

No GRAF.27 podemos visualizar os resultados totais dos Gastos Reais e do Modelo Teórico.

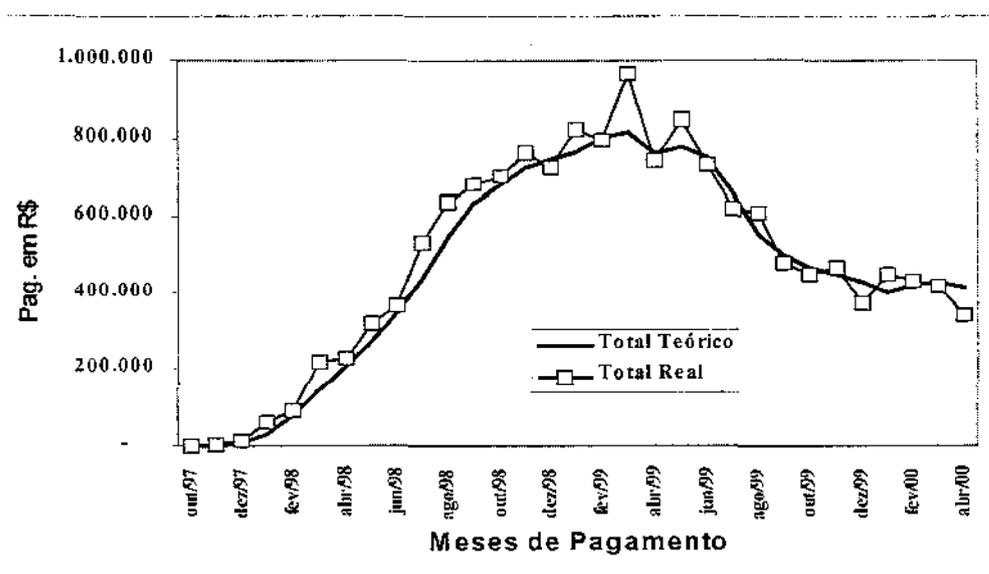


GRÁFICO 27 – Pagamentos mensais de Garantia efetuados para os Anos-Modelo 1998, 1999, 2000: Total Teórico x Total Real.

Para analisar a correlação entre os dois valores, foi elaborado um gráfico do tipo cartesiano (XY) onde no eixo das abcissas estão os valores teóricos, e no eixo das ordenadas os valores reais. Com esses resultados foi calculada a reta média que passa

pela origem (Método dos Mínimos Quadrados), e o coeficiente R^2 dos valores estimados pela reta média, conforme Costa Neto[5] e Kane[11]. O resultado pode ser visto no GRAF. 28, onde o coeficiente angular da reta se aproxima de 1 e o coeficiente R^2 está acima de 0,97, indicando um erro inferior a 3%.

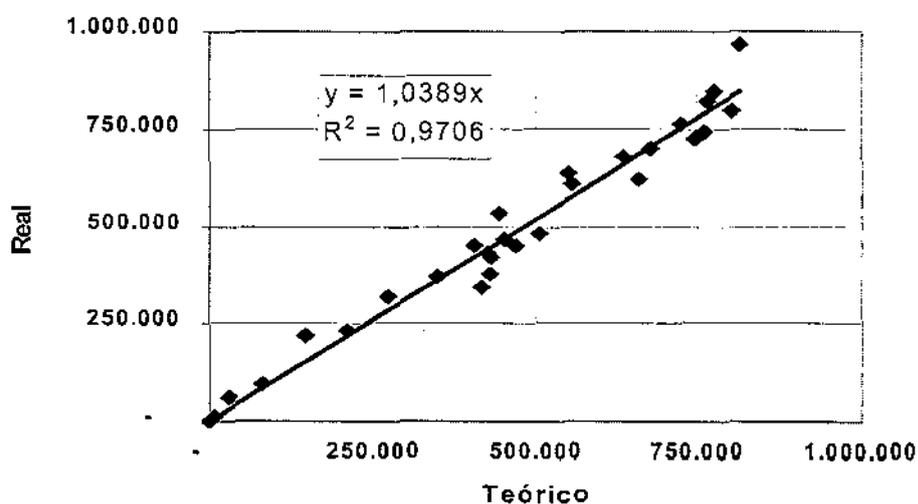


GRÁFICO 28 – Correlação de Pagamentos Mensais de Garantia: Total Teórico x Total Real.

3.12.5. Predição de Gastos em Garantia

Efetuando as projeções de Custo/Veículo para o Ano-Modelo 1999 e 2000 mostrado no GRAF.22, estaremos prevendo os gastos de garantia que serão efetuados nos próximos Meses de Pagamento. Conforme podemos observar, os próximos pagamentos estão correlacionados com as diagonais de 0 a 12 Meses de Garantia mostradas na Fig.13.

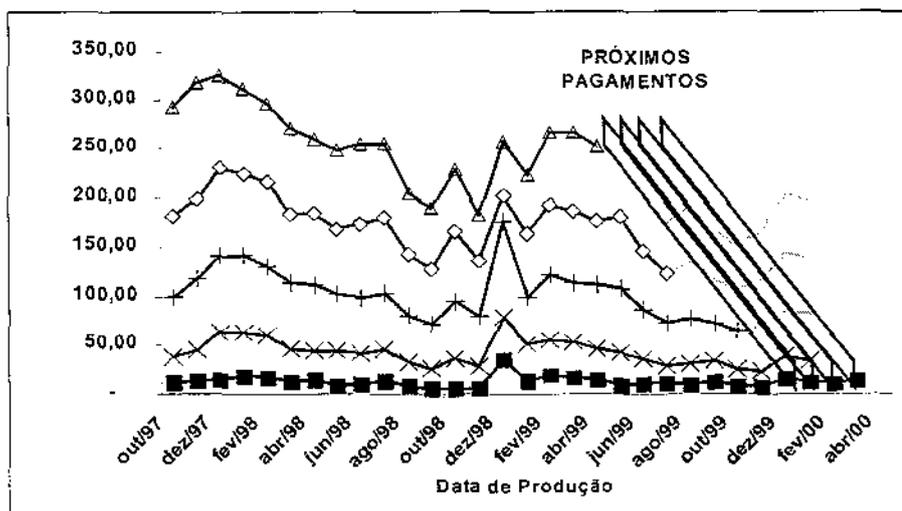


FIGURA 13: Modelo esquemático dos próximos pagamentos mensais de garantia.

Como a parcela dos pagamentos efetuados nos primeiros meses de garantia são pequenas, os pagamentos efetuados nos próximos 3 meses terão uma pequena contribuição dos veículos novos que serão produzidos nesses meses.

As projeções por períodos mais prolongados implicam em correlacionar volumes de produção, vendas, gastos por veículos e outros fatores que veremos a seguir.

3.13. Simulação de Gastos em Garantia

3.13.1. Fatores que influenciam nos gastos mensais

Os gastos mensais de garantia dependem basicamente dos seguintes fatores:

1. Volume de Produção
2. Distribuição de Vendas
3. Custos de Garantia (gastos por Mês de Produção e por Mês em Uso)

4. Comportamento do cliente (curva característica de gastos em garantia utilizada para projeção)
5. Período de Garantia

Iremos efetuar simulações através de alteração do Volume de Produção, da Distribuição de Vendas, dos Custos/Produto em Garantia e da Curva Característica de Gastos por Tempo de Uso, mantendo fixo o período da Garantia.

Utilizaremos um modelo teórico, levando em consideração os seguintes dados iniciais:

- Volume mensal de produção inicial = 1.000 produtos
- Distribuição de Vendas:

Meses após Produção	VENDAS
0	45%
1	45%
2	5%
3	3%
4	2%

- Custo / Produto inicial = R\$ 100,00
- Curva Característica do Cliente de Gastos em Garantia :

Mês em Uso	% Acumulada
00	0%
01	5%
02	10%
03	16%
04	22%
05	29%
06	36%
07	44%
08	52%
09	61%
10	70%
11	79%
12	91%
13	100%

- Período de Garantia: 13 meses

Os Anos-Modelos terão início sempre no mês de Outubro, com um período fixo de 12 meses de produção. Serão utilizados 6 Anos-Modelos nas simulações.

