

RAFAEL PICCIRILLI NETO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA ANÁLISE
COMPARATIVA DE SISTEMAS VEICULARES DA CONCORRÊNCIA**

**CONSULTA
FMP-123
Ed.rev.**

São Paulo

2007

RAFAEL PICCIRILLI NETO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA ANÁLISE
COMPARATIVA DE SISTEMAS VEICULARES DA CONCORRÊNCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para
obtenção do Título de Mestre
Profissional em Engenharia
Automotiva.

Area de Concentração:
Engenharia Automotiva.

Orientador:
Prof. Dr. Israel Brunstein.

São Paulo
2007

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que nos dá saúde e inteligência para vencermos cada batalha diária.

Aos meus pais pela dedicação e apoio em todos os momentos difíceis e pela educação e princípios disseminados.

A minha esposa pela compreensão e carinho durante todo o curso.

Ao Prof. Dr. Israel Brunstein pela orientação e ensinamentos ao longo do curso.

À General Motors do Brasil pelo acesso às informações necessárias para a realização deste trabalho.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é propor uma metodologia para análise comparativa de veículos da concorrência através de estimativa de custos, aplicando a curva ABC e a Engenharia do Valor com o intuito de identificar oportunidades de redução de custo e criar um método para estimar, de forma rápida, o custo de uma peça, tornando o processo menos dependente da experiência dos engenheiros. Posteriormente será realizado um estudo de caso num sistema de pedais da concorrência comparado ao sistema da General Motors do Brasil, analisando seus custos e o quanto é representativa cada parcela do custo no custo final da peça. Por fim, será gerada uma lista de oportunidades de redução de custo com a aplicação da Engenharia do Valor. A proposta é desenvolver a metodologia através da aplicação do conhecimento do histórico de custo de processo e material utilizados na General Motors do Brasil.

Palavras-chave: Estimativa de custos. Engenharia do Valor. Redução de custos. Engenharia reversa. Curva ABC. Benchmarking.

ABSTRACT

The dissertation objective considers a methodology for comparative analysis of competition vehicles through cost estimation, being applied the ABC curve and the Value Engineering with intention to identify cost reduction opportunities and to create a method to estimate, of fast way, the piece cost becoming the process independent of engineers' experience. Later, a case study in a competition pedals system compared to General Motors do Brasil system will be carried through, analyzing its costs and how much each cost portion in the final cost of the part is representative. Finally, a list of cost reduction opportunities with the application of the Value engineering will be generated. The proposal is to develop the methodology through the application of the knowledge of the cost description of process and material used by General Motors do Brasil.

Keywords: Cost estimation. Value engineering. Cost reduction. Reverse engineering. ABC Curve. Benchmarking.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Processo de Engenharia Progressiva x Engenharia Reversa.....	10
Figura 2 – Curva ABC.....	13
Figura 3 – Fluxograma da Metodologia aplicada.....	18
Figura 4 – Conjunto de pedais do veículo GMB montado.....	22
Figura 5 – Conjunto de pedais do veículo GMB desmontado.....	23
Figura 6 – Conjunto de pedais do veículo da concorrência montado.....	25
Figura 7 – Conjunto de pedais do veículo da concorrência desmontado.....	26
Figura 8 – Suportes de fixação do veículo GMB.....	27
Figura 9 – Suporte de fixação do veículo da concorrência.....	28
Figura 10 – Pedal da embreagem do veículo GMB.....	29
Figura 11 – Pedal da embreagem do veículo da concorrência.....	30
Figura 12 – Pedal do freio do veículo GMB.....	33
Figura 13 – Pedal do freio do veículo da concorrência.....	34
Figura 14 – Miscelâneas do veículo GMB.....	36
Figura 15 – Miscelâneas do veículo da concorrência.....	37
Figura 16 – Pedal do acelerador do veículo GMB.....	40
Figura 17 – Pedal do acelerador do veículo da concorrência.....	42
Figura 18 - Curva ABC do veículo GMB.....	48
Figura 19 - Curva ABC do veículo da concorrência.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Componentes do conjunto de pedais do veículo GMB.....	24
Tabela 2 – Componentes do conjunto de pedais do veículo da concorrência....	27
Tabela 3 – Suportes de fixação do veículo GMB.....	28
Tabela 4 – Suporte de fixação do veículo da concorrência.....	28
Tabela 5 – Pedal da embreagem do veículo GMB.....	30
Tabela 6 – Pedal da embreagem do veículo da concorrência.....	30
Tabela 7 – Pedal do freio do veículo GMB.....	33
Tabela 8 – Pedal do freio do veículo da concorrência.....	34
Tabela 9 – Miscelâneas do veículo GMB.....	36
Tabela 10 – Miscelâneas do veículo da concorrência.....	37
Tabela 11 – Pedal do acelerador do veículo GMB.....	41
Tabela 12 – Pedal do acelerador do veículo da concorrência.....	42
Tabela 13 – Somatória de custos do veículo GMB.....	45
Tabela 14 – Somatória de custos do veículo da concorrência.....	46
Tabela 15 – Curva ABC do veículo GMB.....	47
Tabela 16 – Curva ABC do veículo da concorrência.....	49
Tabela 17 – Componentes do veículo GMB.....	51
Tabela 18 – Funções dos componentes GMB.....	52
Tabela 19 – Classificação das funções.....	53
Tabela 20 – Custo x função.....	54
Tabela 21 – Propostas de redução de custos.....	55

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 1: REVISÃO DA LITERATURA.....	5
1.1 ENGENHARIA E ANÁLISE DO VALOR.....	5
1.2 ENGENHARIA REVERSA.....	9
1.3 CURVA ABC.....	12
1.4 BENCHMARKING.....	14
CAPÍTULO 2: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	17
CAPÍTULO 3: ESTUDO DE CASO.....	21
3.1 CONJUNTO DE PEDAIS DO VEÍCULO GMB ANALISADO.....	22
3.2 CONJUNTO DE PEDAIS DO VEÍCULO DA CONCORRÊNCIA.....	25
3.3 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS CONJUNTOS DE PEDAIS.....	27
3.3.1 Suportes de fixação.....	27
3.3.2 Pedal da embreagem.....	29
3.3.3 Pedal do freio.....	33
3.3.4 Miscelâneas.....	36
3.3.5 Pedal do acelerador.....	40
CAPÍTULO 4: CUSTOS GMB X CUSTOS DA CONCORRÊNCIA.....	45
4.1 CURVA ABC.....	46
4.2 ENGENHARIA DO VALOR.....	51
CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES.....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

INTRODUÇÃO

Estamos passando por fases de mudanças muito rápidas, as quais têm trazido ameaças à continuidade e prosperidade das empresas em todo mundo.

Um aspecto importante quando se fala em mudança é identificar a capacidade de percepção e a capacidade de reação em relação a ela. O uso conjunto e pro ativo dessas duas capacidades levam as pessoas e as organizações ao estágio de aprendizado profissional e organizacional.

Esta é a condição característica da era em que vivemos: empresas até então aparentemente inexpugnáveis podem, devido às rápidas mudanças, ter sua sobrevivência ameaçada. Todos nós conhecemos exemplos no Brasil e no exterior, e é por este motivo que a preocupação atual da alta administração das empresas em todo mundo tem sido desenvolver sistemas administrativos utilizando equipamentos e softwares suficientemente fortes e ágeis, de tal forma a assegurar a sobrevivência, continuidade e prosperidade das empresas.

A informação passou a ser o estopim das grandes alterações que estão ocorrendo na forma como as empresas competem entre si. É através da informação que estão sendo modificados o ambiente, antes considerado estável por grandes potências empresariais. O conhecimento bem gerenciado tem mostrado ser uma forte arma para se conseguir a manutenção da capacidade de competir. O papel da informação, nesse novo contexto, é o de sustentar as decisões que possam tornar possível uma maior flexibilização do comportamento empresarial.

O mais importante na correta utilização da Tecnologia da Informação é a possibilidade de minimizar o impacto negativo do espaço e do tempo, permitindo o compartilhamento do patrimônio mais valioso da empresa: o conhecimento coletivo dos funcionários, o que minimizará possíveis erros de comunicação. Essa interligação do mundo através da tecnologia possibilita à empresa operar de forma tão eficiente como se todos os funcionários estivessem no mesmo prédio, em vez de estarem espalhados pelo mundo.

Em um ambiente como o atual, onde as mudanças acontecem numa progressão geométrica, a excelência empresarial é exigida continuamente. Desta forma, o grande desafio do sistema de informação gerencial, face à competitividade, está em fornecer informações corretas e oportunas para que os gestores possam tomar decisões acertadas.

A excelência empresarial é uma função da eficiência dos negócios e da eficiência dos processos, de que tipo de escolha a organização faz e como as implementa.

Frente ao mercado automotivo global extremamente competitivo e consumidores cada vez mais exigentes, há a necessidade de redução de custos dos produtos.

A preocupação com a redução de custos, qualquer que seja a fase do produto tem sido constante ao longo do tempo. Ultimamente, esta prática tem se intensificado devido principalmente às margens de contribuição dos produtos estarem diminuindo e as despesas operacionais das empresas estarem num processo de alta, muito em função das pressões cada vez mais fortes dos grupos de poder que atuam em cada segmento de negócio. Para isso são necessários cada vez mais pesquisas e aplicações de métodos otimizados de redução de custos que contemplem toda a fase do produto.

O desenvolvimento de um produto automotivo era baseado exclusivamente na qualidade e tecnologia que atendesse a um determinado mercado. Hoje, além destas características, deve-se desenvolver um produto otimizado, para isso a GMB criou o departamento de Otimização do Valor do Produto (PVO), que é responsável em identificar e implementar oportunidades de redução de custo.

O departamento de Engenharia do Valor & Teardown (EV&T) atua juntamente com o PVO com a missão de identificar estas oportunidades de redução de custo através de análise de veículos da concorrência.

A EV&T foi inaugurada em 1985, tendo como responsabilidade a avaliação de produtos da concorrência propondo soluções e suportando a organização nos trabalhos referentes ao levantamento de *benchmarking*.

Dentre as atividades realizadas neste departamento tem-se a desmontagem e análise de veículos, o qual são analisadas todas as peças do veículo desmontado e comparado com o item do veículo da General Motors do Brasil (GMB) e workshops, o qual peças de um mesmo subsistema são comparadas lado a lado entre diversos veículos já desmontados (GMB ou da concorrência).

Na Engenharia e Análise do Valor têm-se abordagens sistemáticas que identificam a função de um produto, estabelece um valor monetário para a função e provê o atendimento desta função com a qualidade necessária e com o menor custo global, através do uso da criatividade. Também pode ser definida como uma técnica

de redução de custos, que dá ênfase às funções e características dos recursos de que dispomos e consumimos na realização das atividades.

Com a Engenharia do Valor podemos encontrar o menor custo global para uma função essencial (ou serviço) no prazo ou lugar desejado e com qualidade e confiabilidade exigida.

Conforme Pereira Filho (1994:14), o método de Engenharia e Análise do Valor usado nas organizações conduz a um processo de mudança garantindo o aumento da produtividade, a melhoria da qualidade, uma maior competitividade, uma maior lucratividade, a racionalização administrativa e o desenvolvimento pessoal.

Deve-se utilizar a Análise do Valor que visa essencialmente “fazer as coisas certas” e a Qualidade que, por outro lado, visa “fazer certas as coisas” para identificar oportunidades de otimização do produto através da análise da concorrência. Muitas vezes as peças dos subsistemas dos veículos da concorrência não nos permitem identificar se a aplicação de determinada tecnologia gera alguma melhoria de qualidade, para isto é necessário estimar o custo da peça analisada para comparar com a peça GMB para a mesma aplicação.

O problema identificado surge no momento de fazer esta estimativa, pois se trata de uma peça desconhecida, a qual não possui desenho, nem se conhece o fornecedor. Sendo assim, a proposta é desenvolver uma metodologia para estimar o custo do sistema de pedais da concorrência através da aplicação do conhecimento do histórico de custo de processo e material utilizado através de uma análise prévia que identifica qual sistema da concorrência possui uma melhor otimização, o qual pode aplicar esta tecnologia nos veículos da GMB.

O objetivo deste trabalho é propor uma metodologia para análise comparativa de veículos da concorrência através de estimativa de custos, aplicando a curva ABC e a Engenharia do Valor com o intuito de identificar oportunidades de redução de custo, a fim de criar um método para estimar, de forma rápida, o custo de uma peça, tornando o processo menos dependente da experiência pessoal dos engenheiros.

Esta metodologia será desenvolvida através de pesquisa em diversos departamentos dentro da GMB, analisando cada etapa que deve ser seguida para identificar os itens a serem avaliados. Também levou-se em consideração o conhecimento dos profissionais de cada área envolvida, tais como Engenharia, Finanças, Compras, Produção, Manufatura e Materiais.

A importância do estudo está em adquirir um conhecimento de custo de uma peça analisada para permitir a aplicação do mesmo conceito em veículos da GMB, de acordo com a viabilidade técnica.

O estudo será realizado na Engenharia do Valor e serão utilizados os recursos que a área possui como veículos da concorrência e as peças dos veículos GMB com seus custos. Posteriormente será realizado um estudo de caso num sistema de pedais da concorrência comparado com o sistema GMB, analisando seus custos e o quanto é representativa cada parcela do custo no custo final da peça. Por fim, será gerada uma lista de oportunidades de redução de custo.

CAPÍTULO 1: REVISÃO DA LITERATURA

1.1 ENGENHARIA E ANÁLISE DO VALOR

Inicialmente serão mencionadas algumas considerações sobre a Engenharia e Análise do Valor, conforme Miles (1984:31): todo dólar gasto deve ter uma função. Deve-se determinar o custo atual de cada uma delas, relacionando os custos com as funções. Depois estas funções são questionadas quanto à sua real necessidade: Esta função ainda é necessária? Quem precisa dela? Qual é sua finalidade? Com que frequência? Com muita criatividade, de que outra forma se pode conseguir as informações necessárias?. Ainda segundo Miles (1984:31), uma função deve resultar de cada custo. O âmago da questão é que o cliente quer uma função. Quer que seja feita alguma coisa. Quer agradar alguém, talvez a si mesmo. Quer alguma coisa fechada, segura, movimentada, separada, limpa, aquecida, esfriada ou o que quer que seja em certas condições e dentro de certos limites; e/ou quer uma forma, uma cor, um aroma, uma textura, um som, um material precioso (caro) ou que seja para dar prazer a si mesmo ou a outros a quem queira agradar. É só isso que ele quer. É só com isso que ele se importa. Assim, a linguagem da função é a linguagem do cerne do problema. O cliente quer apenas dois tipos de função em diversos graus em diferentes produtos ou serviços. As funções de uso e as funções de estima atendem às suas necessidades. As funções de uso fazem alguma coisa que ele quer que seja feita e as funções de estima agradam-no ou agradam a alguém que ele quer agradar.

Stukart (1984:7) define Análise do Valor como: encontrar o menor custo global para uma função essencial (ou serviço) no prazo ou lugar desejado e com qualidade e confiabilidade exigidas.

Já Basso (1991:15) define Engenharia e Análise do Valor como “uma abordagem sistemática que identifica a função de um produto, estabelece um valor monetário para a função e provê o atendimento desta função com a qualidade necessária e com o menor custo global, através do uso da criatividade”.

Abreu (1996:19) define a Análise do Valor como “uma técnica de redução de custos, que dá ênfase às funções e características dos recursos de que dispomos e consumimos na realização das atividades”.

Conforme Monden (1999:168-169): A Associação Japonesa de Engenharia de Valor define como sendo “esforços organizados no sentido de implementar uma análise funcional de produtos e/ou serviços para atingir, com confiabilidade, todas as funções requeridas ao menor custo de ciclo de vida possível”.

Segundo Pereira Filho (1994:29): a Análise do Valor de um produto visa conciliar os valores idealizados pelo empresário e pelo consumidor, apresentando uma abordagem integrada, isto é, visa dotar um produto das funções e qualidades que, por um lado, torna-o preferencial e com preço justo para o consumidor e por outro, lucrativo para o empresário.

Todos os autores salientam que o fato mais importante da Engenharia e Análise do Valor é a sua concentração na função. Questionam-se dois pontos importantes:

- As funções existentes nos produtos atuais são necessárias (reais) ou desnecessárias (imaginárias);
- Estas funções estão sendo bem atendidas ou há um super atendimento delas.

Pode-se definir valor como:

“Valor é o menor custo atribuído a um produto ou serviço, que deverá possuir a qualidade necessária para atingir o desempenho desejado” (BASSO, 1991:10).

A fórmula da Análise do Valor pode ser escrita:

$$\text{Valor} = \frac{\text{Desempenho}}{\text{Custo}}$$

O valor desempenho/custo cresce quando se reduz o custo ou se aumenta o desempenho.

