

TENDÊNCIAS DA RECICLAGEM DE MATERIAIS NA INDÚSTRIA  
AUTOMOBILÍSTICA

Flávio de Oliveira Marques

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS  
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS  
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO

Aprovada por:

---

Prof. Paulo Rodrigues Lima, PhD

---

Prof. Estevão Neiva de Medeiros, D.Sc.

---

Prof. Heloisa Vasconcellos de Medina, D.Sc.

---

Prof. Ricardo Manfredi Naveiro, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

DEZEMBRO DE 2005

MARQUES, FLÁVIO DE OLIVEIRA

Tendências da Reciclagem de Materiais, na  
Indústria Automobilística [Rio de Janeiro] 2005

XVII, 96p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc.,  
Engenharia de Produção, 2005)

Dissertação – Universidade Federal do Rio  
de Janeiro, COPPE

1. Desenvolvimento de Produto
2. Reciclagem
3. Eco-Design

I.COPPE/UFRJ II.Título ( série )

Aos meus Pais, sem eles nada seria possível.

Agradeço,

Ao Professor e amigo Luis Antônio Meirelles, por ter me apoiado em todas as fases dessa dissertação. E, apesar dos imprevistos de última hora, orientar-me cumprindo seu papel.

Ao Professor Paulo Rodrigues Lima, por ter aceitado esse desafio, e pela cooperação ao longo do trabalho.

À Prof. Heloisa Medina, pelas informações e materiais fornecidos durante a fase inicial e final deste trabalho.

À Lucia Rama, por ter me recebido de maneira tão especial na equipe de desenvolvimento de produto, onde foi realizado o levantamento dos dados que alimentaram este trabalho.

À Andréa, por ter se mostrado bastante solícita junto às minhas curiosidades relacionadas aos polímeros.

À Gabriela, pelas valiosas ‘dicas’ nos momentos de escrita da dissertação e pelo apoio logístico na reta final do trabalho.

Aos membros da banca, pela aceitação do convite e pelas horas dedicadas à leitura da dissertação.

À Fátima, por ter me ajudado a cumprir os prazos e procedimentos diversos do programa de Engenharia de Produção.

À Zui, pelas inúmeras vezes que utilizei os seus computadores.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

TENDÊNCIAS DA RECICLAGEM DE MATERIAIS NA INDÚSTRIA  
AUTOMOBILÍSTICA

Flávio de Oliveira Marques

Dezembro / 2005

Orientadores: Paulo Rodrigues Lima

Programa: Engenharia de Produção

O presente trabalho faz uma análise do comportamento do setor automobilístico frente à entrada em vigor de uma diretiva ambiental que estabelece limites percentuais de reciclabilidade para os novos veículos. São retratadas as ações voltadas para o cumprimento da diretiva ambiental 2000/53/EU, através do acompanhamento das atividades do departamento de desenvolvimento de produtos de uma das maiores montadoras de automóveis mundial instalada no Brasil.

Apresenta também as motivações que levaram essa montadora a cumprir tais determinações legais, uma vez que essa legislação é válida apenas para os países membros da Comunidade Européia. Indo além, o trabalho descreve a aplicação prática de alguns conceitos teóricos relativos ao tema levantados ao longo da pesquisa bibliográfica.

Ao final do trabalho é proposto um futuro desdobramento do mesmo, quando é dito que o sucesso do desenvolvimento voltado para o meio ambiente na indústria automobilística é consequência do equilíbrio de três fatores: Econômicos, Tecnológicos e o Ambientais.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (D.Sc.)

## MATERIAL RECYCLING, AN APPROACH TO THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

Flávio de Oliveira Marques

December / 2005

Advisors: Paulo Rodrigues Lima

Department: Production Engineering

This work studies the behavior of the automobile sector in face of the enforcement of an environmental directive that establishes the percentage of the limit of recyclability in new vehicles. The actions and activities aiming at obeying the environmental directive 2000/53/EU, were studied while accompanying the development of products in one of the largest world car manufacturers established in Brazil.

It also presents the motivations that led this car manufacturer to carry out such directive, once it is valid only for the countries members of the European Union. And besides, this work describes the practical application of some theoretical concepts concerning the subject, which came out during the bibliographic research.

It is proposed, at the end of the work, a future continuation of it, and it is mentioned that the success of the development concerning the environment in the automotive industry is a consequence of the balance of three factors: Economic, Technological and Environmental.