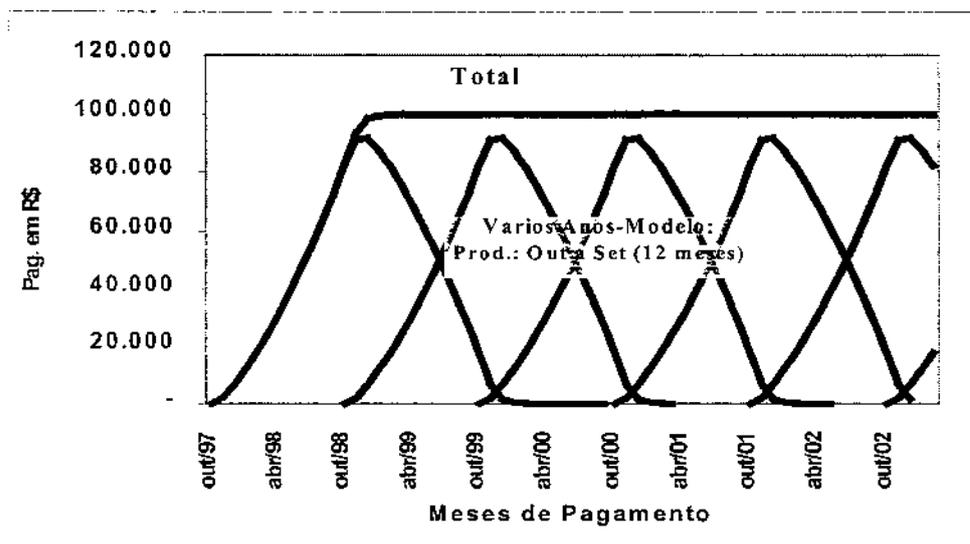


GRÁFICO 29 – Simulação de pagamentos mensais de garantia por Ano-Modelo e Total : R\$100,00 por Veículo com produção mensal de 1.000 unidades.

Para essas condições, os custos mensais serão estabilizados no patamar de R\$100.000 (R\$100,00 x 1.000 produtos). Os gastos mensais e os gastos por Ano-Modelo com base nessa condições iniciais podem ser vistos no GRAF.29.

3.13.2. Simulação 1: Variações no Volume de Produção

Vamos considerar que a partir do 3º Ano-Modelo foi duplicado o volume de produção de 1.000 para 2.000 produtos por mês. Conforme indica o GRAF.30, o efeito de duplicação no volume de produção foi totalmente sentido somente 1 ano após o início de produção, quanto atingiu o patamar de R\$200.000 por mês.

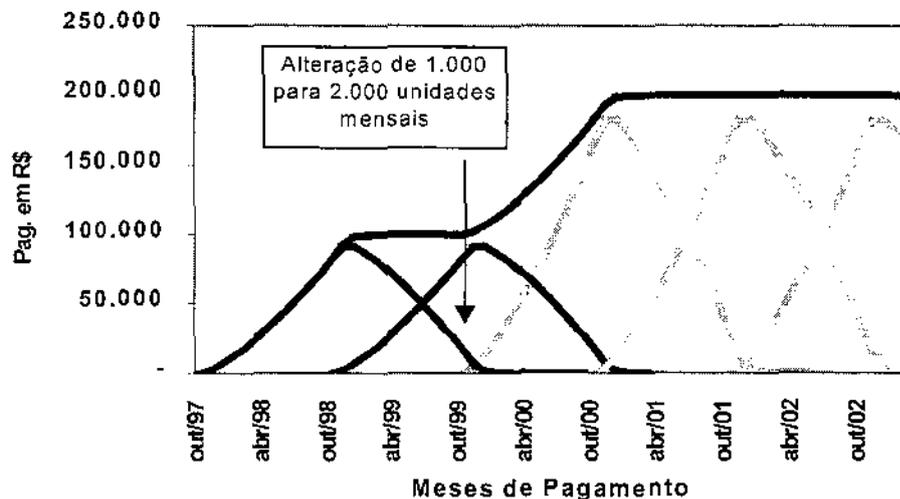


GRÁFICO 30 – Simulação de pagamentos mensais de garantia por Ano-Modelo e Total : alteração no volume mensal de produção de 1.000 para 2.000 unidades.

Notamos aqui que existe uma defasagem entre alterações no volume de produção e nos gastos mensais de garantia. O mesmo efeito acima verificado ocorreria se houvesse uma grande redução no volume de produção.

Muitos erros de previsão de gastos são cometidos quando esses fatos ocorrem porque muitos profissionais do setor de Finanças acreditam que, quando ocorre uma redução drástica das vendas, automaticamente caem os gastos mensais de garantia.

3.13.3. Simulação 2: Variação no Custo/Produto

Seguindo o exemplo anterior, vamos considerar que houve um aumento de 50% nos Custos/Produto no período de garantia a partir do 3º Ano-Modelo, motivado pelo lançamento de um novo veículo. Como podemos observar no GRAF.31, os gastos mensais atingiram R\$150.000 aproximadamente 1 ano após o aumento do Custo/Unidade.

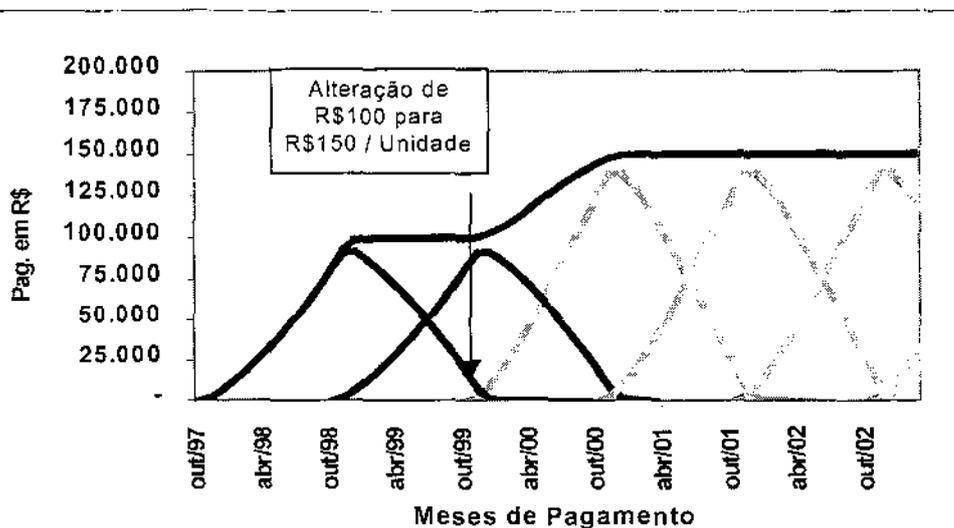


GRÁFICO 31 – Simulação de pagamentos mensais de garantia por Ano-Modelo e Total : alteração no Custo / Unidade de R\$100,00 para R\$150,00.

Esta é outra característica que gera bastante discussão entre as áreas técnicas e financeiras de uma empresa. Quando as áreas técnicas implementam modificações em um determinado componente do produto com resultados preliminares satisfatórios (avaliação nos primeiros meses de uso), o ganho total com a redução no volume de reparos e nos gastos mensais só será totalmente percebido cerca de 1 ano após a implementação. Em compensação, quando um produto entra com um volume maior de gastos em garantia, as áreas financeiras sentirão o efeito apenas alguns meses após o lançamento.

3.13.4. Simulação 3: Variação na distribuição de Vendas

Nas primeiras simulações efetuamos alterações no Volume de Produção e no Custo/Produto. Nesta fase, iremos efetuar alterações na Distribuição de Vendas. Será utilizado como referência o resultado da seção anterior, onde a partir do 3o. Ano-Modelo, houve um acréscimo de 50% no Custo/Produto.