Basso (1991:93) cita os principais procedimentos que o analista do valor ou outra pessoa deve ter diante de um trabalho ou estudo da Análise do Valor:

- a) Evitar generalidades;
- b) Obter todos os custos disponíveis;
- c) Usar somente informações das melhores fontes;
- d) Idealizar, criar, aperfeiçoar;

- e) Usar criatividade;
- f) Identificar e superar as barreiras;
- g) Consultar especialistas;
- h) Estipular o valor de uma tolerância conforme sua função;
- i) Utilizar produtos disponíveis e funcionais;
- j) Utilizar a capacidade e os conhecimentos do fornecedor;
- k) Utilizar processos especializados;
- l) Utilizar materiais normalizados;
- m) Usar o critério: "Eu gastaria meu dinheiro desse modo?"

Analisando o conceito da função tal qual introduzido por Miles, duas conclusões significativas podem ser consideradas:

- pensamento criativo é bloqueado pela forma física ou pelo conceito dos produtos ou dos serviços existentes;
- concentrando-se a análise nas funções, fica facilitada a remoção de bloqueios de visualização, surgindo oportunidades excepcionais para o pensamento criativo.

As funções são classificadas em:

Função de Uso: "é a tarefa técnica de desempenho do objeto. Assim, um relógio tem como função de uso 'mostrar as horas'" (Maramaldo, 1983:24). Ao que Pereira Filho (1994:43) acrescenta: estas funções atendem às necessidades específicas de uso. São objetivas. São quantificáveis por parâmetros definidos.

Função de Estima: "é uma tarefa econômica de venda, que provoca o desejo de possuir o objeto de adorno, estética, beleza, prestígio, etc. No caso do relógio, uma função de estima é 'prover prestígio'" (Maramaldo, 1983:24). Pereira Filho (1994:43) destaca que as Funções de Estima são subjetivas. Não são quantificáveis, porém podem ser analisadas.

Função Identificadora: "é aquela para a qual o objeto é adquirido ou fabricado. Um relógio marca as horas, provê prestígio, adorna o pulso, mas sua função principal é 'mostrar as horas'" (Maramaldo, 1983:24). Conforme Csillag (1985:57), esta é uma função primária sem a qual o produto ou serviço perderá seu valor e, em alguns casos, a identidade. Já Miles (1984:73) a define como aquela que faz alguma coisa que o usuário quer que seja feita. Basso (1991:21) observa que, geralmente, um produto possui somente uma função identificadora. Em ocasiões

raras poderá ocorrer mais do que uma função. Na maioria dos casos em que aparentemente existe mais do que uma função identificadora, as funções envolvidas podem ser reforço desta. Nos casos em que realmente houver mais de uma função, deve-se classificá-las em identificadora principal e identificadora secundária.

Função Agregada: "é a que auxilia o desempenho técnico da função básica; ou é resultante de um conceito específico do projeto, ou é uma função que melhora a venda do produto" (BASSO, 1991: 18). O que Miles (1984:38) complementa: as funções secundárias representam uma grande proporção dos custos e se tornam alvo imediato de um trabalho de Engenharia do Valor de alta qualidade.

Função Relevante: segundo Csillag (1985:57-58), é aquela em que o usuário final procura o desempenho dessa função, como indicar hora, indicar a data ou contar os segundos. As funções relevantes possuem importâncias diferentes, podendo ser priorizadas.

Função Irrelevante: "é uma tarefa desempenhada pelo objeto para a qual o usuário não dá valor ou não faz uso, e o fabricante dela não precisa para a fabricação ou venda. Este tipo, às vezes, existe após imposições de manufatura no projeto, e que não são mais requeridas por alterações sofridas pelo produto, ou era função secundária que perdeu o uso devido a essas alterações" (MARAMALDO, 1983:25).

Por fim, Maramaldo (1983:25) conclui que "identificar as funções irrelevantes e eliminá-las é a primeira tarefa do analista de valor, pois se a estas funções estão associados custos, eliminando-se essas funções, eliminam-se os custos."

Segundo Csillag (1985:54), o grande sucesso da metodologia, que garantiu sua penetração nas empresas, baseia-se em certos acontecimentos que ocorreram em épocas determinadas a seus componentes básicos.

Assim, a abordagem funcional elaborada por Miles, que estaria motivada pela falta de materiais, é o primeiro dos componentes.

O segundo componente consiste no uso da criatividade que, por coincidência, tiveram popularizadas várias de suas técnicas nessa época.

O esforço multidisciplinar, o terceiro componente, passou a ser muito importante a partir da especialização decorrente da evolução industrial.

"Finalmente, o reconhecimento e contorno dos bloqueios mentais para a aceitação das propostas constitui o último dos componentes básicos" (CSILLAG, 1985:54).

1.2 ENGENHARIA REVERSA

Nenhum fabricante que vise lucro pode se dar ao luxo de deixar um sistema de produção deteriorar-se e intermitentemente deve intervir para dar manutenção e dessa forma manter o sistema num nível de produção satisfatório e proveitoso (Ingle, 1994).

A Engenharia Reversa é uma atividade que trabalha com um produto existente e tenta entender como este produto funciona e o que ele faz exatamente (todas as suas propriedades em quaisquer circunstâncias). Fazemos engenharia reversa quando queremos trocar ou modificar uma peça por outra, com as mesmas características, mas não temos todas as informações sobre essa peça.

A Engenharia Reversa pode também gerar problemas de legalidade, como uma empresa querendo criar uma cópia de um produto que se vende bem.

O termo "engenharia reversa" tem sua origem em análise de hardware, na qual a prática de extrair projetos do produto final é trivial. A Engenharia Reversa é regularmente aplicada para melhorar o produto de uma empresa a partir da análise dos produtos do adversário. Engenharia Reversa é o processo de desenvolvimento de um conjunto de especificações para um sistema complexo por exame de espécimes daquele sistema, de forma ordenada. Esse processo é, em geral, conduzido por outro desenvolvedor, sem o benefício de algum dos desenhos originais, com o propósito de fazer um clone do sistema original.

A engenharia reversa segue o sentido oposto ao da engenharia progressiva. A engenharia progressiva segue a seqüência que vai desde os requisitos, passa pelo projeto até a implementação. Na engenharia progressiva, o sistema é o resultado do processo de desenvolvimento. Na engenharia reversa, o sistema geralmente é o ponto inicial do processo. A Figura 1, adaptada de Chikofsky e Cross II (1990), representa esquematicamente uma forma comparativa das direções inversas por quais se orientam as etapas envolvidas em cada uma das engenharias. O processo de engenharia reversa caracteriza-se pelas atividades retroativas do ciclo de vida, que partem de um baixo nível de abstração para um alto nível de abstração.

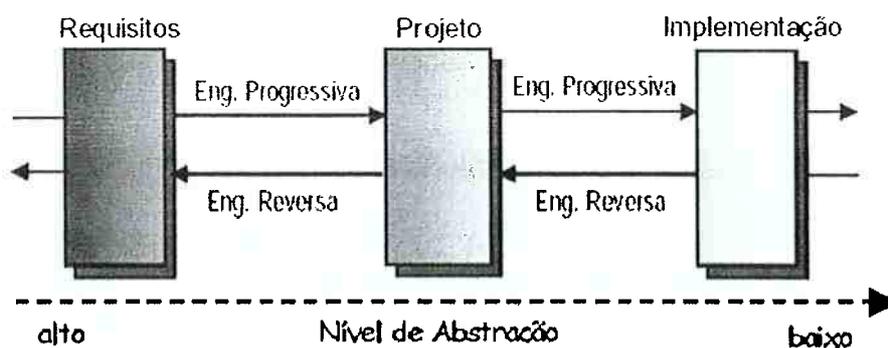


Figura 1 – Processo de Engenharia Progressiva x Engenharia Reversa.

Existem várias definições de Engenharia Reversa. A de Costa (1997) diz que é “o processo de exame e compreensão do sistema existente, para recapturar ou recriar os requisitos atualmente implementados pelo sistema, apresentando-se em um grau ou nível mais alto de abstração”.

A Engenharia Reversa categorizada como recuperação de projeto é um subconjunto da Engenharia Reversa no qual o domínio de conhecimento, informação externa e dedução são adicionados às observações sobre o sistema para identificar abstrações de mais alto nível que sejam significativas, além daquelas obtidas diretamente pelo exame do sistema em si (Biggerstaff, 1989). Este tipo de processo de entendimento visa recuperar todas as informações necessárias para se compreender melhor o que o sistema faz, como ele o faz porque ele o faz.

Recuperação de projeto é a forma mais crítica de Engenharia Reversa porque tenta recuperar não só a funcionalidade do sistema, mas o processo no qual ele foi desenvolvido (Costa, 1997).

A Engenharia Reversa é de grande importância na manutenção de sistemas, facilitando também sua futura reengenharia. Unindo-se ao entendimento de programas, a Engenharia Reversa produz excelentes resultados de grande utilidade para o engenheiro responsável por alterações, reuso e evolução do sistema.

Para exemplificar, consideremos uma situação em que uma peça de certa máquina falha e a produção em uma linha tem que parar devido à falta do elemento essencial dessa máquina, e não se possui nenhuma peça sobressalente em disponibilidade para reposição imediata. Então, essa peça quebrada é entregue a um operador de máquina-ferramenta para que ele faça uma nova peça, que substituirá aquela que falhou. Para iniciar essa operação de duplicação, o operador terá de efetuar a medição da peça, a fim de fazer um levantamento dimensional da

mesma e saber suas características geométricas. Terá que fazer um desenho da peças, ou no mínimo um esboço, no qual ele possa se basear para realizar as operações de usinagem da nova peça.

Tal processo de duplicação de uma peça, funcional e dimensionalmente, através de exame e medição física para desenvolverem-se dados técnicos da mesma, de maneira que se possa copiá-los, é chamado de Engenharia Reversa.

No passado poucos fabricantes consideraram o uso da Engenharia Reversa por a julgarem como sendo uma forma de infringência de patente e projeto, entretanto, atualmente muitos estão sendo forçados a procurar esta técnica. Segundo Mitutoyo (1998), nos anos 90 ocorreu a massificação da Engenharia Reversa. Existem muitas razões particulares para esta mudança na forma de pensar. Uma razão é que a Engenharia Reversa possa ser a única alternativa quando se perdem fornecedores de peças de reposição para um equipamento.

Uma outra razão para sua expansão é devida a projetistas e fabricantes sempre avaliarem seus próprios produtos e os de seus concorrentes antes de lançar uma nova idéia no mercado, ao que chamamos de *benchmarking*. O *benchmarking* está intimamente relacionado com a Engenharia Reversa uma vez que este compara produtos e serviços com outros que são melhores na classe (Aronson, 1996).

A seguir algumas definições de Engenharia Reversa de alguns autores que podem dar uma melhor idéia de sua abrangência:

- “Refere-se ao processo de criar dados de projeto em engenharia assim como coordenadas cartesianas, superfícies e desenhos ortográficos a partir de peças existentes” – Kwok & Eagle, 1991 e Suharitdamrong & Motovalli, 1995;
- “É o processo de se produzir uma peça tomando como base um original ou modelo físico existentes, sem o uso de desenhos técnicos” – Abella, 1994;
- “Engenharia Reversa é a produção do modelo sólido à partir de uma peça manufaturada” – Gurumoorthy, 1996;
- “É a avaliação sistemática de um produto com o propósito de se fazer uma réplica. Tal processo pode envolver a execução de uma cópia exata ou pode se tratar da incorporação de melhoramentos em um projeto” – Aronson, 1996.

Visando a recuperação de projeto, este trabalho de mestrado apoiou-se nos conceitos e idéias da Engenharia Reversa para o entendimento do sistema da concorrência.

1.3 CURVA ABC

O princípio da classificação ABC ou curva 80 – 20 é atribuído a Vilfredo Pareto, um renascentista italiano do século XIX, que em 1897 executou um estudo sobre a distribuição de renda. Através deste estudo, percebeu-se que a distribuição de riqueza não se dava de maneira uniforme, havendo grande concentração de riqueza (80%) nas mãos de uma pequena parcela da população (20%).

A partir de então, tal princípio de análise tem sido estendido a outras áreas e atividades tais como a industrial e a comercial, sendo mais amplamente aplicado a partir da segunda metade do século XX.

O desenvolvimento e a utilização de computadores cada vez mais baratos e potentes têm possibilitado o surgimento de "softwares mais amigáveis" que conduzem ao rápido e fácil processamento do grande volume de dados, muitas vezes requerido por este tipo de análise, principalmente em ambientes industriais.

A curva ABC tem sido bastante utilizada para a administração de estoques, para a definição de políticas de vendas, para o planejamento da distribuição, para a programação da produção e uma série de problemas usuais de empresas, querem sejam estas de características industriais, comerciais ou de prestação de serviços. Trata-se de uma ferramenta gerencial que permite identificar quais itens justificam atenção e tratamento adequados quanto à sua importância relativa.

Classicamente uma análise ABC consiste da separação dos itens em três grupos de acordo com o valor de demanda, em se tratando de produtos acabados, ou valor de consumo quando se tratarem de produtos em processo ou matérias-primas e insumos. O valor de consumo ou valor de demanda é determinado multiplicando-se o preço ou custo unitário de cada item pelo seu consumo ou sua demanda.

Assim sendo, como resultado de uma típica classificação ABC, surgirão grupos divididos em três classes, como segue:

Classe A : Itens que possuem alto valor de demanda ou consumo.

Classe B : Itens que possuem um valor de demanda ou consumo intermediário.

Classe C : Itens que possuem um valor de demanda ou consumo baixo.

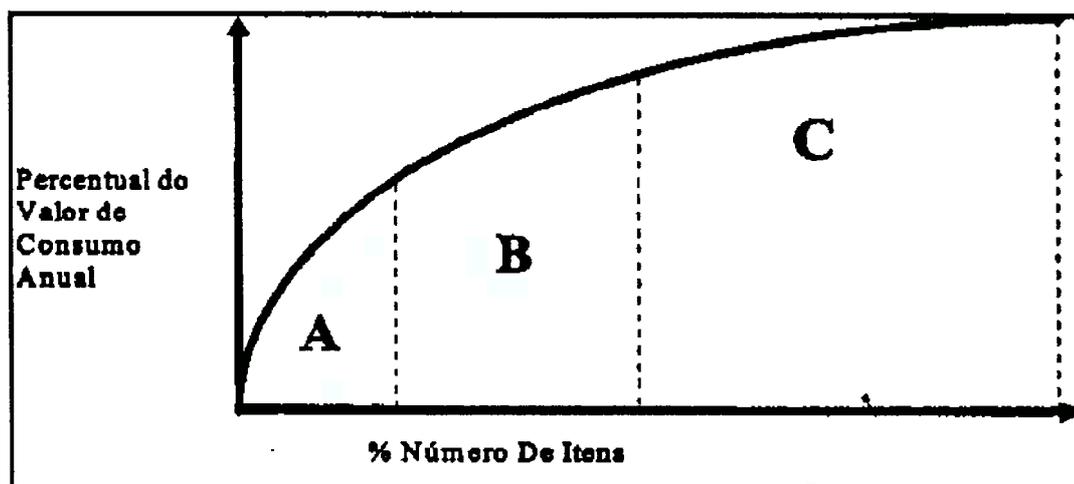


Figura 2 – Curva ABC.

Uma classificação ABC de itens de estoque tida como típica apresenta uma configuração nas quais 20% dos itens são considerados A e que estes respondem por 65% do valor de demanda ou consumo. Os itens B representam 30% do total de número de itens e 25% do valor de demanda ou consumo. Tem-se ainda que os restantes 50% dos itens e 10% do valor de consumo serão considerados de classe C.

Embora se reconheça que tais percentuais de classificação possam variar para cada caso, é importante observar que o princípio ABC, no qual uma pequena percentagem de itens é responsável por uma grande percentagem do valor de demanda ou consumo, normalmente ocorre.

Apesar da configuração acima ser válida como "padrão típico", em se tratando de curva ABC a classificação não deve ter como regra rígida ser composta por três classes.

Assim, uma análise ABC deve obrigatoriamente refletir a dificuldade de controle de um item e o impacto deste item sobre os custos e a rentabilidade, o que de certa maneira pode variar de empresa para empresa. Deve-se ter em mente ainda que, apesar da análise ABC ser usualmente ilustrada através do valor de consumo, este é apenas um dos muitos critérios que pode afetar a classificação de um item.

Em várias empresas, uma análise ABC é preparada frequentemente para determinar o método mais econômico para controlar itens, pois através dela torna-se possível reconhecer que nem todos os itens merecem a mesma atenção por parte da administração ou precisam manter a mesma disponibilidade para satisfazer os

clientes. Assim, conduzir uma análise ABC é com freqüência um passo muito útil no projeto de um programa de ação para melhorar a performance, reduzindo tanto o capital investido como os custos operacionais.

Dentro do critério ABC, podem-se estabelecer níveis de serviços diferenciados para as diversas classes, por exemplo: 99% para itens A, 95% para itens B e 85% para itens C, de forma a reduzir o capital empregado, ou podem-se usar métodos diferentes para o controle e, assim, minimizar o esforço total de gestão.