## Sumário

<b><u>Capítulo 1 – A evolução dos automóveis</u></b>	<b>1</b>
<b><u>1.1 -O Automóvel</u></b>	<b>1</b>
<b><u>1.2 -A concepção dos automóveis</u></b>	<b>3</b>
<i>1.2.1- A concepção de um veículo</i>	4
<i>1.2.2 -O desenvolvimento de Autos e o Meio Ambiente</i>	7
<b><u>1.3 - Análise de Ciclo de Vida</u></b>	<b>9</b>
<i>1.3.1 – Análise do Ciclo de Vida e Design for Environment</i>	11
<i>1.3.2 – O Ciclo de Vida do automóvel</i>	12
<b><u>1.4 - Obsolescência Planejada</u></b>	<b>16</b>
<i>1.4.1- A obsolescência planejada aplicada a bens duráveis : os automóveis</i>	17
<i>1.4.2 Obsolescência planejada e a reciclagem</i>	20
<b><u>Capítulo 2 - A indústria automobilística: materiais mais utilizados</u></b>	<b>22</b>
<b><u>2.1 - Contextualização</u></b>	<b>22</b>
<i>2.1.1 - Novo Cenário De Aplicação Dos Materiais</i>	26
<b><u>2.2 - Materiais e desenvolvimento para o meio ambiente</u></b>	<b>32</b>
<i>2.2.1 – A aplicação do Design para o Meio Ambiente na Industria Automobilística</i>	34
<b><u>2.3 – Remanufatura: Uma atividade a ser desenvolvida</u></b>	<b>40</b>
<b><u>2.4- Materiais Sustentáveis</u></b>	<b>44</b>

<b><u>2.5 – Processos de Reciclagem</u></b>	50
2.5.1 - <i>Desmonte de veículos e o cálculo do percentual de reciclabilidade</i>	54
<b><u>Capítulo 3 – A legislação ambiental e o avanço da reciclabilidade do</u></b>	
<b><u>automóvel</u></b>	62
<b><u>3.1 Contextualização</u></b>	62
3.1.1 - <i>Legislações de Retorno Garantido</i>	63
<b><u>3.2 – A diretiva ambiental para veículos em final de vida –2000/53-EC</u></b>	64
<b><u>3.3 – Atingir 85% de reciclabilidade</u></b>	67
<b><u>3.4 - Eliminar substâncias tóxicas</u></b>	71
3.4.1 – <i>O controle do emprego de substâncias restritas</i>	73
<b><u>3.5 – Marcação de 100% das peças Poliméricas</u></b>	76
<b><u>3.6 - Aumentar o uso de material reciclado na composição dos veículos</u></b>	79
3.6.1 – <i>Implementação de materiais reciclados em peças automotivas</i>	81

<b><u>Capítulo 4 - Conclusão</u></b>	85
<b><u>Referências Bibliográficas</u></b>	91
<b><u>Anexo 1 – Diretiva 2000/53/UE (versão em português)</u></b>	94

Figuras :	Pág.
<b>Figura 1.</b> Adequação das demandas para os atributos internos da empresa – Elaboração própria do autor	6
<b>Figura 2.</b> Equação básica para partida de um projeto. Elaboração própria do autor	6
<b>Figura 3.</b> Fluxo de materiais no processo de reciclagem. TAM e JEKEL (2004 )	29
<b>Figura 4.</b> Entradas e Saídas na visão sistemática de fabricação do automóvel. Elaboração própria do autor.	34
<b>Figura 5.</b> Indicadores de Desempenho – Adaptado de LAWRENCE (1998)	36
<b>Figura 6.</b> Do berço a reencarnação. Adaptado de BELLMANN E KHARE (2000 )	37
<b>Figura 7.</b> Divisão dos materiais renováveis. Adaptado de SCHMIDT (2004-)	49
<b>Figuras 8.</b> Etapas do processo de reciclagem e seus resíduos. DURANCEAU (2004)	53
<b>Figura 9.</b> Estrutura Árvore de Componentes e Sub-componentes. Adaptado de IMDS	75
<b>Figura 10.</b> Exemplo de veículo cadastrado no IDIS. Fonte (www.idis.com)	79

Tabelas	pág
<b>Tabela 1.</b> Ferramentas de Eco-Design. Adaptado de OLIVEIRA (2000 )	8
<b>Tabela 2.</b> Peso dos automóveis. Adaptado de KIPERSTOK (2000 )	14
<b>Tabela 3.</b> Demanda de energia ao longo do ciclo de vida. STEINHILPER(2000)	39
<b>Tabela 5.</b> Tempo de desmontagem de peças. MAGNANI (2000)	56
<b>Tabela 6.</b> Cálculo do percentual de Reciclabilidade. MAGNANI (2000)	58

## Gráficos

Pg

**Gráfico 1.** Composição de um automóvel por tipo de materiais-Adaptado de SCHMIDT (2004)

13

## **Apresentação**

Automóveis sempre despertaram muito o meu interesse e acredito que esse sentimento seja comum a muitos dos que estão lendo este trabalho. Desde criança sempre gostei de qualquer assunto relacionado a essas máquinas. E, por coincidência, minha breve trajetória profissional tem sido voltada para esse ramo industrial. Minha primeira experiência profissional foi em uma empresa fornecedora de peças para uma grande multinacional. A partir desse primeiro contato, todas as outras experiências se deram nesse mesmo ramo. Já na segunda experiência de estágio passei a atuar em uma montadora de caminhões. Lá se iniciou a discussão sobre assuntos relacionados a questões ambientais. Assuntos esses que iam muito além das minhas expectativas, uma vez que eu só relacionava questões ambientais a assuntos como efluentes, como tratamento de resíduos industriais, licenças de operações etc.