A mudança a ser efetuada na Distribuição de Vendas está discriminada a seguir:

Meses	Vendas	Vendas
Após Produção	Inicial	Alteradas
0	45%	25%
1	45%	25%
2	5%	20%
3	3%	15%
4	2%	10%
5		5%

O resultado da alteração acima nos pagamentos mensais pode ser observado no GRAF.32 onde a linha cheia representa a situação inicial, e a linha pontilhada a situação alterada. Podemos observar que ocorreu um deslocamento para a direita nas curvas de pagamento, indicando um atraso ocorrido devido a demora nas vendas dos produtos (aproximadamente 3 meses).

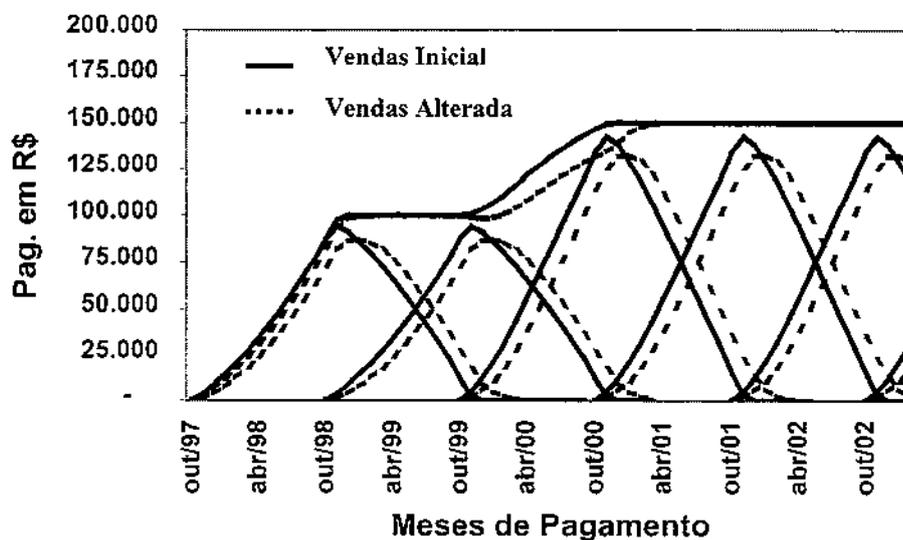


GRÁFICO 32 – Simulação de pagamentos mensais de garantia por Ano-Modelo e Total : alteração na Distribuição de Vendas.

Podemos notar que, ao comparar as 3 simulações efetuadas, a mudança na Distribuição de Vendas foi a que menor impacto produziu nos pagamentos mensais dos gastos em garantia.

3.13.5. Simulação 4: Variação na Curva Característica do Cliente de Gastos em Garantia

Nas condições iniciais de simulação, foi definida a Curva Característica do Cliente de Gastos em Garantia. Essa curva indica quando o cliente costuma ir à concessionária para efetuar um reparo. A situação inicial indica que o cliente efetuou cerca de 40% dos reparos até a metade da garantia, e os restantes 60% no final.

Nesta simulação vamos utilizar a curva característica de um cliente que reclama de uma forma mais distribuída ao longo da garantia, ou seja, na metade do período de garantia ele já teria efetuado 50% dos reparos.

Mês em Uso	Curva Característica do Cliente Inicial	Curva Característica do Cliente Alterada
00	0%	0%
01	5%	8%
02	10%	15%
03	16%	23%
04	22%	31%
05	29%	38%
06	36%	46%
07	44%	54%
08	52%	62%
09	61%	69%
10	70%	77%
11	79%	85%
12	91%	92%
13	100%	100%

Podemos observar no GRAF.33 que o início e o final do período de pagamento não foi alterado (depende da Venda do produto). O que foi alterado foram as curvaturas iniciais e finais, onde com a alteração gastou-se mais na primeira metade do período de pagamento, e menos na segunda metade.

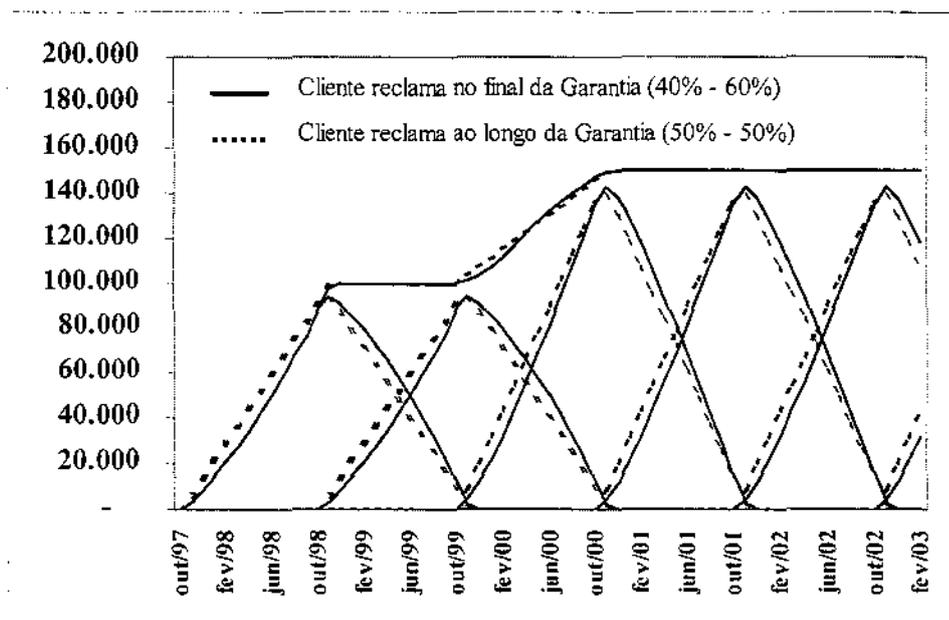


GRÁFICO 33 – Simulação de pagamentos mensais de garantia por Ano-Modelo e Total : alteração na Curva Característica do Cliente.

3.14. Análise individual de Sub-sistemas, Sub-conjuntos e Peças

Toda as informações apresentadas até o momento neste trabalho foram referentes a análise do comportamento total de um produto. Sabemos de antemão que vários produtos são compostos por sub-sistemas, que podem ser compostos por sub-conjuntos, que finalmente são compostos por peças ou componentes. O sistema de acompanhamento de garantia deve possibilitar a análise individual de peças, sub-conjuntos e sub-sistemas, tanto no volume de reparos, quanto no volume de reparos.

Podemos citar, como exemplo, que um veículo possui um sub-sistema chamado Chassi, que é composto por sub-conjuntos tais como:

- Direção;
- Freios;
- Rodas e Pneus;
- Suspensão Dianteira;
- Suspensão Traseira;

em que o sub-conjunto Direção é composto pelas seguintes peças:

- Volante de Direção;
- Coluna de Direção;
- Bucha inferior;
- Caixa de Direção;
- e outros.

Quando avaliamos os principais itens de Reparos (TAB.19) e de Custos (TAB.20) em 13 meses de uso, não sabemos se esses itens tiveram uma alteração brusca no processo provocado por uma “Causa Especial” (Shainin & Shainin[18], Kane[11], QS9000-CEP[14]- Sinais de Instabilidade em Gráficos de Controle Estatístico), ou se o processo mantém-se estável, mas com um grande volume de reparos. O primeiro passo é avaliar qual tem sido o comportamento de cada peça por mês de produção e por tempo em uso. Ou seja, da mesma forma que foram elaborados gráficos de reparos e de custos para o produto, devem ser elaborados gráficos para cada uma das peças das listas. Esses gráficos podem comparar a parcela de contribuição de cada peça em relação ao volume total de reparos.

3.14.1. Perda de Qualidade localizada (Processo Instável)

Podemos observar no GRAF. 34 os resultados de Reparos / 1000 veículos acumulados de 0 a 9 Meses de Garantia para um determinado componente. Observamos inicialmente nesse gráfico que ocorreram grandes volumes de reparos nos produtos fabricados em Janeiro de 1998 e Abril de 1999.