Do exposto acima, decorre que os materiais considerados como classe A merece um tratamento administrativo preferencial no que diz respeito à aplicação de políticas de controle, já que o custo adicional para um estudo mais minucioso destes itens é compensado. Em contrapartida, os itens tidos como classe C não justificam a introdução de controles muito precisos, devendo receber tratamento administrativo mais simples. Já os itens que foram classificados como B poderão ser submetidos a um sistema de controle administrativo intermediário entre aqueles classificados como A e C.

É inegável a utilidade da aplicação do princípio ABC aos mais variados tipos de análise onde se busca priorizar o estabelecimento do que é mais ou menos importante num extenso universo de situações e, por consequência, estabelecer-se o que merece mais ou menos atenção por parte da administração.

Porém, a simples aplicação do princípio ABC sem considerar aspectos diferenciados inerentes aos materiais quanto à sua utilização, aplicação e aquisição, poderão trazer distorções quanto à classificação de importância e estratégias de utilização dos mesmos.

1.4 BENCHMARKING

O processo de *benchmarking* consiste na pesquisa dos melhores métodos utilizados nos diferentes processos de negócio e funções empresariais, com especial ênfase naqueles cujo impacto, no desempenho, permite assegurar e sustentar vantagens competitivas.

No *benchmarking*, a avaliação e comparação não representam um fim em si, mas um meio para apoiar o processo de melhoria; constituindo-se como uma forma

de aprendizagem, dado que a procura de melhores práticas implica uma análise das diversas formas de implementação dos processos, das metodologias de trabalho e dos diferentes arranjos organizacionais.

O exercício termina com a análise de resultados, a definição de recomendações e a sua implementação.

No *benchmarking* comparam-se produtos, serviços, processos ou métodos entre empresas diretamente concorrentes. As grandes limitações e obstáculos a este tipo de abordagem residem na confidencialidade e na dificuldade em encontrar empresas do mesmo setor disponíveis para partilhar informação e expor as suas forças e/ou fraquezas. Normalmente incide sobre práticas que permitem sustentar vantagens competitivas e permite fixar objetivos ao nível estratégico. Este tipo de *benchmarking* conduz, em grande parte dos casos, a melhorias incrementais e reformistas. Há também o risco de adotar uma proposta que deteriore o produto.

O processo de *benchmarking* começa dentro da empresa: a análise introspectiva permite o conhecimento das suas próprias práticas antes de apreciar a forma como os outros trabalham. A percepção e domínio dos processos internos é uma condição de base para se beneficiar da aprendizagem com outras empresas, em particular das práticas que sustentam os seus níveis de performance.

O processo fica completo com a utilização das melhores práticas em processos-chave e sua adaptação às necessidades da empresa. A avaliação do impacto das melhorias introduzidas no desempenho é o primeiro passo para o início de um novo ciclo, rumo a excelência e credibilidade do processo.

O resultado de um exercício de *benchmarking* é dependente da própria empresa, em função dos recursos, cultura, ambiente, comunicação interna e externa, posicionamento à partida e, fundamentalmente, da sua capacidade e motivação para implementação dos processos de mudança e melhoria.

Na sua essência, o *benchmarking* pretende garantir que os objetivos são definidos a partir das melhores práticas empresariais que sustentem desempenhos de excelência. De fato, a avaliação dos resultados permite evidenciar a eficácia dos métodos, mas o *benchmarking* deve preocupar-se com a investigação destes últimos, e sobretudo da forma como contribuem para as performances competitivas.

Os resultados traduzidos em indicadores (Exemplo: rentabilidade, produtividade, melhoria de qualidade, performance), representam o objetivo último

no levantamento das vantagens competitivas e devem retratar a estratégia da empresa.

CAPÍTULO 2: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O procedimento para análise comparativa de um sistema veicular para definição dos sistemas a serem analisados, obtenção dos números das peças GMB, com seus custos, desenhos, assim como a avaliação do sistema da concorrência, análise técnica das peças e processos aplicados, estimativa de custos de cada item, aplicação da Curva ABC e Engenharia do Valor com suas oportunidades de redução de custo é mostrado no fluxograma da Figura 3. Toda esta análise tem o intuito de alcançar o objetivo de pesquisa com a aplicação final num estudo de caso num subsistema de pedais, mostrado a seguir.

Os valores de taxa horária, custo de materiais e processos foram alcançados através de pesquisa com a área de Finanças, os diferentes materiais avaliados foram identificados com o departamento de Engenharia de Materiais e os diferentes processos com a Engenharia de Manufatura e Processos.

Nos casos em que a peça avaliada da GMB possuía o mesmo processo e material do item da concorrência foi aplicada a regra de 3, justamente pelo fato de que a única diferença era a massa de cada componente.

Por fim, efetuou-se uma simulação de montagem para a identificação de tempos de montagem de sub-sistemas.

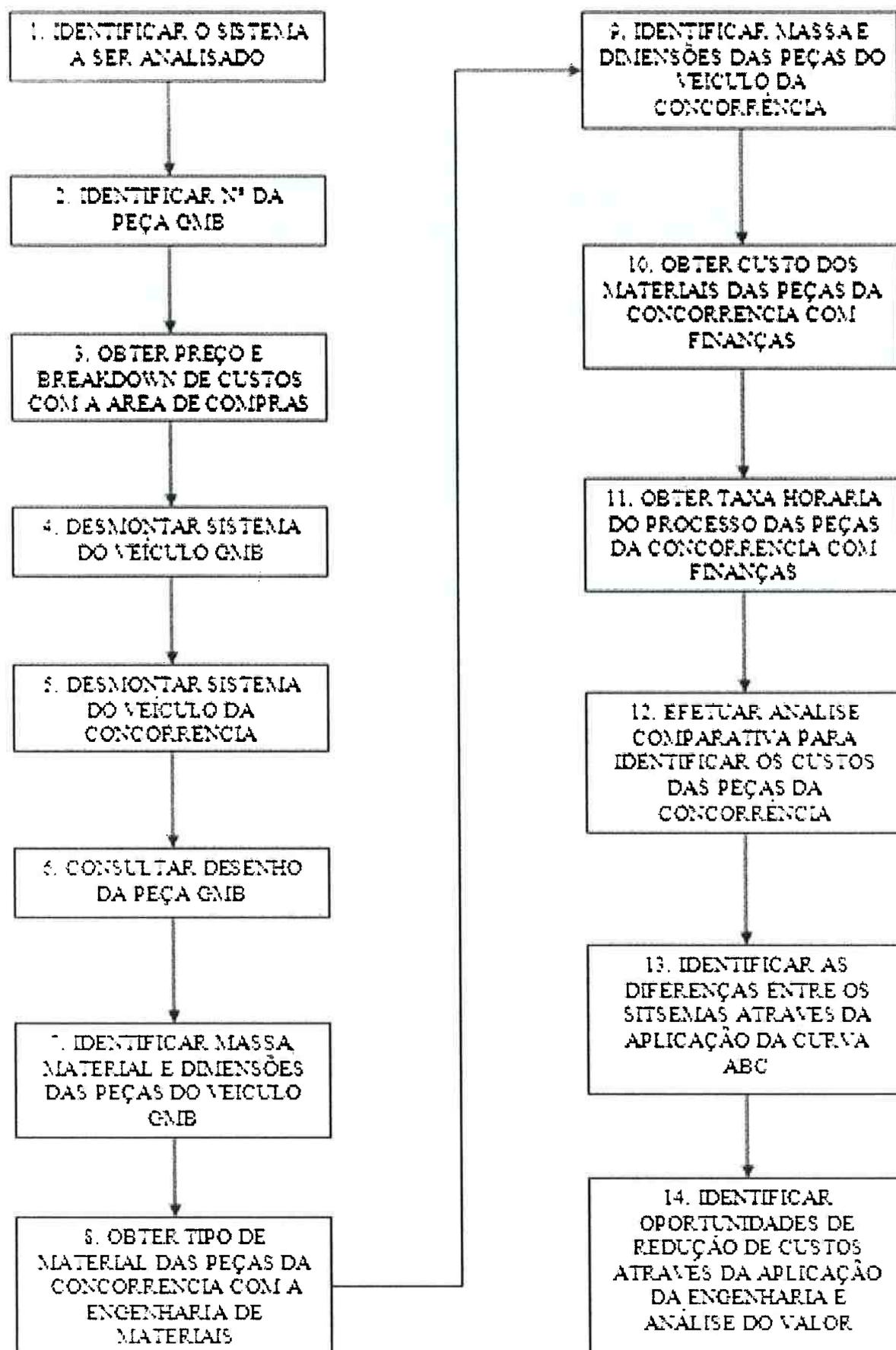


Figura 3 – Fluxograma da Metodologia aplicada.

1. IDENTIFICAR O SISTEMA A SER ANALISADO: Através da desmontagem de um veículo da concorrência, identificamos um sistema *benchmarking* em custo, por possuir um *design* mais simplificado ou um material ou processo de fabricação diferente;

2. IDENTIFICAR N° DA PEÇA GMB: O item a ser analisado é comparado a um item semelhante da GMB que deverá ser identificado para posterior análise de seu desenho;

3. OBTER PREÇO E *BREAKDOWN* DE CUSTOS COM A ÁREA DE COMPRAS: Compras fornecerá o preço do item GMB com o custo de cada peça pertencente ao sub-sistema;

4. DESMONTAR SISTEMA DO VEÍCULO GMB: O item GMB é totalmente desmontado para posterior identificação das peças com suas dimensões, massa e material;

5. DESMONTAR SISTEMA DO VEÍCULO DA CONCORRÊNCIA: O item GMB é totalmente desmontado para posterior identificação das peças com suas dimensões, massa e material;

6. CONSULTAR DESENHO DA PEÇA GMB: Com o número da peça GMB obtém-se seu desenho para identificação técnica (material, dimensões) de cada peça;

7. IDENTIFICAR MASSA, MATERIAL E DIMENSÕES DAS PEÇAS DO VEÍCULO GMB: Com o desenho do item GMB em mãos identifica-se materiais e dimensões de cada peça;

8. OBTER TIPO DE MATERIAL DAS PEÇAS DA CONCORRÊNCIA COM A ENGENHARIA DE MATERIAIS: As peças que fazem parte do sistema da concorrência são enviadas para a Engenharia de Materiais para análise e identificação dos materiais utilizados;

9. IDENTIFICAR MASSA E DIMENSÕES DAS PEÇAS DO VEÍCULO DA CONCORRÊNCIA: pesa-se as peças da concorrência para obtenção de sua massa e mede-se para identificar suas dimensões;

10. OBTER CUSTO DOS MATERIAIS DAS PEÇAS DA CONCORRÊNCIA COM FINANÇAS: Os custos dos materiais utilizados no veículo da concorrência são conseguidos coma área de Finanças que possui um *portifólio* de preços de materiais;

11. OBTER TAXA HORÁRIA DO PROCESSO DAS PEÇAS DA CONCORRÊNCIA COM FINANÇAS: Os custos de taxa horária utilizados no veículo da concorrência são conseguidos coma área de Finanças que possui um *portifólio* de preços de taxa horária;

12. EFETUAR ANÁLISE COMPARATIVA PARA IDENTIFICAR OS CUSTOS DAS PEÇAS DA CONCORRÊNCIA: Através da análise comparativa e com os custos da peças da GMB obtém-se os custos da concorrência;

13. IDENTIFICAR AS DIFERENÇAS ENTRE OS SISTEMAS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DA CURVA ABC: Através da aplicação da Curva ABC obtém-se quais são os itens mais relevantes do sistema e as diferenças entre o veículo GMB e o da concorrência;

14. IDENTIFICAR OPORTUNIDADES DE REDUÇÃO DE CUSTOS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DA ENGENHARIA E ANÁLISE DO VALOR: Através da aplicação da Engenharia e Análise do Valor identifica-se quais itens exercem funções irrelevantes dentro do sistema e propõem-se oportunidades de melhorias.

CAPÍTULO 3: ESTUDO DE CASO

A metodologia desenvolvida será aplicada no estudo de caso de um sistema de pedais da concorrência considerado *benchmarking* por possuir o suporte do conjunto fabricado em uma única peça e algumas peças manufaturadas em um processo diferente ao da GMB. Este conjunto de pedais será comparado ao mesmo sistema GMB.

Vale ressaltar a importância e validade da aplicação, em alguns casos, da regra de três devido à semelhança de processo e materiais e também vale salientar que os valores que serão mostrados não refletem a realidade, são apenas de caráter didático.

A estimativa de cada peça da concorrência foi feita com base nos custos de materiais e processo da GMB, o que significa que se o item for fabricado em outro estado ou país pode ocorrer uma diferença no valor final.

Alguns itens fabricados em processos distintos podem ser inviáveis para o fornecedor GMB devido ao mesmo não possuir conhecimento do processo novo ou simplesmente não tê-lo em sua fábrica, o que acarretaria num investimento elevado.

Por se tratar de um item de segurança (conjunto de pedais) existem normas GMB que devem ser seguidas que não são as mesmas da concorrência, justificando, em alguns casos, a diferença de material, processo, espessura ou peso da peça.

3.1 CONJUNTO DE PEDAIS DO VEÍCULO GMB ANALISADO

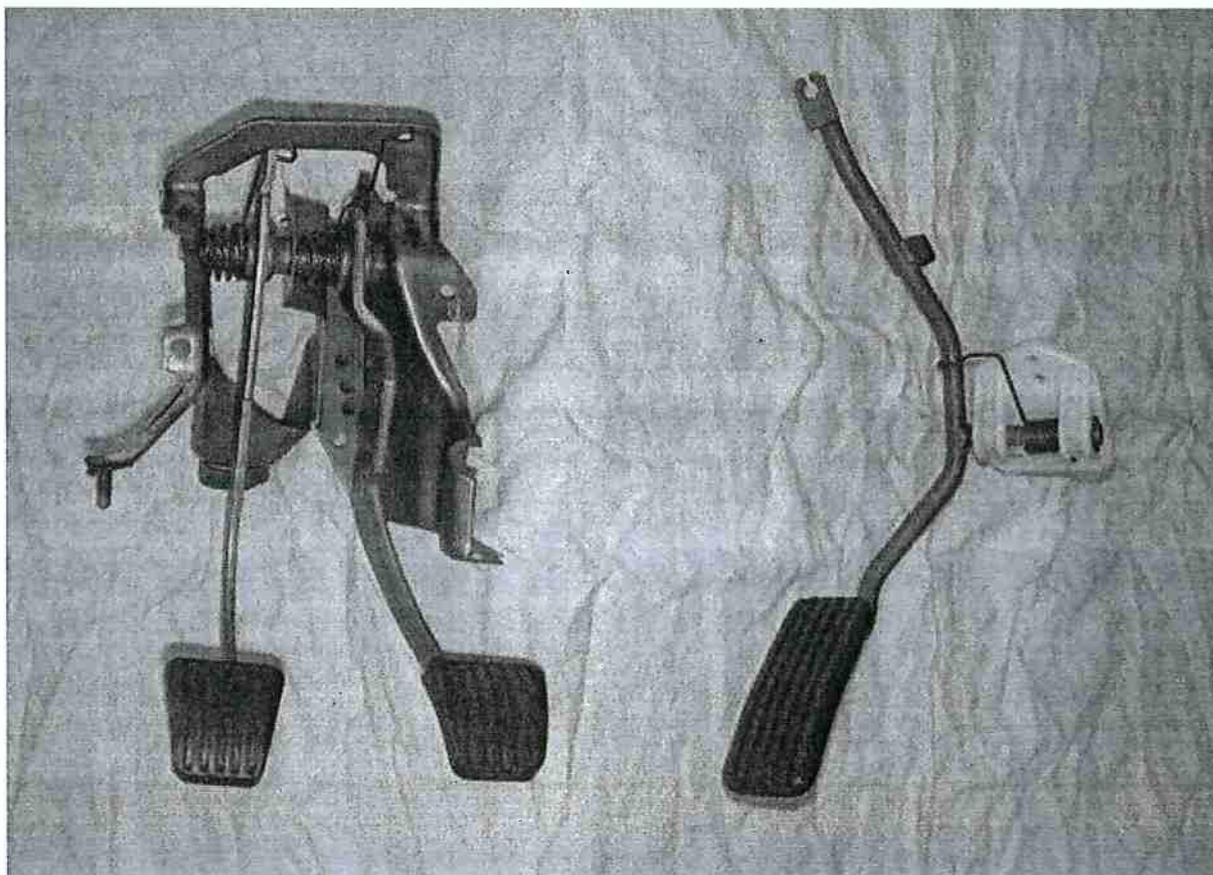


Figura 4 – Conjunto de pedais do veículo GMB montado.

A Figura 4 mostra o conjunto de pedais do veículo GMB que possui 31 peças e pesa 2,352kg e foram classificados conforme mostra a figura 5.