As questões que estavam sendo discutidas nessa montadora eram mais abrangentes e não tratavam apenas dos sistemas produtivos dos veículos. Pode-se afirmar que esta montadora apresentava uma abordagem sistêmica do produto. Tais questões ambientais eram relacionadas a projetos de veículos que fossem menos poluentes, mais eficientes, que consumissem menos combustíveis, gastassem menos energia e que, ao final de sua vida útil, pudessem ter seu conteúdo reciclado. A partir desse ponto, passei a buscar maiores informações a respeito dessas novas formas de desenvolvimento de veículos. E à medida que aprendia sobre esse tema, descobria o quanto estava envolvido nesse novo modo de se fazer veículos. Meu interesse pelo assunto foi despertado pela quantidade de diversas áreas afetadas por essas questões ambientais., pelas formas de adaptação das limitações de uso de materiais, pelos custos envolvidos nessas adaptações. Percebi que as questões ambientais

passavam a ser abordadas ainda na fase de concepção dos novos veículos, deixando de ser tratadas apenas no final dos sistemas de produção.

Assim, dediquei-me a esse tema e fui buscar uma nova fonte de informações e aprendizado. Ingressei no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio de Janeiro e tive a oportunidade de cursar disciplinas relacionadas ao desenvolvimento de produtos voltados para o meio ambiente. Através da COPPE/UFRJ foi possível estabelecer contato com um dos maiores centros de pesquisa de reciclagem de veículos na Europa. Logo em seguida, tive a oportunidade de analisar, de perto, o trabalho de uma equipe de desenvolvimento de produtos de uma das maiores montadoras de veículos do mundo, onde foram levantadas informações que refletem o Estado da Arte e da Técnica sobre questões relacionadas ao desenvolvimento de automóveis que são recicláveis ao final de sua vida útil.

## **Introdução**

A linha de montagem, um sistema de produção seriada desenvolvido por Henry Ford em sua fábrica de automóveis no início do século XX, é um exemplo de como uma atividade industrial pode gerar impactos na sociedade como um todo. Excluindo-se o fato de que os operários eram vistos e tratados como uma extensão das máquinas com que operavam, esse novo processo de produção propiciou inúmeros benefícios para a sociedade daquela época. Pessoas de todo o mundo passaram a ter acesso a um produto de luxo, pois, até então, o automóvel era visto como um produto caro e disponível a poucos. Através da produção em grande escala, esse sistema de produção obteve reduções nos custos de fabricação dos veículos, o que facilitou sua aquisição por pessoas não tão abastadas. Não demorou muito e outros ramos industriais passaram a adotar sistemas de produção baseados nos princípios de Ford. Assim, começava a crescer a sociedade de consumo, na qual a oferta de produtos se tornava cada vez mais abundante. De forma diretamente proporcional a esse crescimento de oferta de produtos versus o aumento da demanda de mercado, aumentava-se a procura por matérias-primas. Este contexto mantém-se até hoje, onde o consumo é estimulado de diversas maneiras e em todos os ramos da economia.

A partir do final da década de setenta, começaram a surgir as primeiras preocupações com a preservação do meio-ambiente levando, assim, à elaboração de legislações ambientais em alguns países europeus. Pode-se constatar uma grande evolução entre as primeiras diretivas ambientais e as que vigoram hoje em dia, principalmente pela mudança da abordagem dada aos sistemas de produção. Antigamente, o foco estava centrado somente no final dos processos produtivos, e, atualmente, abordam-se as questões ambientais desde as primeiras fases de concepção dos produtos. É nesse cenário atual de máxima conscientização ambiental que a indústria automobilística, mais uma vez, surge

como foco das atenções. O Estado da Arte e da Técnica em termos de legislações ambientais voltados para bens duráveis é aplicado a essa indústria. Os países membros da União Européia exigem que os fabricantes de veículos recebam de volta do mercado, os veículos por eles produzidos, que não apresentem mais condições de operação. Em outras palavras, os veículos em final de vida útil são devolvidos aos seus fabricantes e estes realizam a destinação final adequada.

Somente na União Européia, segundo a própria diretiva ambiental em vigor (2000/53/EC), aproximadamente 9 milhões de toneladas de resíduos são geradas em função da destinação final dos veículos em final de vida. Esse número é considerado bastante expressivo uma vez que as montadoras tornaram-se responsáveis pela administração desse passivo. A administração dos volumes de resíduos representa um custo adicional aos sistemas produtivos das montadoras, já que estes não estavam, até então, preparados para nenhuma das fases do ciclo de vida dos seus produtos posterior à produção.

Sendo assim, a minimização da geração de resíduos associados aos veículos que são descartados passa a ser uma questão central, a qual só é possível ser realizada através da adoção de medidas de adequação ao novo contexto de legislações e de mudanças de abordagem na atividade de desenvolvimento de novos automóveis. Além disso, aos novos projetos deverão ser incorporados os atributos ambientais voltados para a reciclagem de materiais e remanufatura de componentes, além de as alterações em peças e componentes que permitam a incorporação de materiais reciclados oriundos dos veículos que foram descartados.