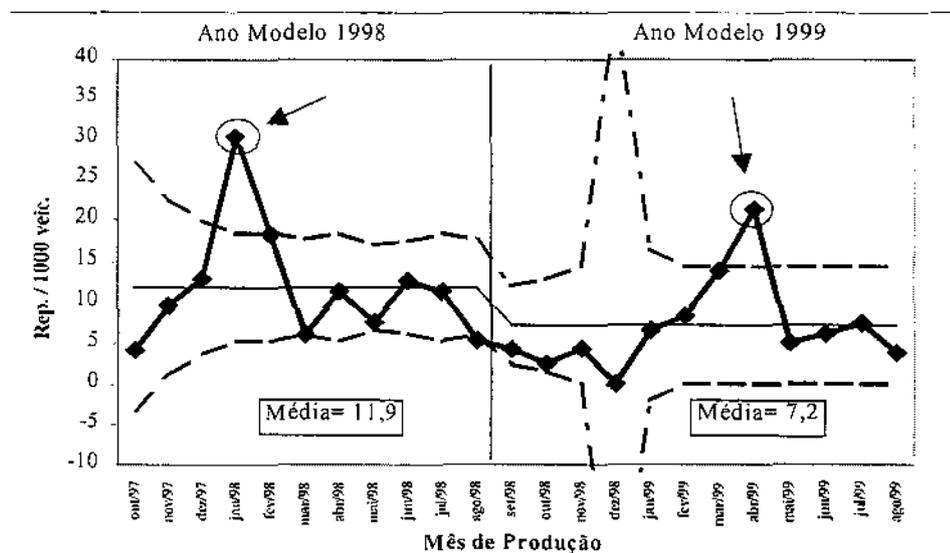


GRÁFICO 34 – Reparos / 1000 Veículos acumulados em 9 Meses de Garantia para os Meses de Produção dos Anos-Modelos 1998 e 1999 de um componente com “Causas Especiais”.

Nota: As linhas tracejadas são os Limites Superior e Inferior de Controle para o Gráfico Tipo U – Defeitos por Unidade, calculados para tamanhos de amostra variáveis.

Esse gráfico é caracterizado na QS9000-CEP[14], ABCQ[1] e Shainin & Shainin[18] como o gráfico Tipo U - Defeitos por Unidade, onde é possível calcular a média e os limites de controle que identificam a existência ou não de "Causas Especiais". Os cálculos forem efetuados para cada Ano-Modelo, e foram levados em consideração os efeitos de variação de amostra. Podemos notar que os limites de controle são maiores no início do Ano-Modelo 1998, e no mês de Dezembro/1998, onde os tamanhos de amostras são reduzidos em relação ao tamanho médio, motivados pelo baixo volume no início de produção e por férias coletivas.

Os dois picos no gráfico estão além dos limites de controle, sendo caracterizados como "Causas Especiais" (QS9000-CEP [14], Kane[11], ABCQ[1] e Shainin & Shainin [18]), já que nesses meses não houve alteração significativa no volume de amostras (vide também a seção 3.4.5).

Se não tivessem ocorrido essas duas "Causas Especiais", é bem provável que este componente não estivesse entre os principais itens reclamados. Aqui fica bem caracterizada que a ação corretiva deve ser efetivada no processo produtivo. Para a identificação das possíveis causas de perda de qualidade pode ser utilizado o Diagrama de Causa e Efeito de Ishikawa, citado em Gryna[10].

Essas causas devem ser utilizadas na fase de Planejamento da Qualidade de novos projetos. Blischke e Murthy[2] e QS9000-Planejamento Avançado da Qualidade[16] citam a importância da análise dos aspectos de manufatura na fase do projeto de um produto. Uma ferramenta bastante difundida para a definição das possíveis falhas de processo são os chamados FMEA's de Processo, conforme QS9000-FMEA [15], onde os índices de Severidade, Ocorrência e Detecção devem ser preenchidos com base em processos similares.

3.14.2. Perda de Qualidade contínua (Processo Estável)

No GRAF.35 observamos um componente com um elevado volume de Reparos / 1000 veículos. Podemos observar que, neste caso, diferente do GRAF. 34, não existem grandes picos localizados de reparos. Efetuando o mesmo procedimento de cálculo de limites de controle utilizado na seção anterior, notamos que ficou caracterizado no gráfico a existência de "Causas Comuns" (QS9000-CEP [14], Kane[11], ABCQ[1] e Shainin & Shainin [18] - Variações naturais de um Processo). Isto caracteriza este processo como um processo estável.

Neste caso a resolução do problema é mais complexa. A origem pode ser uma deficiência de projeto do componente, ou uma deficiência do processo de produção como um todo. As mudanças aqui não ocorrerão com pequenas alterações no processo, mas com grandes mudanças que podem ocorrer ou no projeto, ou no processo onde serão necessários investimentos.

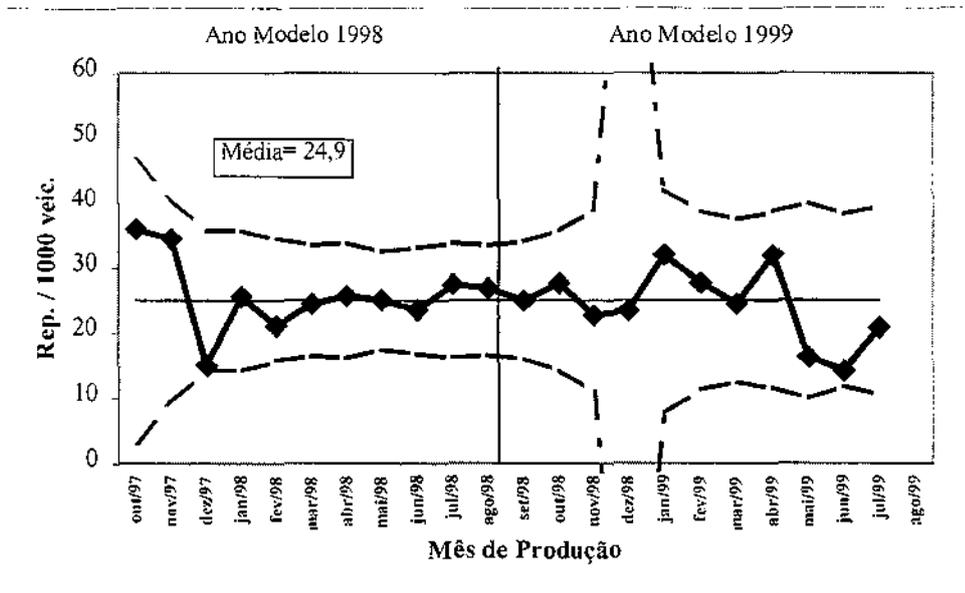


GRÁFICO 35 – Reparos / 1000 Veículos acumulados em 9 Meses de Garantia para os Meses de Produção dos Anos-Modelos 1998 e 1999 de um componente com “Causas Comuns”.

Nota: As linhas tracejadas são os Limites Superior e Inferior de Controle para o Gráfico Tipo U – Defeitos por Unidade, calculados para tamanhos de amostra variáveis.

As deficiências de Projeto devem ser levadas em consideração no desenvolvimento de novos produtos. Para identificação da falhas potenciais de um produto são utilizadas ferramentas, sendo a mais difundida o FMEA's de Projeto, conforme citado em QS9000-FMEA [15] e em QS9000-Planejamento Avançado da Qualidade[16].

3.15. Análise de componentes por grupos de Produtos

Outra necessidade que pode surgir na análise da garantia é a possibilidade de agrupamento de produtos que pertencem a uma mesma família. Alguns modelos de veículos são derivados de uma mesma plataforma, o que implica que uma peça pode ser utilizada em diversos modelos.

Um mesmo tipo de motor pode ser utilizado em diversos veículos e pode ser necessária uma avaliação total de sua performance. Se houver interesse em pesquisar a performance da peça em todos os modelos, faz-se necessário agrupá-los.

Uma transmissão de um veículo pode ser utilizada em diversos veículos, e esses veículos podem possuir diferentes motorizações (1.0cc, 1.6cc, 2.0cc) que necessitariam ser agrupados para avaliação.

Em resumo, o sistema de garantia deve permitir tanto o agrupamento de produtos, quanto o agrupamento de peças visto na seção anterior.