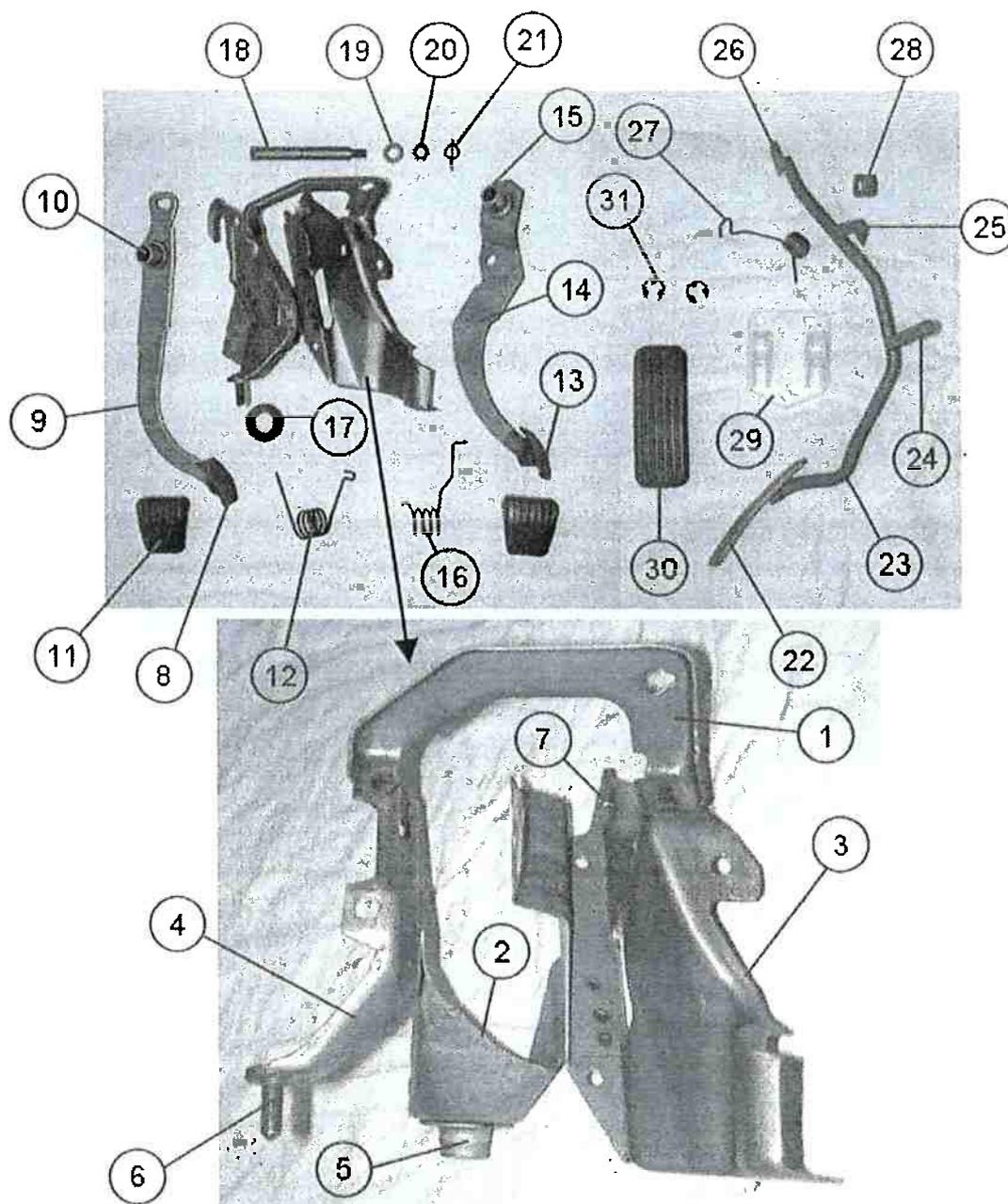


Figura 5 – Conjunto de pedais do veículo GMB desmontado.

A tabela 1 mostra a descrição, quantidade, massa, material, dimensões e o *breakdown* de custos de cada componente do veículo GMB.

VEÍCULO GMB						
	Componente	Quantidade	Massa (kg)	Material	Dimensões (mm)	Custo (R\$)
1	Suporte superior do conjunto	1	0,065	SAE 1010	155 x 95 x 1,5	1,34
2	Suporte inferior do conjunto	1	0,117	SAE 1010	220 x 95 x 1,5	1,98
3	Suporte direito do conjunto	1	0,348	SAE 1010	285 x 235 x 1,5	6,37
4	Suporte esquerdo do conjunto	1	0,185	SAE 1010	230 x 125 x 1,5	3,05
5	Suporte do batente	1	0,013	SAE 1010	Φ38 x 1,5	0,43
6	Prisioneiro	1	0,008	SAE 1010	M8 x 25	1,61
7	Porca de fixação do conjunto	1	0,005	SAE 1010	M8 x cab.quad.	0,37
8	Pedal da embreagem	1	0,049	SAE 1010	53 x 41 x 3	1,39
9	Suporte do pedal da embreagem	1	0,326	SAE 1010	310 x 145 x 5	5,73
10	Tubo do suporte do pedal da embreagem	1	0,070	SAE 1010	57 x Φ20 x 2,5	1,18
11	Cobertura de borracha do conjunto de pedais	2	0,048	NBR	57 x 55 x 12	2,14
12	Mola do pedal da embreagem	1	0,023	AÇO MOLA	513 x Φ3	2,30
13	Pedal do freio	1	0,049	SAE 1010	53 x 41 x 3	1,39
14	Suporte do pedal do freio	1	0,426	SAE 1010	270 x 105 x 6	7,66
15	Tubo do suporte do pedal do freio	1	0,070	SAE 1010	57 x Φ20 x 2,5	1,18
16	Mola do pedal do freio	1	0,010	AÇO MOLA	446 x Φ2	1,82
17	Batente do conjunto de pedais	1	0,005	NBR	Φ38 x 11 X 9	0,37
18	Eixo do conjunto de pedais	1	0,128	SAE 1010	Φ117 x 19	6,91
19	Arruela do conjunto de pedais	1	0,004	SAE 1010	Φ21 x 2	0,16
20	Porca do conjunto de pedais	1	0,006	SAE 1010	M10 x cab.sex.	0,48
21	Trava do conjunto de pedais	1	0,003	SAE 1010	94 x Φ2	0,70
22	Pedal do acelerador	1	0,079	SAE 1010	100 x 35 x 3	1,61
23	Suporte do pedal do acelerador	1	0,191	SAE 1010	345 x Φ10	6,00
24	Eixo do pedal do acelerador	1	0,037	SAE 1010	64 x Φ10	1,98
25	Suporte do batente do pedal do acelerador	1	0,012	SAE 1010	51 x 10 x 3	0,37
26	Suporte do cabo do pedal do acelerador	1	0,006	SAE 1010	23 x 15 x 3	0,27
27	Mola do pedal do acelerador	1	0,011	AÇO MOLA	457 x Φ2	1,87
28	Batente do pedal do acelerador	1	0,003	NBR	18 x 15 x 14	0,21
29	Suporte de fixação do pedal do acelerador	1	0,034	POM	71 x 60 x 29	3,32
30	Cobertura de borracha do pedal do acelerador	1	0,019	NBR	102 x 39 x 9	1,61
31	Trava do pedal do acelerador	2	0,002	SAE 1010	Φ17 x 1,0	0,48
	Total	33	2,352	-	-	66,31

Tabela 1 – Componentes do conjunto de pedais do veículo GMB.

3.2 CONJUNTO DE PEDAIS DO VEÍCULO DA CONCORRÊNCIA

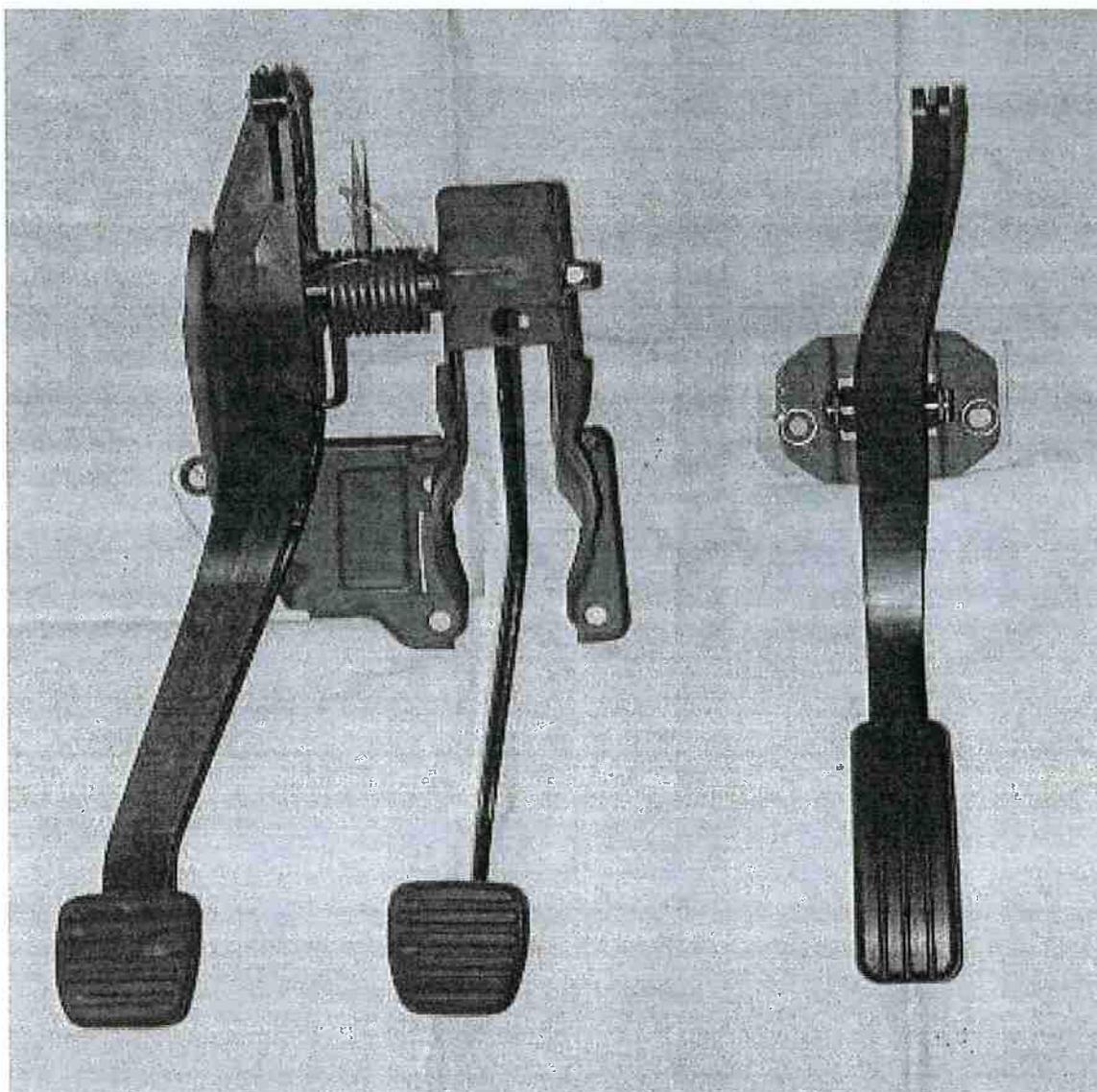


Figura 6 – Conjunto de pedais do veículo da concorrência montado.

O conjunto de pedais do veículo da concorrência possui 24 peças e pesa 2,852kg e foram classificados conforme mostra a figura 7.

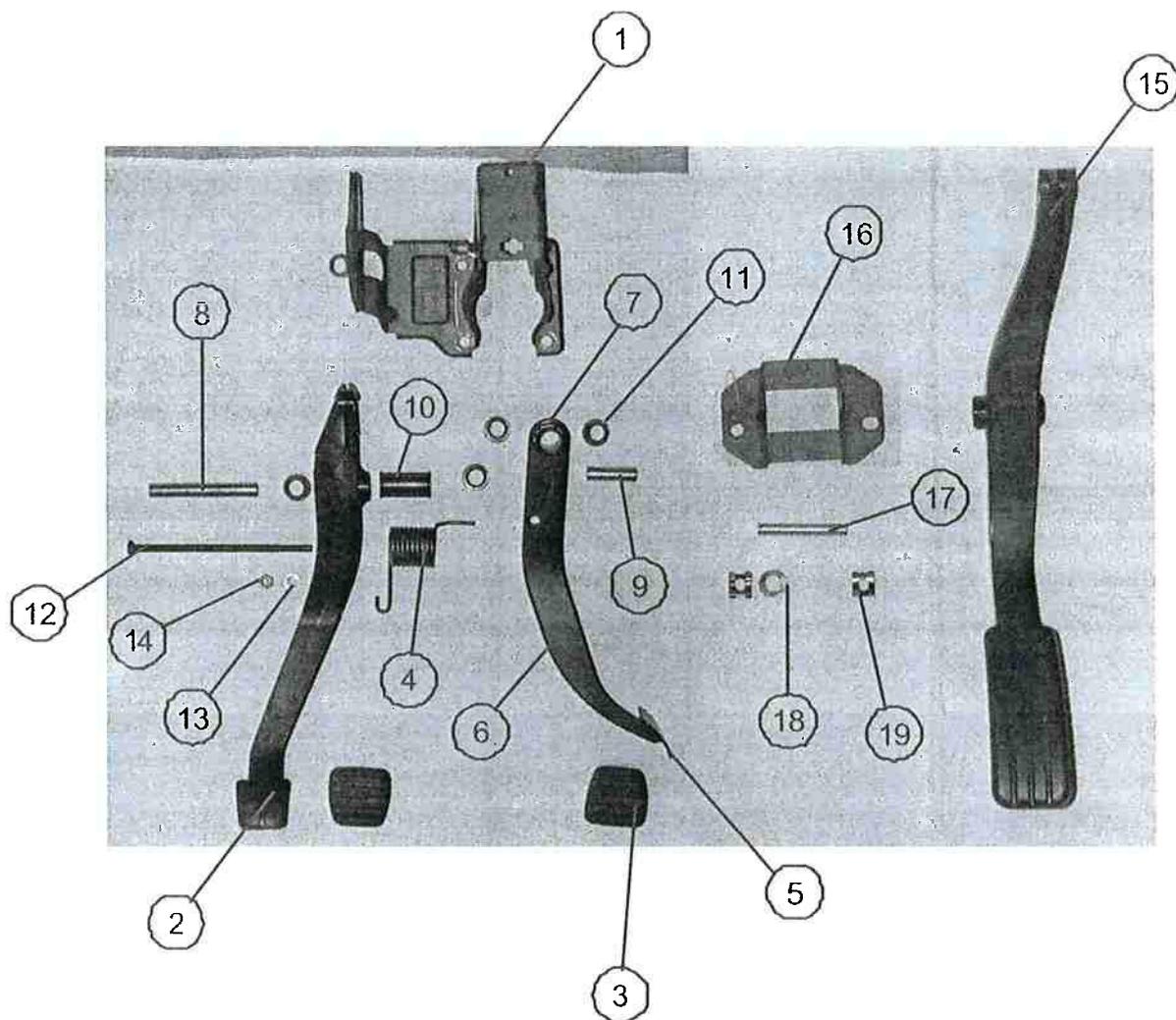


Figura 7 – Conjunto de pedais do veículo da concorrência desmontado.

A tabela 2 mostra a descrição, quantidade, massa, material e dimensões de cada componente do veículo da concorrência.

VEÍCULO DA CONCORRÊNCIA					
	Componente	Quantidade	Massa (kg)	Material	Dimensões (mm)
1	Suporte do conjunto	1	1,003	SAE 1010	690 x 160 x 2
2	Pedal da embreagem	1	0,410	PA66 GF40	420 x 110 x 60
3	Cobertura de borracha	2	0,054	NBR	63 x 61 x 12
4	Mola do pedal da embreagem	1	0,115	AÇO MOLA	1311 x Φ 4
5	Pedal do freio	1	0,049	SAE 1010	52 x 49 x 2,7
6	Suporte do pedal do freio	1	0,584	SAE 1010	335 x 80 x 7,2
7	Tubo do suporte do pedal do freio	1	0,057	SAE 1010	45 x Φ 23 x 2,5
8	Tubo do pedal da embreagem	1	0,078	SAE 1010	103 x Φ 14 x 3
9	Tubo do pedal do freio	1	0,038	SAE 1010	48 x Φ 14 x 3
10	Bucha do pedal da embreagem	1	0,012	POM	50 x Φ 26
11	Bucha do conjunto de pedais	4	0,012	POM	15 x Φ 26
12	Parafuso do conjunto de pedais	1	0,066	SAE 1010	175 x M8 x cab.sex.
13	Arruela do conjunto de pedais	1	0,002	SAE 1010	Φ 16 x 1,5
14	Porca do conjunto de pedais	1	0,006	SAE 1010	M8 x cab.sex.
15	Pedal do acelerador	1	0,236	PA66 GF30	370 x 135 x 45
16	Suporte do pedal do acelerador	1	0,106	SAE 1010	145 x 70 x 2
17	Eixo do pedal do acelerador	1	0,022	SAE 1010	56 x Φ 8
18	Arruela do pedal do acelerador	1	0,001	SAE 1010	Φ 18 x 0,3
19	Trava do pedal do acelerador	2	0,001	SAE 1010	35 x 14 x 0,5
	Total	24	2,852	-	-

Tabela 2 – Componentes do conjunto de pedais do veículo da concorrência.