Dessa forma, as questões ambientais assumem um papel de relevância no que diz respeito ao desenvolvimento de novos produtos automobilísticos, passando a ter um valor tão importante quanto o de outros aspectos, como segurança, estética, desempenho, etc. A

Engenharia de Produção passa a desempenhar uma atividade centralizadora de funções, pois as mudanças necessárias para a adequação dos novos veículos envolvem diversas áreas dentro de uma equipe responsável pelo desenvolvimento de um veículo. Cabe ao profissional da Engenharia de Produção, não só traçar objetivos que sejam claramente condizentes com as metas de custos e que atendam aos prazos estabelecidos para o lançamento de um novo produto, mas também respeitar os objetivos preconizados pelas diretivas ambientais. No Brasil, essas atividades ainda se encontram em fase inicial entre os engenheiros de produção.

O objetivo deste trabalho é sistematizar uma análise sobre o processo de adaptação de projetos de automóveis às novas diretivas ambientais da União Européia, a partir de um estudo de caso. E assim no capítulo 1 fazemos um resumo da história do surgimento do automóvel, apresentamos os processos de concepção veicular, a incorporação dos quesitos ambientais nos novos projetos, discutimos sobre obsolescência e apresentamos as legislações de retorno garantido. No capítulo 2 abordamos o uso dos materiais na indústria automobilística, desde os materiais tradicionais até ao emprego das fibras naturais e dos materiais reciclados, dissertamos também sobre a aplicação do design para o meio ambiente aplicado aos automóveis e os processo atual de reciclagem de veículos. No capítulo 3 apresentamos o estudo de caso, onde apresentadas as atividades de adequação dos veículos frente a diretiva ambiental de destinação de veículos em final de vida útil. E no capítulo 4 apresentamos a conclusão sobre o estudo de caso realizado em uma grande montadora de veículos.

## **Capítulo 1 – A evolução dos automóveis**

### **1.1 - O automóvel**

É difícil responder à pergunta sobre quem projetou ou desenvolveu o primeiro automóvel. Assim como a humanidade, o automóvel é fruto de um processo evolutivo, tendo como seu antecessor o carro puxado a cavalos, as carroças, e depois a motorização através do motor a vapor e, em seqüência, os motores a combustão interna, os quais são até hoje utilizados em nossos veículos.

Segundo GIUCCI (2004), entre 1860 e 1890, diversas experiências isoladas em toda a Europa e nos EUA deram enorme contribuição para o aparecimento de algo muito semelhante ao automóvel que se conhece atualmente. Dentre essas experiências, está a construção de um pequeno carro movido por um motor a vapor, construído por Siegfried Markus, em Viena, em 1874. Várias outras tentativas de se aprimorar o automóvel iam surgindo, assim como novas descobertas caminhavam em paralelo com a busca do aprimoramento do deslocamento via serviços de mobilidade. A vários ramos da ciência foram atribuídas descobertas diversas, e não havia dúvidas de que, o automóvel se tornaria essencial para a humanidade, como é nos dias de hoje.

Diversas experiências bem sucedidas contribuíram para a criação do automóvel, faltava apenas reunir tudo isso em um único produto. Gottlieb Daimler e Karl Benz, cada um a seu modo, utilizaram um novo combustível, a gasolina, para alimentar seu novo motor e, em 1885, Karl Benz adaptou um motor de 4 tempos alimentado por gasolina e o instalou na parte de trás de um triciclo. Duas características desse veículo persistem até hoje: a válvula de haste curta e o sistema de refrigeração à água (a água não circulava, ficava armazenada num compartimento) que tinha de ser constantemente abastecido para manter-se cheio e compensar as perdas por ebulição. Assim,

segundo GIUCCI (2004), surgia o pai do automóvel o alemão Karl Benz que, em 1887, iniciou a venda de um veículo de três rodas, colocando pioneiramente à disposição da sociedade o veículo que mais tarde iria modificar todos os conceitos de mobilidade até então conhecidos pelo ser humano.