3.16. Análise comparativa: diferentes fábricas/processos, diferentes produtos e diferentes mercados

Uma grande vantagem de se trabalhar com os modelos de gráficos até aqui apresentados, é a possibilidade de efetuar comparações. Podemos ter, por exemplo, um mesmo veículo produzido em diferentes unidades produtivas, inclusive de países diferentes (Mercosul, Estados Unidos, União Européia) comercializados no mesmo mercado. Neste caso pode haver diferenças nos processos produtivos relacionados com diferentes fornecedores, ou com máquinas mais modernas em unidades produtivas mais novas, que podem ser comparados com os modelos de gráficos até aqui apresentados.

Um veículo produzido em uma mesma unidade produtiva pode ser comercializado em diferentes países. Esses diferentes mercados podem implicar em condições de rodagem diferenciadas. No Brasil cerca de 1/3 da frota circula na Grande São Paulo que possui pistas de rodagem bastante irregulares, e uma velocidade média bastante reduzida devido ao excesso de trânsito. Na Argentina a frota concentra-se em Buenos Aires e suas províncias, que possuem melhores condições de rodagem, e um trânsito não tão intenso

como São Paulo, com temperaturas médias mais baixas no inverno e mais altas no verão (nível do mar). Nos Estados Unidos as condições de rodagem são excelentes, mas possuem limites de velocidade nas estradas e grandes cidades com trânsito. Na Alemanha não há tanta concentração de pessoas em grandes cidades (Berlim é a maior com 4 milhões de habitantes), as condições de rodagem são excelentes, nas estradas não há limites de velocidade e o inverno é rigoroso. A cultura do país e sua legislação também podem alterar os resultados de um mesmo veículo (Código de Defesa do Consumidor e outros). Todos esses fatores influenciam nos resultados de Reparos por veículo. Os custos são bastante influenciados pelo salário médio, pela moeda de cada país e pelo volume de peças importadas de um veículo. Essas diferenças também podem ser analisadas pelos gráficos deste modelo.

3.17. Análise por Acessórios

Sabemos, de antemão, que alguns acessórios são oferecidos aos clientes como opcionais. Os mais conhecidos são a Direção Servo-assistida, o Ar Condicionado, o Freio ABS, o Travamento Central (Fechamento automático das portas e do porta-malas), e o Levantamento Elétrico dos Vidros, entre outros. O volume de acessórios montados nos veículos depende da própria demanda do mercado. Alguns acessórios são montados na fábrica, enquanto outros podem ser montados na Rede de Concessionários.

Os resultados de Reparos e Custos por veículo podem gerar alguns erros de interpretação nesses casos. Quando um componente é montado em 100% do volume produzido, basta somar os reparos e custos de garantia ocorridos e dividir pelo volume da amostra utilizado na estatística. No caso dos acessórios opcionais, teremos duas estatísticas: a primeira calculada com base no volume total da amostra, e a segunda com base no volume de amostra de veículos que tiveram o acessório instalado. A primeira estatística fornecerá a parcela atual de contribuição do acessório no volume total de reparos e custos. A segunda fornecerá os resultados, caso o acessório fosse montado em 100% dos

veículos. A diferença entre as duas estatísticas vai depender da porcentagem de participação do acessório no volume total de produção.

3.18. Análise de Fornecedores de Componentes

Hoje em dia, comparado com o perfil das montadoras a 10 anos atrás, o volume de peças adquiridas de fornecedores é muito maior (cerca de 70%). Muitos defeitos podem estar originando no processo produtivo de um fornecedor. Para ser possível avaliar os fornecedores, as peças reparadas ou trocadas na garantia devem estar identificadas com o código do produtor.

Com esses dados disponíveis a performance dos fornecedores pode ser avaliada. Mas, no caso de reparos e custos em garantia, alguns cuidados devem ser tomados na avaliação dos números. Se um fornecedor tiver 70% do volume de reclamações referente a um componente do veículo, e o outro os restantes 30%, podemos concluir que o primeiro fornecedor é pior?

Esta conclusão só pode ser obtida se soubermos a parcela de participação de cada fornecedor no volume total de produção. Se, no exemplo apresentado, o primeiro fornecedor participar com 85% do volume de produção, ele terá um volume de reparos e custos por veículo inferior ao segundo. Se a participação for de 70%, os dois fornecedores terão o mesmo nível de qualidade. Mas, se ambos os fornecedores fornecerem 50% dos componentes, o primeiro terá um nível de qualidade inferior ao segundo.

Muitos erros de análise são ocasionados pela falta de observância dos volumes de participação de fornecimento. As peças trocadas em garantia são, na maioria dos casos, debitadas diretamente dos fornecedores.

3.19. Análise dos Reparos de Pintura

A análise de reparos de pintura requer alguns cuidados adicionais. A primeira informação importante é a identificação da cor do veículo. As montadoras conseguem identificar a cor do veículo através do Número do Chassis (dados históricos de produção).

Ao se calcular os índices de reparos e custos por veículo, é necessário efetuar dois tipos de análise:

- Reparos e Custos por veículo para todos os defeitos de pintura;
- Reparos e Custos por veículo relacionados com a cor.

O primeiro índice fornecerá qual a parcela da participação dos reparos de pintura no volume total de reparos do veículo. O segundo indicará se existe alguma cor com maior índice de reclamação e custo em relação às demais, independente do volume maior ou menor de veículo pintados. Neste caso, o cálculo dos índices deverá ser efetuado com o volume de amostras de cada cor do veículo.

Outra característica importante na análise de reclamações de pintura é a identificação do local onde ocorreu o problema. Normalmente são utilizadas tabelas de identificação do local, indicando, por exemplo, se o problema ocorreu no teto, na tampa do porta-malas, na porta dianteira direita ou no para-choque traseiro.

3.20. Modelo Final

Toda a metodologia aqui apresentada pode ser resumida no Fluxograma da FIG.14. Em uma fase inicial deve-se efetuar a análise dos procedimentos e das estruturas dos bancos de dados históricos de Produção, Vendas e Garantia.

Posteriormente o modelo se divide em duas direções, onde à esquerda é apresentado a metodologia de correlação entre os meses de produção e os pagamentos mensais de garantia, e à direita temos o modelo de identificação das causas das falhas que podem estar mais fortemente relacionadas com o projeto ou com o processo de produção.