3.3 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS CONJUNTOS DE PEDAIS

3.3.1 Suportes de fixação

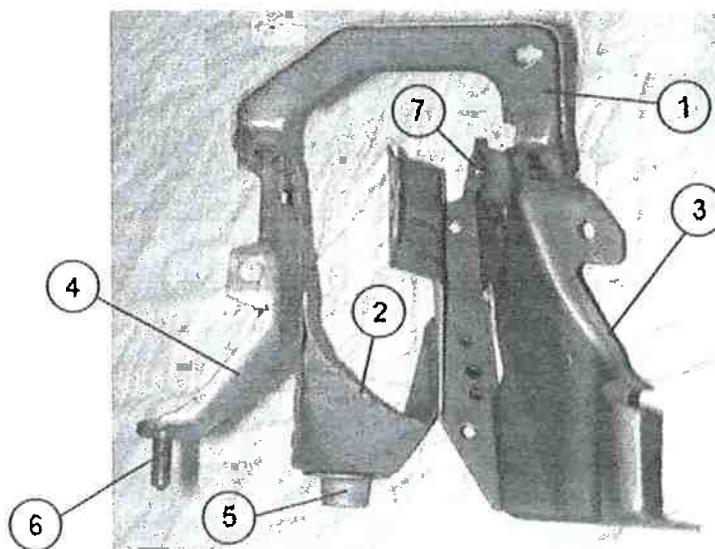


Figura 8 – Suportes de fixação do veículo GMB.

Os suportes de fixação do veículo GMB (Figura 8) contemplam cinco peças estampadas, um prisioneiro e uma porca, sendo que todas as peças são soldadas entre si. A tabela 3 mostra a especificação técnica, o *breakdown* de custos de fabricação das peças e do processo de solda.

VEÍCULO GMB						
	Componente	Quantidade	Massa (kg)	Material	Dimensões (mm)	Custo (R\$)
1	Suporte superior do conjunto	1	0,065	SAE 1010	155 x 95 x 1,5	1,34
2	Suporte inferior do conjunto	1	0,117	SAE 1010	220 x 95 x 1,5	1,98
3	Suporte direito do conjunto	1	0,348	SAE 1010	285 x 235 x 1,5	6,37
4	Suporte esquerdo do conjunto	1	0,185	SAE 1010	230 x 125 x 1,5	3,05
5	Suporte do batente	1	0,013	SAE 1010	Φ38 x 1,5	0,43
6	Prisioneiro	1	0,008	SAE 1010	M8 x 25	1,61
7	Porca de fixação do conjunto	1	0,005	SAE 1010	M8 x cab.quad.	0,37
Solda do suporte de pedais (14 pontos + porca + prisioneiro)						4,45
Total						19,60

Tabela 3 – Suportes de fixação do veículo GMB.

O veículo da concorrência possui apenas um suporte estampado (Figura 9). A tabela 4 mostra a especificação técnica deste suporte.

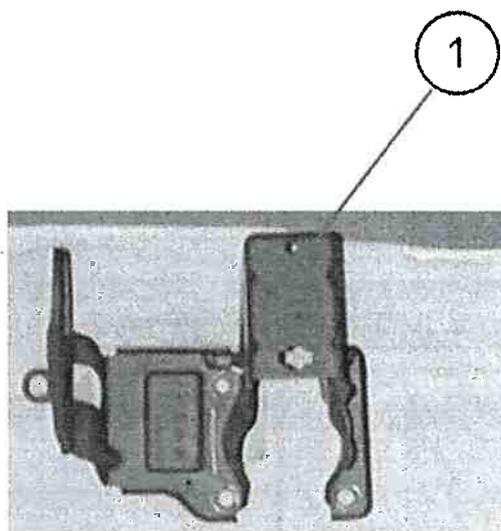


Figura 9 – Suporte de fixação do veículo da concorrência.

VEÍCULO DA CONCORRÊNCIA				
	Componente	Quantidade	Massa (kg)	Dimensões (mm)
1	Suporte do conjunto	1	1,003	SAE 1010 690 x 160 x 2

Tabela 4 – Suporte de fixação do veículo da concorrência.

O suporte possui 1,003kg de aço a R\$9,06/kg, gastando, portanto R\$9,09 de matéria-prima.

O processo utiliza uma prensa convencional separada em quatro operações (estampagem, corte e duas dobras). Para cada operação se tem um ciclo de 0,0031h, taxa horária de R\$185,40 e meio homem operando, portanto:

$$\text{Processo} = 4 \times (0,0031 \times 185,40 \times 0,5) = \text{R}\$1,15$$

Somando-se o custo de matéria-prima e do processo, chega-se a um custo de R\$10,24 para o suporte da concorrência.

3.3.2 Pedal da embreagem

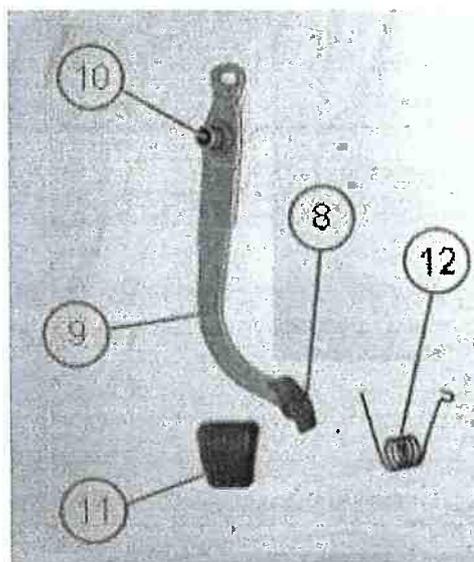


Figura 10 – Pedal da embreagem do veículo GMB.

O pedal da embreagem do veículo GMB (Figura 10) contempla duas peças estampadas, um tubo, uma mola e uma cobertura de borracha, sendo que as peças estampadas e o tubo são soldados entre si. A tabela 5 mostra a especificação técnica, o *breakdown* de custos de fabricação das peças e do processo de solda.

VEÍCULO GMB						
	Componente	Quantidade	Massa (kg)	Material	Dimensões (mm)	Custo (R\$)
8	Pedal da embreagem	1	0,049	SAE 1010	53 x 41 x 3	1,39
9	Suporte do pedal da embreagem	1	0,326	SAE 1010	310 x 145 x 5	5,73
10	Tubo do suporte do pedal da embreagem	1	0,070	SAE 1010	57 x Φ 20 x 2,5	1,18
11	Cobertura de borracha do conjunto de pedais	2	0,048	NBR	57 x 55 x 12	2,14
12	Mola do pedal da embreagem	1	0,023	AÇO MOLA	513 x Φ 3	2,30
	Solda do pedal da embreagem					5,78
	Total					18,53

Tabela 5 – Pedal da embreagem do veículo GMB.

O veículo da concorrência possui o pedal da embreagem feito em plástico (PA – Poliamida), a cobertura de borracha e a mola mostradas na Figura 11. A tabela 6 mostra a especificação técnica deste pedal.

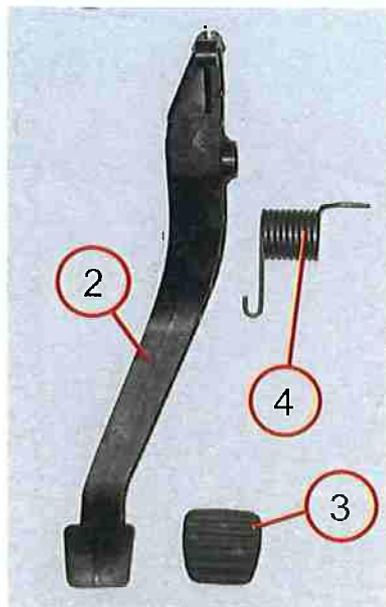


Figura 11 – Pedal da embreagem do veículo da concorrência.

VEÍCULO DA CONCORRÊNCIA					
	Componente	Quantidade	Massa (kg)	Material	Dimensões (mm)
2	Pedal da embreagem	1	0,410	PA66 GF40	420 x 110 x 60
3	Cobertura de borracha	2	0,054	NBR	63 x 61 x 12
4	Mola do pedal da embreagem	1	0,115	AÇO MOLA	1311 x Φ 4

Tabela 6 – Pedal da embreagem do veículo da concorrência.

Como o pedal da concorrência é fabricado de material e processo diferente do veículo GMB não é possível fazer a análise comparativa; portanto foi verificado o custo da matéria prima e do processo, no caso injeção de plásticos, para efetuar-se a análise do pedal da concorrência.

PA66 GF40 – preço R\$51,50/kg

Massa – 0,410kg

Custo matéria-prima – R\$21,12

Taxa horária da injeção – R\$329,60

Ciclo de operação – 55 segundos = 0,0153 horas

Custo do processo – R\$5,04

Somando-se o custo da matéria-prima e o custo do processo, temos um total de R\$26,16 para o pedal da embreagem da concorrência.

Como a cobertura de borracha é do mesmo material aplicado ao pedal da GMB, efetuou-se a regra de três para chegar ao custo da peça.

Massa GMB – 0,048kg

Custo GMB – R\$2,14

Massa concorrência – 0,054kg

Logo, o custo da cobertura da concorrência será de R\$2,41.

Obs: como o conjunto de pedais do veículo GMB e o conjunto da concorrência possuem duas coberturas de borracha semelhantes para o pedal da embreagem e para o pedal do freio, a análise foi efetuada conjuntamente no estudo do pedal da embreagem.

Para a mola da embreagem também se efetuou a regra de três para chegar ao custo da peça.

Massa GMB – 0,023kg

Custo GMB – R\$2,30

Massa concorrência – 0,115kg

Logo, o custo da mola da concorrência será de R\$11,50.

Somando-se o custo do pedal da embreagem, o custo da cobertura de borracha e o custo da mola, temos um total de R\$40,07 para o pedal da embreagem da concorrência.

3.3.3 Pedal do freio

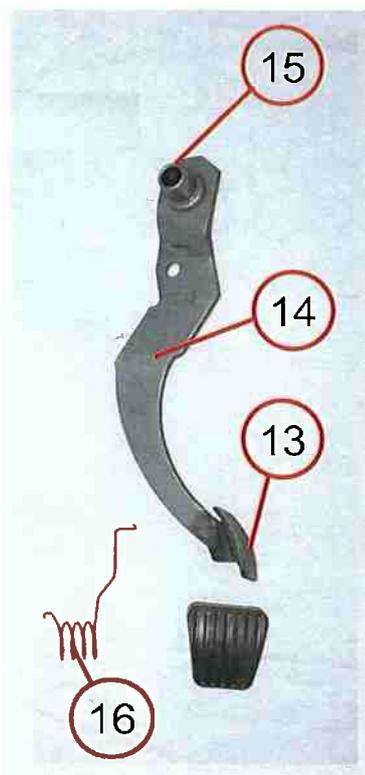


Figura 12 – Pedal do freio do veículo GMB.

O pedal do freio do veículo GMB (Figura 12) contempla duas peças estampadas, um tubo, uma mola e uma cobertura de borracha (já analisada juntamente com o pedal da embreagem), sendo que as peças estampadas e o tubo são soldados entre si. A tabela 7 mostra a especificação técnica, o *breakdown* de custos de fabricação das peças e do processo de solda.

VEÍCULO GMB						
	Componente	Quantidade	Massa (kg)	Material	Dimensões (mm)	Custo (R\$)
13	Pedal do freio	1	0,049	SAE 1010	53 x 41 x 3	1,39
14	Suporte do pedal do freio	1	0,426	SAE 1010	270 x 105 x 6	7,66
15	Tubo do suporte do pedal do freio	1	0,070	SAE 1010	57 x Φ 20 x 2,5	1,18
16	Mola do pedal do freio	1	0,010	AÇO MOLA	446 x Φ 2	1,82
	Solda do pedal de freio					5,78
	Total					17,84

Tabela 7 – Pedal do freio do veículo GMB.

O veículo da concorrência possui duas peças estampadas, um tubo e uma cobertura de borracha (já analisada juntamente com o pedal da embreagem)

mostrada na Figura 13, sendo que as peças estampadas e o tubo são soldados entre si. A tabela 8 mostra a especificação técnica e o processo de solda deste pedal.

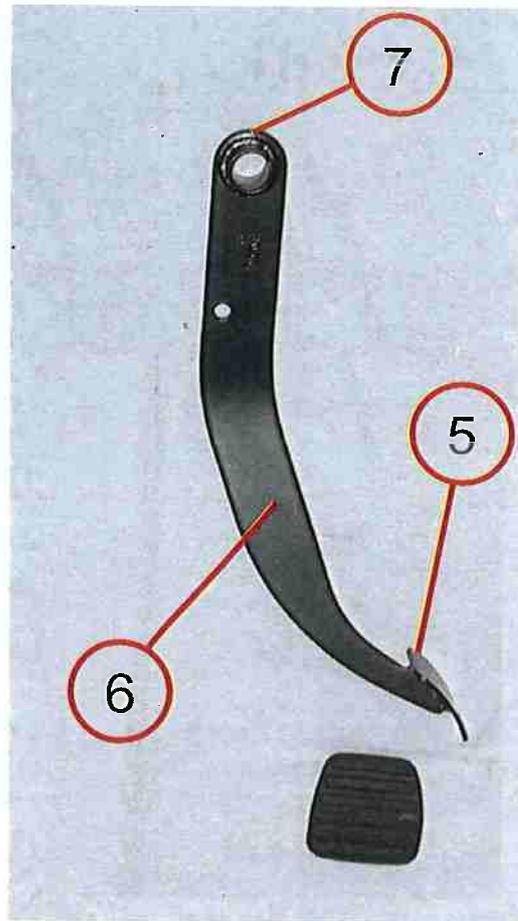


Figura 13 – Pedal do freio do veículo da concorrência.

VEÍCULO DA CONCORRÊNCIA					
	Componente	Quantidade	Massa (kg)	Material	Dimensões (mm)
5	Pedal do freio	1	0,049	SAE 1010	52 x 49 x 2,7
6	Suporte do pedal do freio	1	0,584	SAE 1010	335 x 80 x 7,2
7	Tubo do suporte do pedal do freio	1	0,057	SAE 1010	45 x Φ 23 x 2,5
	Solda do pedal de freio				
	Pintura do pedal de freio				

Tabela 8 – Pedal do freio do veículo da concorrência.

Como o pedal do freio da concorrência é fabricado com o mesmo material e possui a mesma massa do pedal da GMB, foi considerado o mesmo custo de R\$1,39.

Para o suporte e o tubo efetuou-se uma regra de três, pois são fabricados de mesmo material.

Massa suporte GMB – 0,426kg

Custo suporte GMB – R\$7,66

Massa suporte concorrência – 0,584kg

Custo suporte concorrência – R\$10,50

Massa tubo GMB – 0,070kg

Custo tubo GMB – R\$1,18

Massa tubo concorrência – 0,057kg

Custo tubo concorrência – R\$0,96

Como a área de aplicação da solda é a mesma que a da GMB, considerou-se o mesmo valor de R\$5,78.

Para a pintura do pedal não se tem peça pintada no conjunto de pedais da GMB para efetuar-se a comparação, portanto foi consultada a área de pintura da GMB e chegou-se a uma taxa horária de R\$160,68 incluindo o material. Como o tempo estimado para a pintura da peça é de 20 segundos (0,0056 horas), conclui-se que a pintura custa R\$0,90.

Somando todos os valores calculados para os itens do pedal de freio da concorrência, chega-se a R\$19,53.

3.3.4 Miscelâneas

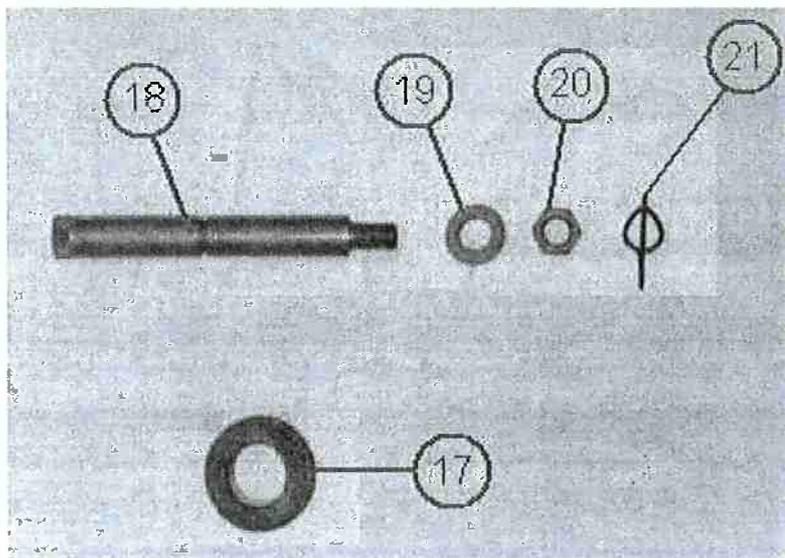


Figura 14 – Miscelâneas do veículo GMB.