Em 1902, surge a primeira fábrica de carros nos EUA. A Dureya Motor Wagon Company, de Illinois, de propriedade dos irmãos Dureya. É, também, nessa época que Henry Ford desenvolve o seu quadriciclo motorizado a partir de um motor de 2 cilindros e 4 CV de potência. Desde esse momento até os dias de hoje, e principalmente no século passado, a indústria automobilística é um agente responsável por grandes investimentos industriais, geração de renda e principalmente provedora de empregos. Ao longo do último século, essa indústria passou por diversas mudanças e uma série de evoluções. Passou-se, por exemplo, da produção artesanal, onde os veículos eram fabricados sob encomenda, manualmente, tendo suas peças feitas dedicadamente para cada unidade fabricada, para o sistema de produção em série de Henry Ford, cujo idealizador é lembrado até hoje como pai da produção em série e da linha de montagem. Ford revolucionou a noção de linha de montagem, tornando-a ininterrupta e introduzindo a esteira transportadora, que determina o ritmo das operações de forma intermitente. Isso obrigava uma elaboração e planejamento da produção muito mais acurado, pois as linhas que estavam perpendiculares à esteira principal, onde o chassi do automóvel seguia sendo montado a cada etapa, não podiam interromper o fornecimento de peças. A montagem do automóvel se tornou uma seqüência, onde todas as operações estavam sincronizadas, as esteiras ditavam o ritmo e a cadência da produção, de modo que, a cada curto intervalo de tempo, um automóvel era ejetado da linha de montagem, pronto para ser enviado para as revendas. E segundo FORD (1922), em 1927 o

complexo industrial de River Rouge contava com 75.000 trabalhadores, os quais produziam 6 mil automóveis por dia, um carro a cada 45 segundos.

Em um novo surto de evolução, surge a indústria automobilística japonesa. Os japoneses, que viviam um momento de pós-guerra, com seus parques industriais falidos desenvolveram técnicas de produção e ferramentas de gestão que maximizaram suas capacidades produtivas. Foram desenvolvidas ferramentas como, o sistema Toyota de Produção, e logo a seguir vieram o KANBAN e o sistema de produção JUST-IN-TIME. A grande comprovação do sucesso dessas ferramentas se deu durante a crise do petróleo na década de 70, quando os consumidores demandavam veículos que consumissem menos combustível. O modelo do Toyota Corolla tornou-se o carro mais vendido entre a classe média dos Estados Unidos, no início dos anos 70, até então dominada pelas três grandes – Ford, Chrysler e General Motors. O sucesso dessas ferramentas foi provado quando, em meio a uma grande demanda, foi possível atender ao mercado de maneira eficiente e com produtos com qualidade.

Chegando aos dias atuais, segundo palavras de MEDINA e GOMES (2002) “... até chegar ao que é hoje, um produto inovador o automóvel passou de herói a vilão do ponto de vista ambiental. Herói, em seus primeiros 70 anos como solução tecnológica arrojada, transporte rápido, ágil e seguro. Vilão, pois nos últimos 30 anos, é responsável pela degradação ambiental do planeta.”

## **1.2 – A concepção dos automóveis**

Segundo suas próprias palavras em: FORD (1922) “ ... *Eu irei construir um carro para as grandes multidões. Ele será grande o suficiente para a família, mas pequeno o bastante para que um indivíduo possa operar e cuidar. Será construído com os melhores materiais, pelos melhores homens disponíveis, segundo os projetos mais*

*simples desenvolvidos pela engenharia moderna. Mas terá um preço tão baixo que nenhum homem que receba um bom salário não seja capaz de possuir um, e assim desfrutar, com sua família das belezas da natureza”*

Desde o início do século XX até hoje, os conceitos e metodologias de projeto de um veículo mudaram bastante. Da invenção da produção em série com a padronização dos produtos, até hoje, quando se busca, ao máximo, a diferenciação dos veículos, houve uma grande evolução. Do ponto de vista técnico, as inovações continuam surpreendendo a todos. Temos hoje carros cada vez mais econômicos e menos poluentes. Pelo lado estético, o apelo visual é cada vez mais cativante e futurista. Ao longo deste trabalho serão mostrados os princípios de concepção de autos, a questão ambiental nos novos materiais entrantes, as diversas variações de demanda por parte dos consumidores, os avanços das legislações ambientais, muitas vezes questionadas, e os impactos da preocupação ambiental nos processos produtivos.

### **1.2.1- A concepção de um veículo**

A concepção de muitos produtos, segundo BAXTER (1998), surge através da identificação de uma demanda de mercado por um determinado serviço ou produto. A partir dessa detecção, é iniciado um processo de geração de idéias no sentido de atender a essa carência de mercado. Muitas das idéias e tentativas de criação de um produto são frustradas por aspectos técnicos, econômicos e legais que se tornam determinante na etapa inicial de qualquer projeto.

Em relação aos automóveis não é diferente, inicia-se o processo de desenvolvimento de um carro através da elaboração de um plano de ciclo de vida do produto, onde é determinada uma faixa de mercado em que se atuará e quais os

requisitos que esse novo veículo deverá atender. Em outras palavras: como um novo carro deverá atender aos consumidores de determinada classe econômica, com um determinado apelo visual, sendo líder em sua categoria em aspectos como consumo, conforto interno, manutenção, ruído etc. Essas necessidades são levantadas em um trabalho conjunto das áreas de Marketing, Vendas e Planejamento do Produto. Um plano de ciclo de produto também tem como função determinar quais as tecnologias que deverão ser empregadas, por quanto tempo o novo veículo permanecerá no mercado e quantas serão as modificações ao longo do seu ciclo de vida que prolongarão sua presença no mercado.