MODELO DE ANÁLISE E PREDIÇÃO DE REPAROS E CUSTOS DE GARANTIA

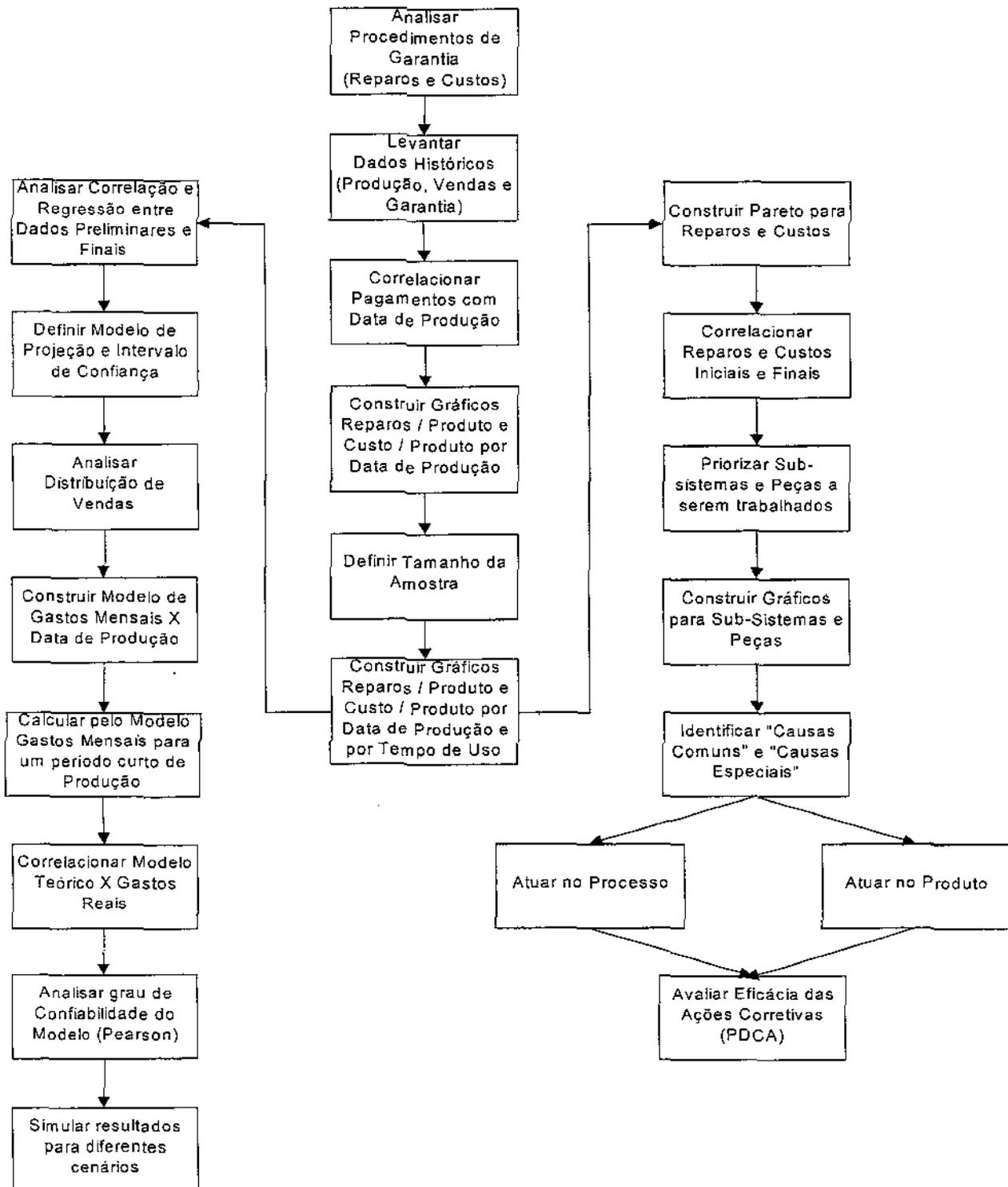


FIGURA 14: Modelo de Análise e Predição de Reparos e Custos de Garantia

4. CONCLUSÃO

Todo o trabalho aqui apresentado possibilitou **criar um Modelo de Análise e Predição de Reparos e Custos de Garantia (Fig.14)**, o que permitiu uma integração maior entre as áreas Administrativas e Técnicas das empresas.

As áreas técnicas conseguem identificar, de uma forma mais precisa, qual a performance de um veículo, de seus sub-sistemas (Motor, Transmissão, Elétrica, Chassis, Carroceria e Acabamento) e de seus componentes relacionados com Reparos e Custos de Garantia. Através da construção de Diagramas de Pareto podem ser identificados os principais itens com maior volume de Reparos e Custos, possibilitando uma atuação mais direcionada dos grupos de resolução de problemas.

O tipo de Ação Corretiva a ser implementada pode ser facilmente definida através dos Gráficos de Controle Estatístico Tipo U – Defeitos por Unidade, onde as “Causas Especiais” identificam tipicamente problemas no Processo, e as “Causas Comuns” identificam tipicamente problemas no produto (Projeto/Conceito). A eficácia das Ações Corretivas podem ser facilmente avaliadas por este modelo (uso do PDSA- Plan, Do, Study, Act).

Para empresas que possuem vários produtos e várias unidades produtivas, podem ser feitos estudos comparativos identificando os projetos e processos mais robustos. Este modelo também permite avaliar a performance de acessórios adicionais instalados nos veículos e a identificação dos melhores e piores fornecedores. No caso de fornecedores, a área de Suprimentos é envolvida de forma a garantir que fornecedores desqualificados não participem no desenvolvimento de novos produtos.

O uso da estatística também permitiu, de uma forma bastante precisa, prever os resultados de reparos e custos de todo o período de garantia, com base nos resultados dos primeiros meses de uso. As áreas Administrativas conseguem planejar melhor o seu fluxo de caixa, e fazer

provisões de verbas para gastos em garantia com um menor custo financeiro, pois foi possível correlacionar os resultados de alteração de volumes de produção, vendas, volumes de reparos e custos de garantia de cada mês de produção com os pagamentos mensais de garantia.

5. ANEXO: TABELAS

TABELA 17

TABELA 17: As 40 Principais Peças com Maior Número de Reparos Efetuados Em Veículos com até 3 Meses de Garantia para o Ano-Modelo 1998

Ordem	N. Peça	Reparos	Custo / Reparo (R\$)	Custo Total (R\$)	% Rel. ao Total de Reparos	% Acum. Rel. aos Reparos	Ordem na Tab. 19	Ordem na Tab. 18
1	5745	3.200	9,90	31.691	9,3%	9,3%	1	9
2	5717	2.025	38,06	77.077	5,9%	15,2%	3	2
3	6453	1.488	38,94	57.940	4,3%	19,5%	4	4
4	5718	1.287	32,32	41.594	3,7%	23,3%	5	6
5	4819	978	20,37	19.920	2,8%	26,1%	2	20
6	1524	820	33,89	27.790	2,4%	28,5%	9	12
7	5573	738	24,59	18.151	2,1%	30,6%	7	25
8	9999	683	48,76	33.303	2,0%	32,6%	14	8
9	7018	667	40,74	27.173	1,9%	34,6%	10	13
10	5751	620	11,36	7.043	1,8%	36,4%	16	51
11	7059	533	59,32	31.617	1,5%	37,9%	11	10
12	5763	526	36,87	19.392	1,5%	39,4%	8	22
13	5725	494	8,76	4.330	1,4%	40,9%	6	84
14	9003	387	135,48	52.433	1,1%	42,0%	26	5
15	2706	370	62,56	23.146	1,1%	43,1%	33	18
16	5711	361	40,46	14.604	1,0%	44,1%	27	28
17	7211	343	7,41	2.540	1,0%	45,1%	13	128
18	4293	342	59,05	20.195	1,0%	46,1%	12	19
19	6644	333	48,03	15.993	1,0%	47,1%	31	26
20	4075	323	81,08	26.190	0,9%	48,0%	60	14
21	6410	308	254,64	78.428	0,9%	48,9%	38	1
22	6875	272	21,96	5.972	0,8%	49,7%	55	57
23	9774	249	52,73	13.130	0,7%	50,4%	47	30
24	5882	247	17,30	4.274	0,7%	51,2%	34	86
25	2015	243	126,13	30.650	0,7%	51,9%	58	11
26	4814	242	21,42	5.184	0,7%	52,6%	35	69
27	4840	237	45,87	10.872	0,7%	53,3%	29	40
28	9405	229	81,96	18.769	0,7%	53,9%	28	24
29	3405	216	14,50	3.132	0,6%	54,5%	57	116
30	5548	215	42,18	9.069	0,6%	55,2%	36	44
31	2066	209	115,42	24.123	0,6%	55,8%	69	16
32	4650	202	63,17	12.760	0,6%	56,4%	83	33
33	7060	202	180,92	36.546	0,6%	57,0%	37	7
34	4636	200	26,44	5.289	0,6%	57,5%	59	68
35	5737	191	18,11	3.460	0,6%	58,1%	15	102
36	2616	190	28,83	5.477	0,6%	58,6%	24	65
37	2638	188	8,59	1.614	0,5%	59,2%	19	166
38	6416	188	128,98	24.248	0,5%	59,7%	20	15
39	9442	179	32,63	5.840	0,5%	60,3%	62	61
40	3410	173	24,08	4.165	0,5%	60,8%	56	88
Total	40 itens	20.898	40,92	855.124				
Total	598 itens	34.394	49,16	1.690.738	Equivalência:		75%	65%

Nota: A Equivalência refere-se a porcentagem de itens desta Tabela que contam nas Tabelas 18 e 19.