Entre os itens considerados nas miscelâneas do veículo GMB tem-se um batente feito de borracha, um eixo de aço, uma porca, uma arruela, uma trava e a montagem do conjunto de pedais (Figura 14). A tabela 9 mostra a especificação técnica, o *breakdown* de custos de fabricação das peças e da montagem.

VEÍCULO GMB						
	Componente	Quantidade	Massa (kg)	Material	Dimensões (mm)	Custo (R\$)
17	Batente do conjunto de pedais	1	0,005	NBR	Φ38 x 11 X 9	0,37
18	Eixo do conjunto de pedais	1	0,128	SAE 1010	Φ117 x 19	6,91
19	Arruela do conjunto de pedais	1	0,004	SAE 1010	Φ21 x 2	0,16
20	Porca do conjunto de pedais	1	0,006	SAE 1010	M10 x cab.sex.	0,48
21	Trava do conjunto de pedais	1	0,003	SAE 1010	94 x Φ2	0,70
	Montagem do conjunto de pedais					7,82
	Total					16,44

Tabela 9 – Miscelâneas do veículo GMB.

O veículo da concorrência possui cinco buchas feitas de polímero (POM – polioximetileno), dois tubos metálicos, um parafuso, uma porca, uma arruela e a montagem do conjunto de pedais mostrada na Figura 15. A tabela 10 mostra a especificação técnica e a montagem deste conjunto.

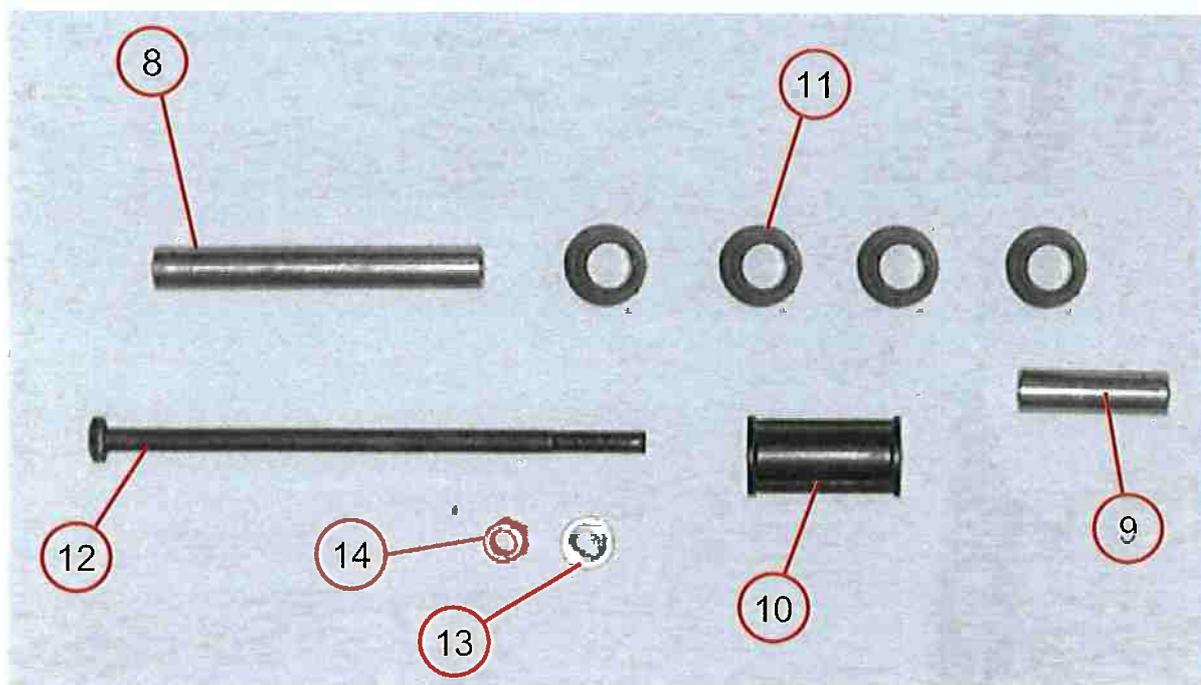


Figura 15 – Miscelâneas do veículo da concorrência.

VEÍCULO DA CONCORRÊNCIA					
	Componente	Quantidade	Massa (kg)	Material	Dimensões (mm)
8	Tubo do pedal da embreagem	1	0,078	SAE 1010	103 x Φ 14 x 3
9	Tubo do pedal do freio	1	0,038	SAE 1010	48 x Φ 14 x 3
10	Bucha do pedal da embreagem	1	0,012	POM	50 x Φ 26
11	Bucha do conjunto de pedais	4	0,012	POM	15 x Φ 26
12	Parafuso do conjunto de pedais	1	0,066	SAE 1010	175 x M8 x cab.sex.
13	Arruela do conjunto de pedais	1	0,002	SAE 1010	Φ 16 x 1,5
14	Porca do conjunto de pedais	1	0,006	SAE 1010	M8 x cab.sex.
	Montagem do conjunto de pedais				

Tabela 10 – Miscelâneas do veículo da concorrência.

Para os tubos não se tem uma análise comparativa, portanto verificou-se o custo da matéria-prima e do processo de usinagem.

Custo do tubo – R\$4,99/kg

Custo do processo de usinagem – R\$238,96 a hora

Tubo do pedal da embreagem

Massa = 0,078kg

Tempo de processo = 15 segundos = 0,0042 horas

Custo = $(4,99 \times 0,078) + (238,96 \times 0,0042)$

Custo do tubo do pedal da embreagem = R\$1,39

Tubo do pedal do freio

Massa = 0,038kg

Tempo de processo = 10 segundos = 0,0028 horas

Custo = $(4,99 \times 0,038) + (238,96 \times 0,0028)$

Custo do tubo do pedal da embreagem = R\$0,86

As buchas são injetadas e possuem os seguintes custos:

Matéria-prima (POM) – R\$37,49/kg

Processo de injeção – R\$238,96 a hora

Bucha do pedal da embreagem

Massa = 0,012kg

Tempo de injeção = 35 segundos = 0,0097 horas

Obs: O molde possui duas cavidades

Custo = $(37,49 \times 0,012) + ((238,96 \times 0,0097)/2)$

Custo da bucha do pedal da embreagem = R\$1,61

Bucha do conjunto de pedais

Massa = 0,012kg (4 peças)

Tempo de injeção = 35 segundos = 0,0097 horas

Obs: O molde possui quatro cavidades

Custo = $(37,49 \times 0,012) + (238,96 \times 0,0097)$

Custo da bucha do pedal da embreagem = R\$2,77 (4 peças)

O parafuso, a porca e a arruela foram considerados peças padronizadas e analisados itens semelhantes comprados pela GMB, chegando-se nos seguintes custos:

Parafuso = R\$4,33

Porca = R\$0,70

Arruela = R\$0,12

Para a montagem do conjunto se tem uma taxa horária de R\$185,40 e um tempo de montagem estimado, através de simulação, de 120 segundos (0,0333 horas), chega-se portanto a um custo de montagem de R\$6,17.

Somando os custos de miscelâneas chega-se a um total de R\$17,95.

3.3.5 Pedal do acelerador

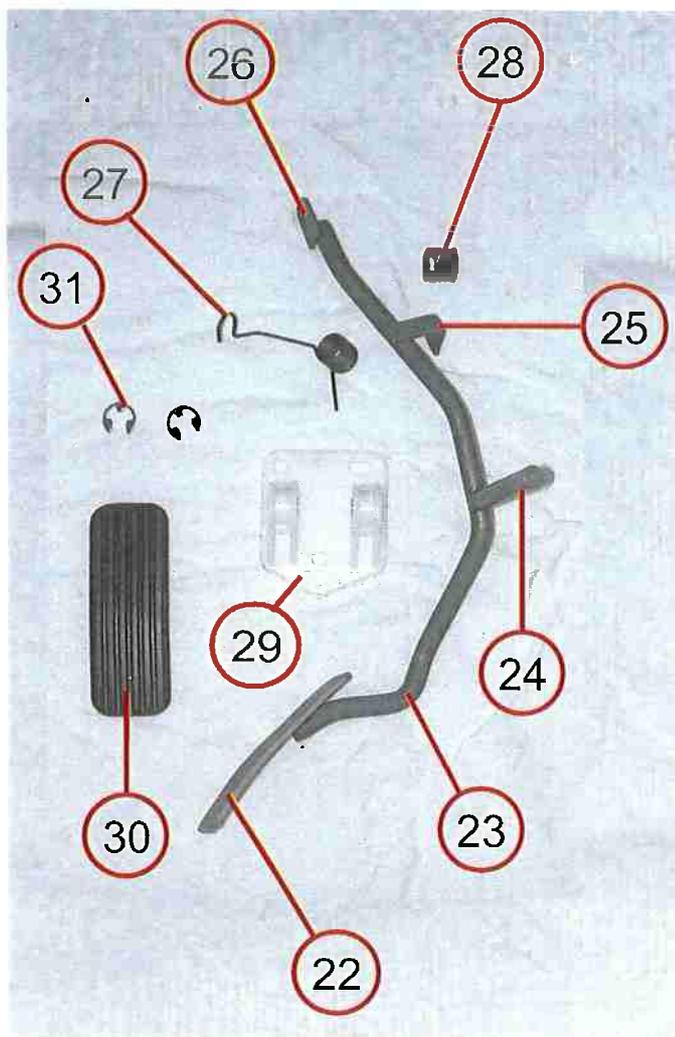


Figura 16 – Pedal do acelerador do veículo GMB.

O pedal do acelerador do veículo GMB (Figura 16) contempla três peças estampadas, dois arames dobrados, uma mola, uma cobertura de borracha, um suporte plástico (POM – polioximetileno), um batente de borracha, duas travas metálicas e a montagem do conjunto sendo que as peças estampadas e os arames

são soldados entre si. A tabela 11 mostra a especificação técnica, o *breakdown* de custos de fabricação das peças, do processo de solda e a montagem do conjunto.

VEÍCULO GMB						
	Componente	Quantidade	Massa (kg)	Material	Dimensões (mm)	Custo (R\$)
22	Pedal do acelerador	1	0,079	SAE 1010	100 x 35 x 3	1,61
23	Suporte do pedal do acelerador	1	0,191	SAE 1010	345 x Φ 10	6,00
24	Eixo do pedal do acelerador	1	0,037	SAE 1010	64 x Φ 10	1,98
25	Suporte do batente do pedal do acelerador	1	0,012	SAE 1010	51 x 10 x 3	0,37
26	Suporte do cabo do pedal do acelerador	1	0,006	SAE 1010	23 x 15 x 3	0,27
27	Mola do pedal do acelerador	1	0,011	AÇO MOLA	457 x Φ 2	1,87
28	Batente do pedal do acelerador	1	0,003	NBR	18 x 15 x 14	0,21
29	Suporte de fixação do pedal do acelerador	1	0,034	POM	71 x 60 x 29	3,32
30	Cobertura de borracha do pedal do acelerador	1	0,019	NBR	102 x 39 x 9	1,61
31	Trava do pedal do acelerador	2	0,002	SAE 1010	Φ 17 x 1,0	0,48
	Solda do pedal do acelerador					2,89
	Montagem do pedal do acelerador					1,55
	Total					22,17

Tabela 11 – Pedal do acelerador do veículo GMB.

O veículo da concorrência possui um pedal plástico (PA66 GF30 – poliamida com 30% de fibra de vidro), um suporte estampado, um eixo, uma arruela, duas travas metálicas e a montagem do conjunto mostrada na Figura 17. A tabela 12 mostra a especificação técnica e a montagem do conjunto.

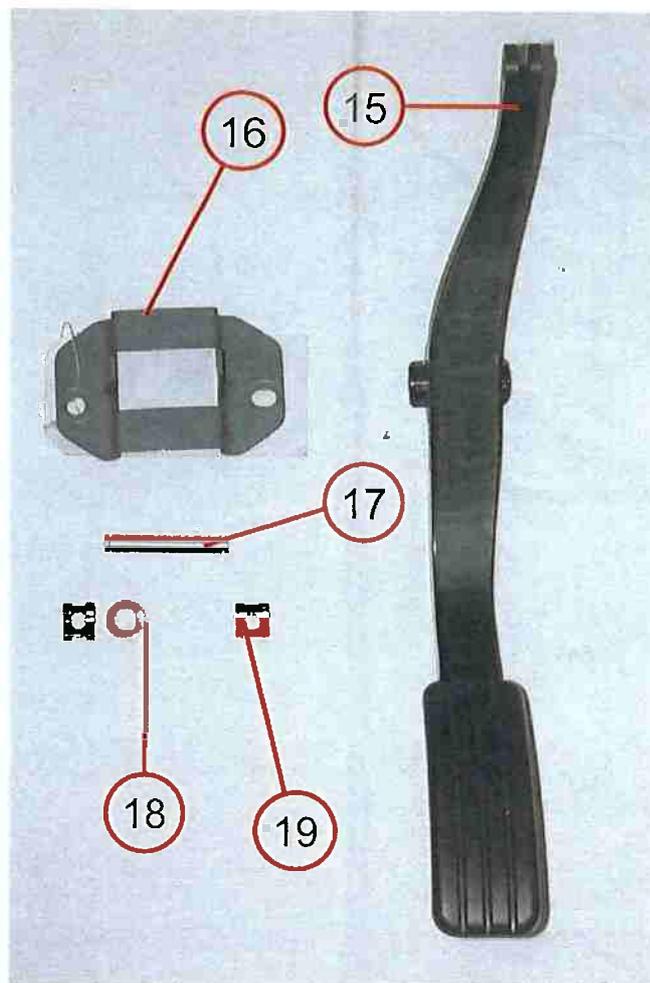


Figura 17 – Pedal do acelerador do veículo da concorrência.

VEÍCULO DA CONCORRÊNCIA					
	Componente	Quantidade	Massa (kg)	Material	Dimensões (mm)
15	Pedal do acelerador	1	0,236	PA66 GF30	370 x 135 x 45
16	Suporte do pedal do acelerador	1	0,106	SAE 1010	145 x 70 x 2
17	Eixo do pedal do acelerador	1	0,022	SAE 1010	56 x Φ 8
18	Arruela do pedal do acelerador	1	0,001	SAE 1010	Φ 18 x 0,3
19	Trava do pedal do acelerador	2	0,001	SAE 1010	35 x 14 x 0,5
	Montagem do pedal do acelerador				

Tabela 12 – Pedal do acelerador do veículo da concorrência.

O pedal do acelerador é injetado em PA66 GF30, portanto:

Custo da matéria-prima (PA66 GF30) – R\$70,04/kg

Massa do pedal – 0,236kg

Taxa horária da injeção – R\$374,92

Tempo de injeção – 55 segundos (0,0153 horas)

Obs: O molde possui duas cavidades

Custo do pedal = $(70,04 \times 0,236) + ((374,92 \times 0,0153)/2)$

Custo do pedal = R\$19,40

O suporte do pedal do acelerador é fabricado com o mesmo material e processo do suporte dos pedais do freio/embreagem, portanto efetuou-se uma regra de três para o cálculo do seu custo.

Somando as massas e os custos dos suportes dos pedais do freio/embreagem do veículo GMB têm:

Massa = 0,728kg

Custo = R\$13,18

A massa do suporte pedal do acelerador do veículo da concorrência é de 0,106kg. Efetuando-se uma regra de três chega-se a um custo de R\$1,92 para o suporte da concorrência.

O eixo da concorrência é semelhante ao eixo (item 24) da GMB permitindo a aplicação da regra de três.

Massa eixo GMB – 0,037kg

Custo eixo GMB – R\$1,98

Massa eixo concorrência – 0,022

Custo eixo concorrência – R\$1,18

A arruela e as travas foram consideradas peças padronizadas e analisados itens semelhantes comprados pela GMB, chegando-se nos seguintes custos:

Arruela = R\$0,04

Travas = R\$0,82 (duas peças)

Para a montagem do conjunto se tem uma taxa horária de R\$185,40 e um tempo de montagem de 20 segundos (0,0056 horas), chega-se portanto a um custo de montagem de R\$1,04.

Somando os custos do pedal do acelerador chega-se a um total de R\$24,40.

CAPÍTULO 4: CUSTOS GMB X CUSTOS DA CONCORRÊNCIA

A Tabela 13 e 14 mostra a somatória dos custos da GMB e dos custos do veículo da concorrência, respectivamente.