Uma vez definido o segmento de mercado em que se pretende atuar, é necessário definir como será feita essa abordagem. Elabora-se, então, o plano estratégico de negócios, no qual será feito um levantamento do comportamento dos competidores que atuam nesse mesmo segmento de mercado, seus produtos e suas estratégias. E também, as legislações existentes, tendências de consumo e das tecnologias aplicadas pelos concorrentes.

Compiladas as informações dos anseios e expectativas emanadas do novo mercado consumidor que se deseja atingir e somadas com os requerimentos legais e normativos que regulam sua atuação, desenvolve-se a conceituação do veículo que irá atender a esse mercado. Conforme ilustra a figura 1, são 14 os atributos usados na divisão de conceituação / projeto de um veículo. Cada um desses atributos deverá ser conceituado para atender às demandas levantadas no Plano de Ciclo de Vida do Produto. O resultado do somatório desse conjunto de tentativas de suportar essas demandas é a geração de diferentes carros conceito, que serão avaliados e no final somente um será produzido.

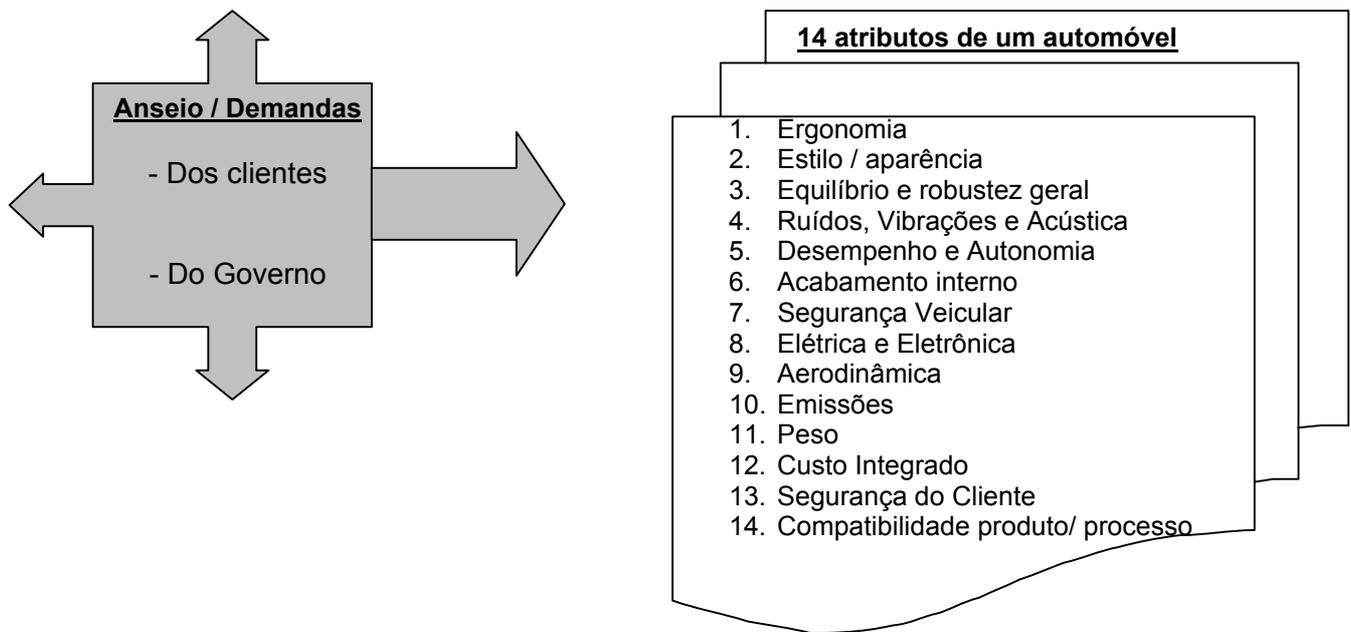


Figura 1 – Adequação das demandas para os atributos internos da empresa. Elaboração própria do autor.

A escolha do carro conceito que se tornará um projeto e posteriormente um veículo é dada através de um somatório de todas as informações coletadas no Plano Estratégico e de Negócios, incluindo a avaliação de lucratividade de mercado e análise do preço de venda do veículo de referência do segmento de mercado. Assim, determina-se o custo máximo do carro conceito a ser selecionado para se ter uma maior lucratividade. Uma melhor visualização dessa equação pode ser feita na figura 2.

$$\text{PREÇO DE MERCADO} - \text{MARGEM DE LUCRO} = \text{CUSTO ACEITÁVEL DO PROJETO}$$

Figura 2. Equação básica para partida de um projeto. Elaboração própria do autor

A partir desse ponto inicia-se o projeto do novo veículo, onde todas as áreas de engenharia que compõem o time de desenvolvimento de produto trabalharão voltados para os conceitos previamente estabelecidos no carro conceito.