TABELA 18

**TABELA 18: As 40 Principais Peças com Maiores Custos Efetuados
Em Veículos com até 3 Meses de Garantia para o Ano-Modelo 1998**

Ordem	N. Peça	Reparos	Custo / Reparo (R\$)	Custo Total (R\$)	% Rel. ao Total de Custos	% Acum. Rel. ao Total de Custos	Ordem na Tab. 20	Ordem na Tab. 17
1	6410	308	254,64	78.428	4,6%	4,6%	6	21
2	5717	2.025	38,06	77.077	4,6%	9,2%	2	2
3	3908	158	456,56	72.136	4,3%	13,5%	1	46
4	6453	1.488	38,94	57.940	3,4%	16,9%	3	3
5	9003	387	135,48	52.433	3,1%	20,0%	11	14
6	5718	1287	32,32	41.594	2,5%	22,5%	15	4
7	7060	202	180,92	36.546	2,2%	24,6%	5	33
8	9999	683	48,76	33.303	2,0%	26,6%	28	8
9	5745	3200	9,90	31.691	1,9%	28,5%	19	1
10	7059	533	59,32	31.617	1,9%	30,3%	7	11
11	2015	243	126,13	30.650	1,8%	32,1%	24	25
12	1524	820	33,89	27.790	1,6%	33,8%	13	6
13	7018	667	40,74	27.173	1,6%	35,4%	22	9
14	4075	323	81,08	26.190	1,5%	36,9%	40	20
15	6416	188	128,98	24.248	1,4%	38,4%	10	38
16	2066	209	115,42	24.123	1,4%	39,8%	42	31
17	2673	94	248,65	23.373	1,4%	41,2%	4	75
18	2706	370	62,56	23.146	1,4%	42,6%	25	15
19	4293	342	59,05	20.195	1,2%	43,7%	17	18
20	4819	978	20,37	19.920	1,2%	44,9%	9	5
21	4890	41	482,92	19.800	1,2%	46,1%	30	152
22	5763	526	36,87	19.392	1,1%	47,2%	14	12
23	2470	92	206,47	18.995	1,1%	48,4%	41	76
24	9405	229	81,96	18.769	1,1%	49,5%	20	28
25	5573	738	24,59	18.151	1,1%	50,6%	18	7
26	6644	333	48,03	15.993	0,9%	51,5%	36	19
27	3052	102	148,69	15.167	0,9%	52,4%	12	69
28	5711	361	40,46	14.604	0,9%	53,3%	34	16
29	4057	108	124,06	13.399	0,8%	54,0%	39	63
30	9774	249	52,73	13.130	0,8%	54,8%	23	23
31	2630	104	125,14	13.015	0,8%	55,6%	8	67
32	3540	29	443,01	12.847	0,8%	56,4%	31	188
33	4650	202	63,17	12.760	0,8%	57,1%	73	32
34	3572	36	347,81	12.521	0,7%	57,9%	49	165
35	3435	20	587,71	11.754	0,7%	58,5%	55	223
36	5780	79	141,36	11.167	0,7%	59,2%	104	89
37	4088	133	83,82	11.147	0,7%	59,9%	16	52
38	5101	92	119,64	11.007	0,7%	60,5%	65	77
39	5775	41	267,31	10.960	0,6%	61,2%	103	153
40	4840	237	45,87	10.872	0,6%	61,8%	35	27
Total	40 itens	18.257	57,24	1.045.023				
Total	598 itens	34.394	49,16	1.690.738	Equivalência:		80%	65%

Nota: A Equivalência refere-se a porcentagem de itens desta Tabela que contam nas Tabelas 17 e 20.

TABELA 19

TABELA 19: As 40 Principais Peças com Maior Número de Reparos Efetuados Em Veículos com até 13 Meses de Garantia para o Ano-Modelo 1998

Ordem	N. Peça	Reparos	Custo / Reparo (R\$)	Custo Total (R\$)	% Rel. ao Total de Reparos	% Acum. Ref. ao Total de Reparos	Ordem na Tab. 17	Ordem na Tab. 20
1	5745	10.860	10,14	110.124	6,2%	6,2%	1	19
2	4819	8.909	21,36	190.290	5,1%	11,2%	5	9
3	5717	8.344	42,38	353.650	4,7%	16,0%	2	2
4	6453	6.630	48,09	318.850	3,8%	19,8%	3	3
5	5718	4.424	34,08	150.767	2,5%	22,3%	4	15
6	5725	4.351	14,75	64.159	2,5%	24,7%	13	37
7	5573	4.258	27,06	115.204	2,4%	27,2%	7	18
8	5763	3.725	41,05	152.912	2,1%	29,3%	12	14
9	1524	3.254	47,21	153.610	1,8%	31,1%	6	13
10	7018	2.567	39,40	101.147	1,5%	32,6%	9	22
11	7059	2.279	100,76	229.636	1,3%	33,9%	11	7
12	4293	2.099	65,33	137.135	1,2%	35,1%	18	17
13	7211	2.060	7,90	16.271	1,2%	36,2%	17	110
14	9999	1.998	37,20	74.336	1,1%	37,4%	8	28
15	5737	1.966	21,44	42.155	1,1%	38,5%	35	53
16	5751	1.955	15,86	31.005	1,1%	39,6%	10	69
17	9472	1.865	16,10	30.032	1,1%	40,7%	49	70
18	4259	1.850	28,36	52.462	1,1%	41,7%	56	44
19	2638	1.819	8,93	16.236	1,0%	42,8%	37	111
20	6416	1.780	101,89	181.372	1,0%	43,8%	38	10
21	1913	1.704	25,64	43.689	1,0%	44,7%	60	51
22	2767	1.633	63,01	102.888	0,9%	45,7%	101	21
23	6633	1.628	29,54	48.085	0,9%	46,6%	43	46
24	2616	1.556	31,52	49.038	0,9%	47,5%	36	45
25	4088	1.472	96,17	141.562	0,8%	48,3%	52	16
26	9003	1.423	123,92	176.344	0,8%	49,1%	14	11
27	5711	1.396	48,55	67.774	0,8%	49,9%	16	34
28	9405	1.392	77,82	108.321	0,8%	50,7%	28	20
29	4840	1.342	49,48	66.398	0,8%	51,5%	27	35
30	2760	1.310	63,48	83.161	0,7%	52,2%	97	26
31	6644	1.305	49,74	64.915	0,7%	53,0%	19	36
32	3012	1.278	21,50	27.474	0,7%	53,7%	58	74
33	2706	1.271	67,18	85.388	0,7%	54,4%	15	25
34	5882	1.240	27,58	34.194	0,7%	55,1%	24	64
35	4814	1.236	22,58	27.911	0,7%	55,8%	26	72
36	5548	1.194	36,49	43.564	0,7%	56,5%	30	52
37	7060	1.182	219,51	259.461	0,7%	57,2%	33	5
38	6410	1.114	218,60	243.524	0,6%	57,8%	21	6
39	9254	1.092	5,59	6.103	0,6%	58,4%	44	205
40	9909	1.082	21,93	23.724	0,6%	59,0%	80	86
Total	40 itens	103.843	40,69	4.224.871				
Total	693 itens	175.908	52,81	9.290.249		Equivalência:	75%	63%

Nota: A Equivalência refere-se a porcentagem de itens desta Tabela que contam nas Tabelas 17 e 20.

TABELA 20

**TABELA 20: As 40 Principais Peças com Maiores Custos Efetuados
Em Veículos com até 13 Meses de Garantia Garantia para o Ano-
Modelo 1998**