VEÍCULO GMB						
Componente	Quantidade	Massa (kg)	Material	Dimensões (mm)	Custo (R\$)	
1 Suporte superior do conjunto	1	0,065	SAE 1010	155 x 95 x 1,5	1,34	
2 Suporte inferior do conjunto	1	0,117	SAE 1010	220 x 95 x 1,5	1,98	
3 Suporte direito do conjunto	1	0,348	SAE 1010	285 x 235 x 1,5	6,37	
4 Suporte esquerdo do conjunto	1	0,185	SAE 1010	230 x 125 x 1,5	3,05	
5 Suporte do batente	1	0,013	SAE 1010	Φ38 x 1,5	0,43	
6 Prisioneiro	1	0,008	SAE 1010	M8 x 25	1,61	
7 Porca de fixação do conjunto	1	0,005	SAE 1010	M8 x cab.quad.	0,37	
Solda do suporte de pedais (14 pontos+porca+prisioneiro)					4,45	
8 Pedal da embreagem	1	0,049	SAE 1010	53 x 41 x 3	1,39	
9 Suporte do pedal da embreagem	1	0,326	SAE 1010	310 x 145 x 5	5,73	
10 Tubo do suporte do pedal da embreagem	1	0,070	SAE 1010	57 x Φ20 x 2,5	1,18	
11 Cobertura de borracha do conjunto de pedais	2	0,048	NBR	57 x 55 x 12	2,14	
12 Mola do pedal da embreagem	1	0,023	AÇO MOLA	513 x Φ3	2,30	
Solda do pedal da embreagem					5,78	
13 Pedal do freio	1	0,049	SAE 1010	53 x 41 x 3	1,39	
14 Suporte do pedal do freio	1	0,486	SAE 1010	270 x 105 x 6	7,66	
15 Tubo do suporte do pedal do freio	1	0,070	SAE 1010	57 x Φ20 x 2,5	1,18	
16 Mola do pedal do freio	1	0,010	AÇO MOLA	446 x Φ2	1,82	
Solda do pedal de freio					5,78	
17 Batente do conjunto de pedais	1	0,005	NBR	Φ38 x 11 X 9	0,37	
18 Eixo do conjunto de pedais	1	0,128	SAE 1010	Φ117 x 19	6,91	
19 Arruela do conjunto de pedais	1	0,004	SAE 1010	Φ21 x 2	0,16	
20 Porca do conjunto de pedais	1	0,006	SAE 1010	M10 x cab.sex.	0,48	
21 Trava do conjunto de pedais	1	0,003	SAE 1010	94 x Φ2	0,70	
Montagem do conjunto de pedais					7,82	
22 Pedal do acelerador	1	0,079	SAE 1010	100 x 35 x 3	1,61	
23 Suporte do pedal do acelerador	1	0,191	SAE 1010	345 x Φ10	6,00	
24 Eixo do pedal do acelerador	1	0,037	SAE 1010	64 x Φ10	1,98	
25 Suporte do batente do pedal do acelerador	1	0,012	SAE 1010	51 x 10 x 3	0,37	
26 Suporte do cabo do pedal do acelerador	1	0,006	SAE 1010	23 x 15 x 3	0,27	
27 Mola do pedal do acelerador	1	0,011	AÇO MOLA	457 x Φ2	1,87	
28 Batente do pedal do acelerador	1	0,003	NBR	18 x 15 x 14	0,21	
29 Suporte de fixação do pedal do acelerador	1	0,034	POM	71 x 60 x 29	3,32	
30 Cobertura de borracha do pedal do acelerador	1	0,019	NBR	102 x 39 x 9	1,61	
31 Trava do pedal do acelerador	2	0,002	SAE 1010	Φ17 x 1,0	0,48	
Solda do pedal do acelerador					2,89	
Montagem do pedal do acelerador					1,55	
Total					94,55	

Tabela 13 – Somatória de custos do veículo GMB.

VEÍCULO DA CONCORRÊNCIA						
	Componente	Quantidade	Massa (kg)	Material	Dimensões (mm)	Custo (R\$)
1	Suporte do conjunto	1	1,003	SAE 1010	690 x 160 x 2	10,24
2	Pedal da embreagem	1	0,410	PA66 GF40	420 x 110 x 60	26,16
3	Cobertura de borracha	2	0,054	NBR	63 x 61 x 12	2,41
4	Mola do pedal da embreagem	1	0,115	AÇO MOLA	1311 x Φ 4	11,50
5	Pedal do freio	1	0,049	SAE 1010	52 x 49 x 2,7	1,39
6	Suporte do pedal do freio	1	0,584	SAE 1010	335 x 80 x 7,2	10,50
7	Tubo do suporte do pedal do freio	1	0,057	SAE 1010	45 x Φ 23 x 2,5	0,96
	Solda do pedal de freio					5,78
	Pintura do pedal de freio					0,90
8	Tubo do pedal da embreagem	1	0,078	SAE 1010	103 x Φ 14 x 3	1,39
9	Tubo do pedal do freio	1	0,038	SAE 1010	48 x Φ 14 x 3	0,86
10	Bucha do pedal da embreagem	1	0,012	POM	50 x Φ 26	1,61
11	Bucha do conjunto de pedais	4	0,012	POM	15 x Φ 26	2,77
12	Parafuso do conjunto de pedais	1	0,066	SAE 1010	175 x M8 x cab.sex.	4,33
13	Arruela do conjunto de pedais	1	0,002	SAE 1010	Φ 16 x 1,5	0,12
14	Porca do conjunto de pedais	1	0,006	SAE 1010	M8 x cab.sex.	0,70
	Montagem do conjunto de pedais					6,17
15	Pedal do acelerador	1	0,236	PA66 GF30	370 x 135 x 45	19,40
16	Suporte do pedal do acelerador	1	0,106	SAE 1010	145 x 70 x 2	1,92
17	Eixo do pedal do acelerador	1	0,022	SAE 1010	56 x Φ 8	1,18
18	Arruela do pedal do acelerador	1	0,001	SAE 1010	Φ 18 x 0,3	0,04
19	Trava do pedal do acelerador	2	0,001	SAE 1010	35 x 14 x 0,5	0,82
	Montagem do pedal do acelerador					1,04
	Total					112,19

Tabela 14 – Somatória de custos do veículo da concorrência.

4.1 CURVA ABC

Para aplicação da curva ABC, primeiramente foram agrupados alguns itens para poderem ser comparados na mesma base.

O item 1 da concorrência (suporte do pedal) foi comparado ao agrupamento dos itens 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e a solda do suporte da GMB, pois todos estes itens representam o suporte do pedal.

O item 2 da concorrência (pedal da embreagem) foi comparado ao agrupamento dos itens 8, 9, 10 e a solda do pedal da embreagem da GMB, pois todos estes itens representam o pedal da embreagem.

Os itens 8, 9 e 12 do veículo da concorrência (parafuso e tubos de fixação) foram comparados ao item 18 da GMB (eixo do conjunto de pedais), pois este item representa a fixação do conjunto de pedais.

O item 15 do veículo da concorrência (pedal do acelerador) foi comparado aos itens 22, 23, 25, 26 e a solda do pedal do acelerador da GMB, pois estes itens representam o pedal da concorrência.

Posteriormente foram listados os componentes em ordem decrescente de custo e foram classificados 20% destes itens como A, 30% como B e 50% como C. A seguir foi indicado o percentual que cada item representa no custo total do sistema e efetuou-se a classificação do percentual acumulado para a geração do gráfico da curva ABC (Figuras 18 e 19). Por fim, na última coluna se tem o percentual que cada categoria representa no montante como mostram as tabelas 15 e 16.

VEÍCULO GMB						
	Item	Componente	Custo (R\$)	Percentual	Acumulado	
A	1	Suporte do conjunto	19,60	20,73%	20,73%	63,78%
	2	Pedal da embreagem	14,08	14,89%	35,62%	
	16	Pedal do acelerador	11,14	11,78%	47,40%	
	15	Montagem do conjunto de pedais	7,82	8,27%	55,67%	
	6	Suporte do pedal do freio	7,66	8,10%	63,78%	
B	10	Eixo do conjunto de pedais	6,91	7,31%	71,08%	25,70%
	8	Solda do pedal de freio	5,78	6,11%	77,20%	
	17	Suporte do pedal do acelerador	3,32	3,51%	80,71%	
	4	Mola do pedal da embreagem	2,30	2,43%	83,14%	
	3	Cobertura de borracha	2,14	2,26%	85,40%	
	18	Eixo do pedal do acelerador	1,98	2,09%	87,50%	
C	21	Mola do pedal do acelerador	1,87	1,98%	89,48%	10,52%
	9	Mola do pedal do freio	1,82	1,92%	91,40%	
	23	Cobertura de borracha do pedal do acelerador	1,61	1,70%	93,10%	
	20	Montagem do pedal do acelerador	1,55	1,64%	94,74%	
	5	Pedal do freio	1,39	1,47%	96,21%	
	7	Tubo do suporte do pedal do freio	1,18	1,25%	97,46%	
	12	Trava do conjunto de pedais	0,70	0,74%	98,20%	
	14	Porca do conjunto de pedais	0,48	0,51%	98,71%	
	19	Trava do pedal do acelerador	0,48	0,51%	99,22%	
	11	Batente do conjunto de pedais	0,37	0,39%	99,61%	
22	Batente do pedal do acelerador	0,21	0,22%	99,83%		
13	Arruela do conjunto de pedais	0,16	0,17%	100,00%		
	Total		94,55	100,00%	100,00%	

Tabela 15 – Curva ABC do veículo GMB.

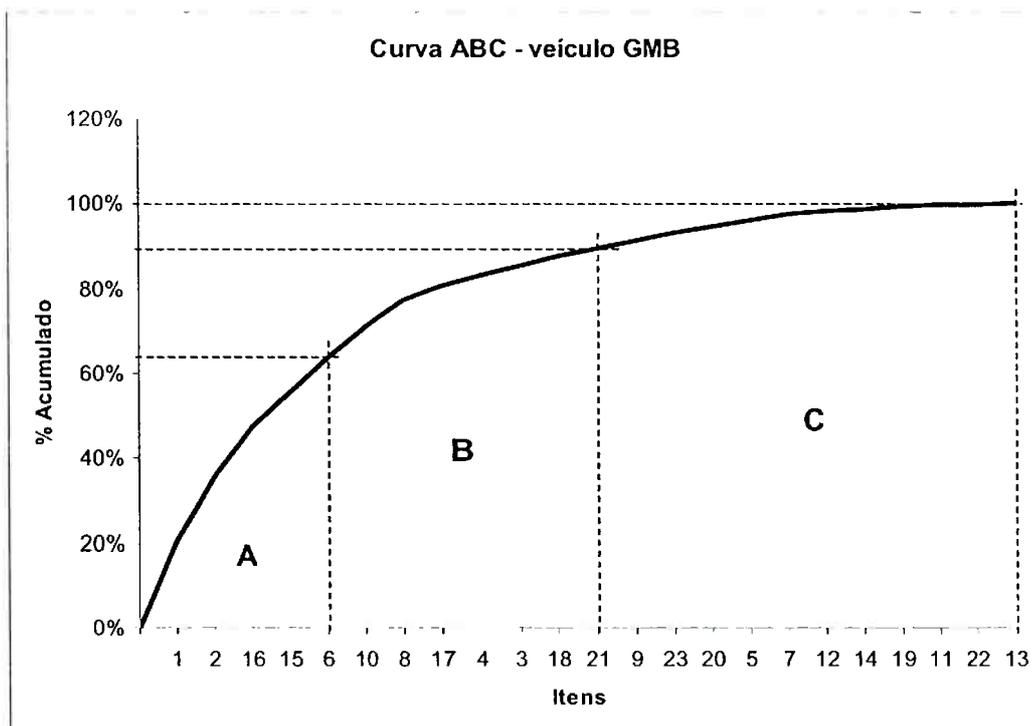


Figura 18 - Curva ABC do veículo GMB.

Para o veículo GMB nota-se que a classe A (20% dos itens) representa 63,78% do custo do sistema, exigindo assim uma atenção maior, já para a classe B (30% dos itens) há uma representação de 25,70% do custo devendo ser priorizada posteriormente. Para a classe C (50% dos itens) representa 10,52% do custo do sistema, portanto a análise será focada nas classes A e B que, se somadas, representam 89,48% do custo do sistema.

VEÍCULO DA CONCORRÊNCIA						
	Item	Componente	Custo (R\$)	Percentual	Acumulado	
A	2	Pedal da embreagem	26,16	23,32%	23,32%	69,35%
	16	Pedal do acelerador	19,40	17,29%	40,61%	
	4	Mola do pedal da embreagem	11,50	10,25%	50,86%	
	6	Suporte do pedal do freio	10,50	9,36%	60,22%	
	1	Suporte do conjunto	10,24	9,13%	69,35%	
B	10	Parafuso e tubos de fixação	6,58	5,87%	75,21%	21,13%
	15	Montagem do conjunto de pedais	6,17	5,50%	80,71%	
	8	Solda do pedal de freio	5,78	5,15%	85,86%	
	12	Bucha do conjunto de pedais	2,77	2,47%	88,33%	
	3	Cobertura de borracha	2,41	2,15%	90,48%	
C	17	Suporte do pedal do acelerador	1,92	1,71%	92,19%	9,52%
	11	Bucha do pedal da embreagem	1,61	1,44%	93,63%	
	5	Pedal do freio	1,39	1,24%	94,87%	
	18	Eixo do pedal do acelerador	1,18	1,05%	95,92%	
	20	Montagem do pedal do acelerador	1,04	0,93%	96,84%	
	7	Tubo do suporte do pedal do freio	0,96	0,86%	97,70%	
	9	Pintura do pedal de freio	0,90	0,80%	98,50%	
	19	Trava do pedal do acelerador	0,82	0,73%	99,23%	
	14	Porca do conjunto de pedais	0,70	0,62%	99,86%	
	13	Arruela do conjunto de pedais	0,12	0,11%	99,96%	
	21	Arruela do pedal do acelerador	0,04	0,04%	100,00%	
	Total		112,19	100,00%		100,00%

Tabela 16 – Curva ABC do veículo da concorrência.

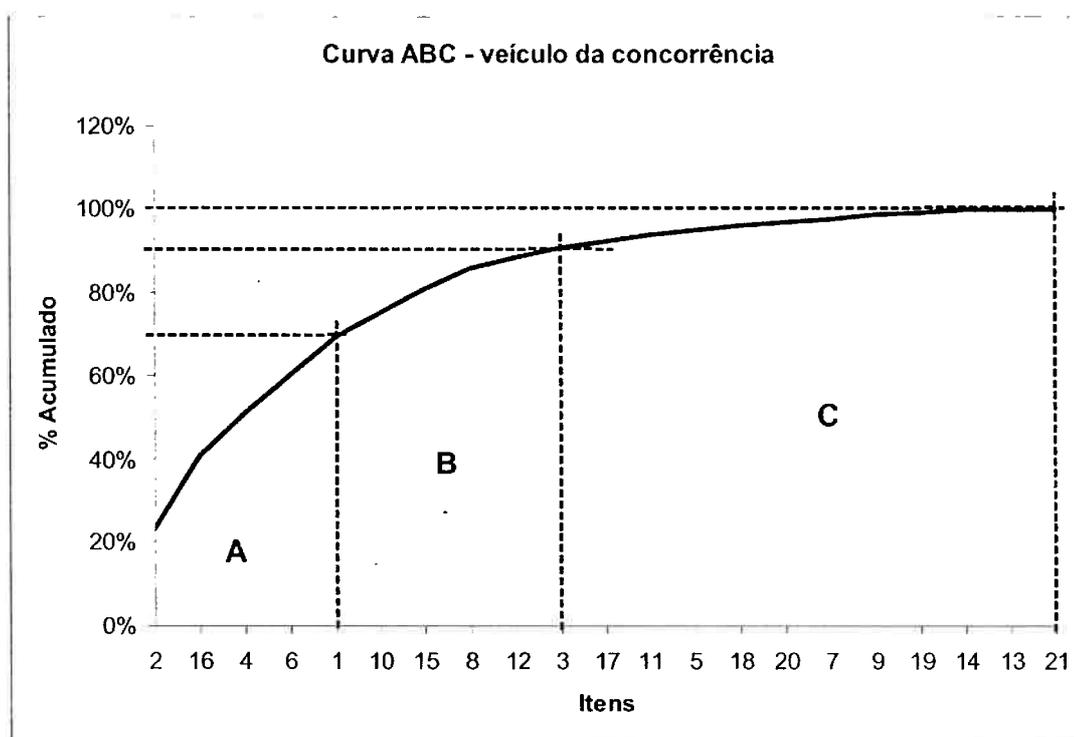


Figura 19 - Curva ABC do veículo da concorrência.

Para o veículo da concorrência nota-se que a classe A (24% dos itens) representa 69,35% do custo do sistema, exigindo assim uma atenção maior, já para a classe B (24% dos itens) há uma representação de 21,13% do custo devendo ser priorizada posteriormente. Para a classe C (50% dos itens) representa 9,52% do custo do sistema, portanto a análise será focada nas classes A e B que, se somadas, representam 90,48% do custo do sistema.