### 1.2.2 – O desenvolvimento de autos e meio ambiente

Traçando um paralelo entre o perfil do mercado de automóveis do início do século XX e o atual, constata-se que a mudança desse mercado, em termos de anseios dos consumidores, foi radical. Por exemplo, segundo MANZINI e VEZZOLI (2002), ” ... um veículo projetado hoje deverá ter agregado a sua concepção não só os quesitos necessários para sua utilização ao longo de sua vida útil, mas também deverá ser previsto o destino de cada componente quando da sua inutilização, no seu final de vida útil ...”. Isso não acontecia no início do século passado, quando os consumidores, em sua maioria, buscavam no automóvel, apenas um meio de locomoção individual.

De forma comparativa entre diversos seguimentos industriais MEDINA (2003) constata que: “ ... empresas, tanto do setor automobilístico como de eletrodomésticos e computadores têm sido conduzidas a conceber produtos de menor impacto ambiental. Novos produtos passam a ser tão mais eficientes, quanto mais permitirem uma recuperação e uso racional de materiais e energia, assim como o reaproveitamento de seus componentes. Passa-se, assim, a projetar não só o produto, mas o chamado sistema-produto, considerando todo o ciclo de vida do produto ...”.

Dessa forma vemos surgir um conjunto de novas formas, métodos e instrumentos de desenvolvimento de projetos que chamamos de eco-design ou DFE (Design for Environment), ou seja, uma abordagem que integra o componente ambiental na concepção de novos produtos. Inclui-se nessa nova abordagem ferramentas como o DFA/DFD (Design for Assembly and Dissassembly), DFR (Design for Recycling). Ao longo deste trabalho, a ferramenta Eco-Design será descrita de forma mais detalhada A tabela 1 apresenta essas ferramentas e práticas de ações:

<b>Atividade</b>	<b>Prática</b>	<b>Principais Ações</b>
<b>DFA/DFD</b> (Design para Montagem/ Desmontagem)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilitar a identificação dos componentes</li> <li>- Design para reposição</li> <li>- Projetar para o reuso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- reduzir o tamanho das peças para facilitar o manuseio</li> <li>- evitar colas, e adesivos e soldas desnecessários</li> <li>- facilitar a troca de componentes de vida curta</li> <li>- facilitar a limpeza dos componentes</li> <li>- facilitar o teste dos componentes</li> </ul>
<b>DFR</b> (Design para Recycling)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Design para separação de material para reciclagem</li> <li>- Reduzir o número de partes</li> <li>- Evitar materiais compostos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- usar materiais compatíveis</li> <li>- identificação dos materiais constituintes de peças poliméricas</li> <li>- redução das variedades de materiais</li> <li>- usar materiais reciclados</li> <li>- evitar partes de metal inseridos em peças de plástico</li> </ul>

Tabela 1- Ferramentas de Eco-Design. Adaptado de OLIVEIRA (2000)

Em relação aos automóveis, esses novos métodos de concepção de produtos e as novas formas de projetar já fazem parte do processo de concepção veicular. E a inclusão de mais um atributo junto aos 14 já existentes passa a ser uma realidade no dia-a-dia das equipes de projeto e inovação tecnológica das montadoras.

As montadoras sabem que, de agora em diante, é preciso inovar sempre para produzir de forma “mais limpa”, utilizando materiais e métodos menos poluentes e, além de tudo, recicláveis. Essa inovação por sua vez, segundo BEHITZ (1999) apud

Oliveira (2000), pode variar desde o emprego de tecnologia completamente nova até a seleção e combinação de princípios conhecidos em diferentes graus. Portanto, para esse autor, o projeto é original, quando envolve inovações muito radicais, adaptativos, quando implica em ajuste de sistemas já conhecidos, ou ainda rotineiro, quando apresenta apenas uma melhoria do produto, por alterações morfológicas ou em seus componentes e materiais. Em qualquer dos níveis dessas mudanças ou tipos de projetos pode-se encontrar a variável ambiental, pela redução de materiais ou energia contida e/ou a melhoria da reciclabilidade do produto final.

### **1.3 – Análise do Ciclo de Vida – ACV**

A análise de ciclo de vida, ACV, pode ser brevemente descrita como um estudo do balanço de energia e massa, através do qual são identificados os impactos ambientais associados a todas as etapas envolvidas com o produto ou serviço: desde suas concepção até o seu destino final. Inclui-se também o planejamento do produto, a extração de matérias primas, os gastos energéticos, transformações industriais, montagem e fabricação, transporte do produto, utilização e descarte. Segundo MEDINA e NAVEIRO (2000) não é apenas o produto final que conta, mas todo o sistema projeto / produção / produto, que consome energia e materiais em larga escala afetando com impactos diretos e indiretos o meio ambiente, a vida das pessoas e a economia local.

O uso da análise do ciclo de vida é uma forma de se tentar avaliar todos os possíveis impactos ambientais causados por um produto e por sua cadeia produtiva, compreendida desde a extração de matérias-primas até o destino final do produto pós-consumo. Ainda segundo MEDINA (2003), um estudo de LCA desenvolve-se esquematicamente em 3 partes :

- Identificação e mensuração da energia e matérias-primas empregadas na fabricação do produto, bem como das emissões de poluentes para o meio ambiente na produção, uso e disposição final do produto;
- Avaliação dos danos ambientais que o uso de energia e dos materiais causam ao meio ambiente;
- Identificação de melhorias possíveis dos sistemas produtivos e de reciclagem ou descarte final que levem à otimização do desempenho ambiental do produto.