Ordem	N. Peça	Reparos	Custo / Reparo (R\$)	Custo Total (R\$)	% Rel. ao Total de Custos	% Acum. Rel. ao Total de Custos	Ordem na Tab. 18	Ordem na Tab. 19
1	3908	873	486,03	424.306	4,6%	4,6%	3	53
2	5717	8.344	42,38	353.650	3,8%	8,4%	2	3
3	6453	6.630	48,09	318.850	3,4%	11,8%	4	4
4	2673	876	318,56	279.055	3,0%	14,8%	17	52
5	7060	1.182	219,51	259.461	2,8%	17,6%	7	37
6	6410	1.114	218,60	243.524	2,6%	20,2%	1	38
7	7059	2.279	100,76	229.636	2,5%	22,7%	10	11
8	2630	918	211,69	194.332	2,1%	24,8%	31	48
9	4819	8.909	21,36	190.290	2,0%	26,8%	20	2
10	6416	1.780	101,89	181.372	2,0%	28,8%	15	20
11	9003	1.423	123,92	176.344	1,9%	30,7%	5	26
12	3052	959	169,25	162.307	1,7%	32,4%	27	44
13	1524	3.254	47,21	153.610	1,7%	34,1%	12	9
14	5763	3.725	41,05	152.912	1,6%	35,7%	22	8
15	5718	4.424	34,08	150.767	1,6%	37,4%	6	5
16	4088	1.472	96,17	141.562	1,5%	38,9%	37	25
17	4293	2.099	65,33	137.135	1,5%	40,4%	19	12
18	5573	4.258	27,06	115.204	1,2%	41,6%	25	7
19	5745	10.860	10,14	110.124	1,2%	42,8%	9	1
20	9405	1.392	77,82	108.321	1,2%	43,9%	24	28
21	2767	1.633	63,01	102.888	1,1%	45,1%	81	22
22	7018	2.567	39,40	101.147	1,1%	46,1%	13	10
23	9774	921	99,96	92.065	1,0%	47,1%	30	47
24	2015	735	122,11	89.749	1,0%	48,1%	11	58
25	2706	1.271	67,18	85.388	0,9%	49,0%	18	33
26	2760	1.310	63,48	83.161	0,9%	49,9%	74	30
27	3056	527	146,71	77.318	0,8%	50,7%	41	70
28	9999	1.998	37,20	74.336	0,8%	51,5%	8	14
29	2633	405	182,63	73.967	0,8%	52,3%	180	87
30	4890	208	348,86	72.562	0,8%	53,1%	21	150
31	3540	163	444,11	72.390	0,8%	53,9%	32	173
32	4090	994	71,21	70.786	0,8%	54,7%	46	43
33	3045	635	108,00	68.579	0,7%	55,4%	50	64
34	5711	1.396	48,55	67.774	0,7%	56,1%	28	27
35	4840	1.342	49,48	66.398	0,7%	56,8%	40	29
36	6644	1.305	49,74	64.915	0,7%	57,5%	26	31
37	5725	4.351	14,75	64.159	0,7%	58,2%	84	6
38	2807	503	127,37	64.066	0,7%	58,9%	48	72
39	4057	563	112,23	63.184	0,7%	59,6%	29	67
40	4075	714	84,97	60.666	0,7%	60,3%	14	60
Total	40 itens	90.312	61,99	5.598.260				
Total	693 itens	175.908	52,81	9.290.249		Equivalência:	80%	63%

Nota: A Equivalência refere-se a porcentagem de itens desta Tabela que contam nas Tabelas 18 e 19.

TABELA 21

TABELA 21: Pagamentos Mensais (R\$) Relacionados ao Mês de Venda para os Veículos Produzidos em Outubro de 1997

Mês de Venda	Meses de Pagamento																						
	Out 97	Nov 97	Dez 97	Jan 98	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez 98	Jan 99	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul 99	
Out/97	1	140	147	209	244	278	273	337	371	357	371	409	662	293									
Nov/97		12	3143	3291	4676	5468	6219	6117	7554	8294	8000	8308	9152	14826	6562								
Dez/97			5	1404	1470	2089	2443	2778	2733	3375	3705	3574	3712	4089	6624	2932							
Jan/98				3	778	814	1157	1353	1539	1513	1869	2052	1979	2056	2264	3668	1624						
Fev/98					1	248	260	370	432	492	483	597	656	632	657	723	1172	519					
Mar/98						1	162	170	241	282	321	315	389	428	412	428	472	764	338				
Abr/98							0	43	45	64	75	85	84	104	114	110	114	126	204	90			
Mai/98								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jun/98									0	11	11	16	19	21	21	26	29	27	29	31	51	23	

87

TABELA 22

TABELA 22: Pagamentos Mensais (R\$) Relacionados ao Mês de Venda para os Veículos Produzidos em Novembro de 1997

Mês de Venda	Meses de Pagamento																						
	Out 97	Nov 97	Dez 97	Jan 98	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez 98	Jan 99	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul 99	
Nov/97		428	3931	4562	6185	7905	8151	8081	8771	7732	10295	12858	13376	13439	8127								
Dez/97			609	5588	6485	8793	11238	11588	11488	12470	10993	14637	18281	19017	19107	11555							
Jan/98				233	2143	2487	3372	4310	4444	4406	4782	4215	5613	7010	7292	7327	4431						
Fev/98					101	924	1072	1453	1857	1915	1899	2061	1817	2419	3021	3143	3157	1909					
Mar/98						55	509	591	801	1024	1056	1047	1136	1001	1333	1665	1732	1741	1053				
Abr/98							6	59	69	93	119	123	122	132	116	155	194	201	202	122			
Mai/98								3	24	27	37	48	49	49	53	47	62	77	81	81	49		
Jun/98									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jul/98										3	24	27	37	48	49	49	53	47	62	77	81	81	

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- 1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONTROLE DA QUALIDADE - ABCQ, Apostila do Curso preparatório para exame de Certificação da American Society for Quality, São Paulo, 1990, 273 pág.
- 2 BLISCHKE, W.R. e MURTHY, D.N.P., Warranty Cost Analysis, New York, Marcel Dekker Inc., 1994, 731 pág.
- 3 CAMPANELLA, J. Principles of Quality Costs, 2nd Edition, Milwaukee, ASQ Quality Press, 1990, 150 pág.
- 4 CATÁLOGO DE TEMPO PADRÃO DE REPAROS DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA - MONTADORAS, São Paulo, 1994, 165 pág.
- 5 COSTA NETO, P.L. Estatística, São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 1977, 264 pág.
- 6 DEMING, W.D. A Revolução da Administração (Tradução de Out of the Crisis), São Paulo, Ed. Marques Saraiva, 1982, 367 pág.
- 7 FOCUS FOR IBM MAINFRAME, Vol. 1, Release 6.5, Manual de Programação, New York, Informations Builders Inc., ca.1995, ca.1100 pág.
- 8 GRZYNA, F. Field Intelligence, In: JURAN, J.M. Quality Control Handbook, 4th Edition, New York, Ed. Mc.Graw Hill, 1988, Section 12, 24 pág.
- 9 GRZYNA, F. Quality Costs, In: JURAN, J.M. Quality Control Handbook, 4th Edition, New York, Ed. Mc.Graw Hill, 1988, Section 4, 30 pág.
- 10 GRZYNA, F. Quality Improvement, In: JURAN, J.M. Quality Control Handbook, 4th Edition, New York, Ed. Mc.Graw Hill, 1988, Section 22, 74 pág.
- 11 KANE, V. Defect Prevention: Use of Simple Statistical Tools, Milwaukee, ASQ Quality Press, 1989, 688 pág.
- 12 MANUAL TÉCNICO DE GARANTIA - MONTADORAS, São Paulo, 2000, ca 200 pág.
- 13 QS9000 - Análise de Sistemas de Medição, Manual de Referência (Tradução), São Paulo, Instituto de Qualidade Automotiva, 1995, 168 pág.

- 14 QS9000 – CEP - Fundamentos de Controle Estatístico de Processo , Manual de Referência (Tradução), São Paulo, Instituto de Qualidade Automotiva, 1995, 168 pág.
- 15 QS9000 – FMEA – Análise de Modos e Efeito de Falhas Potencial, Manual de Referência (Tradução), São Paulo, Instituto de Qualidade Automotiva, 1995, 66 pág.
- 16 QS9000 – APQP - Planejamento Avançado da Qualidade do Produto e Plano de Controle, Manual de Referência (Tradução), São Paulo, Instituto de Qualidade Automotiva, 1995, 101 pág.
- 17 REVISTA EXAME – Reportagem: Quem tem medo da Globalização, Autor: André Lahóz, São Paulo, Edição 726, Ano 34, Nº 22 , 1º de Novembro de 2000, pág 134 a 145
- 18 SHAININ, D. E SHAININ, P.D. Statistical Process Control, In: JURAN, J.M. Quality Control Handbook, 4th Edition, New York, Ed. Mc.Graw Hill, 1988, Section 24, 40 pág.
- 19 WHEELER, D.J. e LYDAY, R.W., Evaluating the Measurement Process, 2nd Edition, Knoxville, SPC Press Inc., 1989, 114 pág.