Algumas diferenças importantes que se pode notar são:

1. O pedal da embreagem do veículo da concorrência é o item de maior custo e representa 23,32% deste custo estando alocado na classe A. Para o veículo GMB este pedal também se encontra na classe A, porém representa apenas 14,89% do custo por possuir processos de fabricação diferentes do pedal da concorrência que é feito num processo de injeção de plásticos ao invés de chapa estampada.

2. O pedal do acelerador do veículo da concorrência também é fabricado num processo de injeção de plásticos e representa 17,29% do custo e também está na classe A. Para o veículo da GMB o pedal do acelerador representa apenas 11,78% do custo (classe A) e é fabricado em arame dobrado com pequenos suportes soldados.

3. A mola do pedal da embreagem do veículo da concorrência representa 10,25% do custo (classe A) e o da GMB 2,43% (classe B). Esta diferença ocorre pelo fato da mola da concorrência possuir uma massa cinco vezes maior que o da GMB.

4. O suporte do conjunto de pedais do veículo da concorrência representa 9,13% do custo. Para o veículo GMB este suporte representa 20,73% do custo total, estando alocado na classe A (item de maior custo). Esta diferença ocorre principalmente pelo fato do pedal da GMB possuir diversos suportes soldados.

5. A montagem do conjunto do veículo da concorrência representa 5,50% do custo, estando alocado na classe B. Para a GMB este item representa 8,27% do custo (classe A), esta diferença ocorre pelo fato do pedal da GMB possuir um custo total inferior ao da concorrência, o que faz com que o custo de montagem seja mais representativo no montante.

6. A bucha do conjunto da concorrência possui quatro peças representando 2,47% do custo (classe B). O conjunto da GMB não possui este item.

7. O suporte do pedal do acelerador da concorrência representa 1,71% do custo (classe C), porém para o veículo GMB este item representa 3,51% do custo e está alocado na classe B. Isso ocorre pelo fato do suporte da GMB ser fabricado num processo de injeção de plásticos e o da concorrência ser feito de chapa estampada.

8. A mola do pedal do acelerador da GMB representa 1,98% do custo (classe B). O pedal do acelerador da concorrência não possui este item.

4.2 ENGENHARIA DO VALOR

Para a aplicação da Engenharia do Valor serão focados apenas os itens que estão alocados nas classes A e B da Curva ABC do veículo GMB por representarem 89,48% do custo total do sistema, conforme mostra a tabela 17.

VEÍCULO GMB			
Item	Componente	Custo (R\$)	Percentual
1	Suporte do conjunto	19,60	20,73%
2	Pedal da embreagem	14,08	14,89%
16	Pedal do acelerador	11,14	11,78%
15	Montagem do conjunto de pedais	7,82	8,27%
6	Suporte do pedal do freio	7,66	8,10%
10	Eixo do conjunto de pedais	6,91	7,31%
8	Solda do pedal de freio	5,78	6,11%
17	Suporte do pedal do acelerador	3,32	3,51%
4	Mola do pedal da embreagem	2,30	2,43%
3	Cobertura de borracha	2,14	2,26%
18	Eixo do pedal do acelerador	1,98	2,09%
21	Mola do pedal do acelerador	1,87	1,98%
	Total	84,60	89,48%

Tabela 17 – Componentes do veículo GMB.

A seguir (tabela 18) se tem os componentes analisados com suas respectivas funções dentro do sistema de pedais.

VEÍCULO GMB		
Item	Componente	Função
1	Suporte do conjunto	fixar componente
		aumentar massa
		oxidar componente
2	Pedal da embreagem	acionar embreagem
		aumentar massa
		propiciar conforto
16	Pedal do acelerador	movimentar veículo
		aumentar massa
		oxidar componente
15	Montagem do conjunto de pedais	unir componentes
6	Suporte do pedal do freio	acionar freio
		aumentar massa
		oxidar componente
10	Eixo do conjunto de pedais	unir componentes
		aumentar massa
		oxidar componente
8	Solda do pedal de freio	unir componentes
17	Suporte do pedal do acelerador	fixar componente
		oxidar componente
4	Mola do pedal da embreagem	posicionar componente
		propiciar conforto
3	Cobertura de borracha	evitar escorregamento
		soltar componente
18	Eixo do pedal do acelerador	unir componentes
		oxidar componente
21	Mola do pedal do acelerador	posicionar componente
		propiciar conforto

Tabela 18 – Funções dos componentes GMB.

Posteriormente (tabela 19) foi feita a lista limpa das funções e foram classificados cada função em função identificadora (ID) / agregada (AG), relevante (RE) / irrelevante (IR) / indesejável (IN) e uso (US) / estima (ES).

VEÍCULO GMB			
Função	Classificação		
	ID / AG	RE / IR / IN	US / ES
fixar componente	ID	RE	US
aumentar massa	AG	IR	US
oxidar componente	AG	IR	US
acionar embreagem	AG	RE	US
propiciar conforto	AG	RE	ES
movimentar veículo	AG	RE	US
unir componentes	AG	IR	US
acionar freio	AG	RE	US
posicionar componente	AG	IR	US
evitar escorregamento	AG	RE	US
soltar componente	AG	IN	US

Tabela 19 – Classificação das funções.

Na tabela 20 se tem a distribuição do custo de cada componente em suas respectivas funções permitindo a visualização do custo de cada função classificada como relevante ou irrelevante.

VEÍCULO GMB							
Componente Função	Suporte do conjunto	Pedal da embreagem	Pedal do acelerador	Montagem do conjunto de pedais	Suporte do pedal do freio	Eixo do conjunto de pedais	Sub-total
fixar componente	R\$ 19,60						R\$ 22,92
aumentar massa	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00		R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
oxidar componente	R\$ 0,00		R\$ 0,00		R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
acionar embreagem		R\$ 9,86					R\$ 9,86
propiciar conforto		R\$ 4,22					R\$ 5,89
movimentar veículo			R\$ 11,14				R\$ 11,14
unir componentes				R\$ 7,82		R\$ 6,91	R\$ 22,49
acionar freio					R\$ 7,66		R\$ 7,66
posicionar componente							R\$ 2,50
evitar escorregamento							R\$ 2,14
soltar componente							R\$ 0,00
Sub-total	R\$ 19,60	R\$ 14,08	R\$ 11,14	R\$ 7,82	R\$ 7,66	R\$ 6,91	R\$ 84,60
Componente Função	Solda do pedal de freio	Suporte do pedal do acelerador	Mola do pedal da embreagem	Cobertura de borracha	Eixo do pedal do acelerador	Mola do pedal do acelerador	Sub-total
fixar componente		R\$ 3,32					R\$ 22,92
aumentar massa							R\$ 0,00
oxidar componente		R\$ 0,00			R\$ 0,00		R\$ 0,00
acionar embreagem							R\$ 9,86
propiciar conforto			R\$ 0,92			R\$ 0,75	R\$ 5,89
movimentar veículo							R\$ 11,14
unir componentes	R\$ 5,78				R\$ 1,98		R\$ 22,49
acionar freio							R\$ 7,66
posicionar componente			R\$ 1,38			R\$ 1,12	R\$ 2,50
evitar escorregamento				R\$ 2,14			R\$ 2,14
soltar componente				R\$ 0,00			R\$ 0,00
Sub-total	R\$ 5,78	R\$ 3,32	R\$ 2,30	R\$ 2,14	R\$ 1,98	R\$ 1,87	R\$ 84,60

RELEVANTE	R\$ 59,61
IRRELEVANTE	R\$ 24,99

Tabela 20 – Custo x função.

Pode-se notar que 70,46% do custo referem-se às funções relevantes e 29,54% às irrelevantes.

O próximo passo foi à realização de um *brainstorming* para geração de propostas de melhoria. As idéias foram geradas analisando comparativamente o veículo da concorrência e visando principalmente a redução do custo das funções irrelevantes. A tabela 21 mostra as propostas geradas com suas respectivas reduções de custo estimadas.

Componente	Proposta	Redução estimada (R\$)
Montagem do conjunto de pedais	Desenvolver apoio do pé do pedal da embreagem em plástico com textura encaixando no suporte do pedal, removendo a cobertura de borracha e facilitando a montagem. Benchmark: Concorrência.	2,53
Montagem do conjunto de pedais	Desenvolver eixo do conjunto de pedais com cabeça sextavada para facilitar a montagem. Benchmark: Concorrência.	0,08
Montagem do conjunto de pedais	Substituir trava do conjunto por aplicação de trava química na porca, facilitando a montagem.	0,65
Montagem do conjunto de pedais	Remover a operação de montagem do conjunto, efetuando a montagem diretamente no veículo.	Não dá redução
Suporte do conjunto	Desenvolver em peça única, removendo processo de solda. Benchmark: Concorrência.	3,89
Pedal do acelerador	Colar batente de borracha na carroceria, removendo o suporte de fixação do batente.	0,37
Pedal do acelerador	Desenvolver olhal diretamente no arame do pedal removendo suporte de passagem do cabo do acelerador. Benchmark: Concorrência.	0,36
Suporte do pedal do freio	Reduzir a espessura para 5mm. Benchmark: Pedal da embreagem.	1,93
Eixo do conjunto de pedais	Substituir por parafuso. Benchmark: Concorrência.	2,58
Solda do pedal de freio	Desenvolver pedal do freio em peça única, com tubo encaixado.	4,25
Suporte do pedal do acelerador	Desenvolver em chapa estampada. Benchmark: Concorrência.	1,40
Mola do pedal da embreagem	Remover. Benchmark: Concorrência.	2,30
Cobertura de borracha	Desenvolver pedal da embreagem em plástico com a área de apoio do pé com textura, removendo a cobertura de borracha. Benchmark: Concorrência.	Não dá redução
Eixo do pedal do acelerador	Desenvolver com diâmetro de 8mm. Benchmark: Concorrência.	0,80
Mola do pedal do acelerador	Remover. Benchmark: Concorrência.	1,87
Total		23,01

Tabela 21 – Propostas de redução de custos.

Pode-se verificar que há um potencial de R\$23,01 de redução de custo num total de R\$84,60, ou seja, 27%.

CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi o de propor uma metodologia para análise comparativa de veículos próprios com os veículos da concorrência, através de estimativa de custos, aplicação da Curva ABC e da Engenharia de Valor. No estudo de caso um sistema de pedais da concorrência foi comparado ao sistema da General Motors do Brasil. Através deste estudo foi possível analisar os custos de cada elemento e determinar o quanto é representativa cada parcela do custo no custo final da peça. Este procedimento pode ser aplicado em todos os sistemas de um veículo levando em consideração as suas particularidades.

Anteriormente não havia nenhuma metodologia aplicada e a estimativa era feita de forma subjetiva através da experiência dos profissionais da área, porém a estimativa era baseada nas propostas de redução de custos já geradas nos veículos analisados.

O trabalho desenvolvido identifica cada etapa que deve ser seguida para obtenção de todas as informações necessárias para a análise comparativa de sistemas veiculares.

No capítulo 1 definiu-se o conceito relevante de Benchmarking, utilizado para identificar qual sistema da concorrência deveria ser analisado. Também definiu-se Engenharia Reversa, que faz parte do processo de análise de um sistema veicular através da desmontagem do mesmo. A Curva ABC foi definida para eleger-se quais itens deveriam fazer parte de uma análise mais detalhada e, por fim, definiu-se a Engenharia de Valor, utilizada para auxiliar na geração das oportunidades de redução de custos.

O capítulo 2 mostra a metodologia desenvolvida através de pesquisa e que será útil para trabalhos futuros. A mesma foi aplicada, posteriormente, num estudo de caso no capítulo 3.

No capítulo 4 foi feita uma análise de custos mais aprofundada comparando o sistema GMB com o da concorrência. Também neste capítulo foi aplicada a Curva

ABC e a Engenharia do Valor para identificar quais itens são mais relevantes no sistema e gerar uma lista de redução de custos.

Como recomendação para futuros estudos tem-se a aplicação desta metodologia a outros sistemas veiculares. Vale ressaltar que todo sistema veicular contém uma interface com outro sistema, porém não faz parte deste estudo analisar-se todo o veículo conjuntamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MILES, Lawrence D.; STUKART, Hebert L.; MACHLINE Claude; MARAMALDO Dirceu. **AV/EV Análise do Valor/Engenharia do Valor**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Intercultural, 1984.

STUKART, Herbert L. **Análise de Valor/Engenharia de Valor**. Rio de Janeiro: Intercultural, 1984.

CSILLAG, João Mario. **Análise do Valor: Metodologia do Valor**. São Paulo: Atlas, 1985.

MARAMALDO, Dirceu. Análise de **Valores (Value Analysis/Value Engineering)**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Intercultural, 1983.

CHIKOFFSKY, Elliot J.; CROSS, James H. **Reverse Engineering and Design Recovery: a Taxonomy**. IEEE Software, p. 13-17, janeiro 1990.

BIGGERSTAFF, Ted J. **Design Recovery for Maintenance and Reuse**. Computer-IEEE, p. 36-49, julho 1989.

COSTA, R. M. **Um método de Engenharia Reversa para Auxiliar a Manutenção de Software**. Dissertação (mestrado), ICMC-USP, São Carlos, 1997. 100p.

INGLE, K. A. **Reverse Engineering**. New York. McGraw-Hill. 1994.

MITUTOYO SUL AMERICANA Ltda. **Catálogo**. Abril. P. 41. 1998.

KOWK, W-L.; EAGLE, P.J. **Reverse Engineering. Extracting CAD data from existing parts**. *Mechanical Engineering*. v113. n3. p. 52 – 55. March, 1991.

SUHARITDAMRONG, V.; MOTOVALLI, S. **Feature-based model generation for reverse engineering. Proceedings of the 1995 4th Industrial Engineering Research Conference.** Industrial Engineering Research – Conference Proceedings 1995. IIE, Norcross, GA, USA. p. 183-189. 1995.

ABELLA, R. J.; DASCHBACH, J.; McNICHOLS, R.J. **Reverse Engineering Industrial Applications. Computers and Industrial Engineering.** v26. n2. p. 381-385. 1994.

ARONSON, R. B. **Forward thinkers take to reverse engineering. Manufacturing engineering.** v117. n5. p. 34-44. November, 1996.

GURUMOORTHY, B. **Reverse engineering of solid models. Journal of the Indian Institute of Science.** v76. n1. p. 93-107. 1996.

MUDGE, Arthur E. **Value Engineering.** McGraw-Hill, 1971.

BASSO, José Luiz. **Engenharia e Análise do Valor: mais as abordagens da Administração, Contabilidade e Gerenciamento do Valor.** São Paulo: IMAM, 1991.

ABREU, Romeu Carlos Lopes de. **Análise de Valor.** Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 1996.

Oliveira, F., **Redução dos custos de manufatura da GM Powertrain, através da padronização, comparação dos resultados entre diversas plantas e utilização das melhores práticas.** 2005 73p. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

Uieda, A., **Padronização do processo de elaboração de orçamento anual na área de produção.** 2005 78p. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

Basso, J. L., **Aplicação de Engenharia e Análise do Valor – EAV antecedendo o custeio baseado em atividades – ABC**. 2003 207p. Dissertação de Mestrado. Centro Universitário Álvares Penteado. São Paulo, 2003.

Pereira, M., **O uso da curva ABC nas empresas**. Disponível em <http://kplus.cosmo.com.br/materia.asp?co=5&rv=Vivencia>, Acesso em: 20 nov. 2006.

O que é curva ABC?. Disponível em <http://www.sebraesp.com.br/principal/melhorando%20seu%20neg%C3%B3cio/orienta%C3%A7%C3%B5es/marketing/planejamento/sistemaabcestoques.aspx>, Acesso em: 20 nov. 2006.

Como se obtém a curva ABC?. Disponível em [http://www.sebraesp.com.br/principal/melhorando%20seu%20neg%C3%B3cio/orienta%C3%A7%C3%B5es/marketing/planejamento/obter curva abc .aspx](http://www.sebraesp.com.br/principal/melhorando%20seu%20neg%C3%B3cio/orienta%C3%A7%C3%B5es/marketing/planejamento/obter%20curva%20abc.aspx), Acesso em: 20 nov. 2006.

Esclarecimentos sobre gráfico de curva ABC. Disponível em <http://www.activedelphi.com.br/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=366&mode=thread&order=0&thold=0>, Acesso em: 20 nov. 2006.

Feltrim, V. D., **Apoio à Documentação de Engenharia Reversa de Software por meio de Hipertextos**, f.9-10.

Braga, R. T. V., **Padrões de Software a partir da Engenharia Reversa de sistemas Legados**, f.16-17 e 23.

G. Antônio, G. Cãnfora e Andréa de Lucia, **Working Conference on Reverse engineering**, 1996 f.136-144. IEEE Comp. Soc. Press. COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1996.

Ferneda, A. B., **Integração Metrologia, CAD e CAM: Uma contribuição ao estudo de Engenharia Reversa**, f.4-7.

Santos, W., **A utilização da análise comparativa veicular como ferramenta para o desenvolvimento de novos produtos**. 2007 49p. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.