As duas primeiras etapas são a base para geração de informações e dados para a avaliação da sustentabilidade de um novo produto, e a terceira utiliza essas informações para propor melhorias focando a sustentabilidade do produto. Contudo, a ACV é um método bastante complexo, pois requer uma grande quantidade de informações que, muitas das vezes, não está disponível para empresas ou acessível em algum banco de dados. Como bem apresenta CHEBEBE (2002), a ACV passará por 5 (cinco) fases da vida de qualquer produto, sendo elas :

- extração mineral e produção de materiais;
- tratamento de materiais e fabricação de peças e produtos
- distribuição e venda
- uso e consumo
- descarte ou reciclagem.

Esses cinco estágios englobam todo o ciclo de vida de um produto, da pré-manufatura à re-manufatura. Observamos que, a ACV se faz presente na seleção dos materiais, quando ainda na concepção de um novo modelo, onde os diversos materiais possíveis para uso automotivo são escolhidos para as peças e os sistemas. São considerados quesitos de escolha, a reciclabilidade de um material, os impactos

causados pelo seu descarte e sua compatibilidade com outros compostos. A aplicação da ACV pela indústria automobilística acontece, exatamente, porque o automóvel é um produto com fases de projeto e produção bem definidos, assim como o consumo é padronizado quanto a materiais e processos de fabricação.

Passa-se então a ter meios de se projetar todo o ciclo de vida do veículo, conhecido também “do berço à reencarnação” fazendo uso da ACV, onde se busca fechar o ciclo de vida do produto prevendo a reintrodução, como matéria prima secundária, de toda ou parte da matéria prima extraída, no início do ciclo, diretamente da natureza. A recuperação da energia contida nos materiais e/ou o descarte de materiais biodegradáveis, que podem ser reabsorvidos pela natureza sem prejuízo do eco-sistema, já podem ser considerados satisfatórios do ponto de vista maior dessa abordagem que é minimizar os impactos ambientais de toda a atividade industrial. Nos diversos seguimentos da cadeia de fornecedores já existem programas voltados para o reaproveitamento de materiais não utilizados no processo produtivo.

### **1.3.1 – Análise do Ciclo de Vida e Design for Environment**

A questão da reciclagem surge de maneira pertinente, uma vez que o fechamento do ciclo de vida de um automóvel deverá incluir a destinação final (remanufatura ou reciclagem) de seus componentes. Para se alcançar esse objetivo duas ferramentas são usadas em conjunto: a Análise do Ciclo de Vida e o Design para o Meio Ambiente (Design for Environment- DFE). Apesar de ambas as ferramentas terem em comuns conceitos básicos, elas diferem na sua utilização, como será visto a seguir.

A ACV possui uma relação bastante estreita com o trabalho de geração de informações relativas à produção e uso de diversos materiais, dessa forma sua aplicação em produtos como a automóvel é facilitada. ACV é uma metodologia para análises

ambientais comparativas que determina quanto um produto/ material consome de energia a mais que outro, e também mensura o impacto ambiental gerado ao longo das 5 (cinco) fases citadas por CHEBEBE (2002) no item 1.3. Tais resultados, provenientes de uma Análise do Ciclo de Vida, são bastante utilizados para gerar informações ambientais sobre um determinado produto que devem ser apresentadas à sociedade e aos órgãos ambientais.

É importante notar que a ACV não aborda questões ligadas a custos financeiros, portanto, a tomada de decisões relacionadas ao uso de um material fazendo-se uso apenas de dados ambientais, não é uma prática aconselhável. Com isso, surge a questão da aplicabilidade do DFE, que conjuga tanto questões técnicas/ambientais quanto as questões econômicas. Isso é possível uma vez que, o DFE atuando no design de um produto usa as informações geradas pela ACV e as conjuga com dados relacionados à fabricação e montagem, tendo dessa forma uma visão global de todo o produto. DFE pode ter sua aplicação limitada quando utilizado para mensurar o impacto causado pela introdução de novos materiais em produtos já em fabricação, ou seja, o DFE não é flexível o bastante para mensurar um ganho ambiental em um produto que não teve na sua concepção um estudo de ACV.

### **1.3.2 – O ciclo de vida do automóvel**

Até o começo dos anos 90, acreditava-se que o ciclo de vida de um automóvel se iniciasse em sua fase de concepção e design e tivesse seu fim decretado quando ele fosse descartado. Esse conceito ainda poderia ser considerado verdade, mas com o avanço das legislações ambientais estendeu-se o ciclo de vida do automóvel até a reincorporação de materiais/peças, novamente, na cadeia produtiva. Ou seja, a fase de reciclagem passou a ser incorporada ao ciclo de vida do veículo.

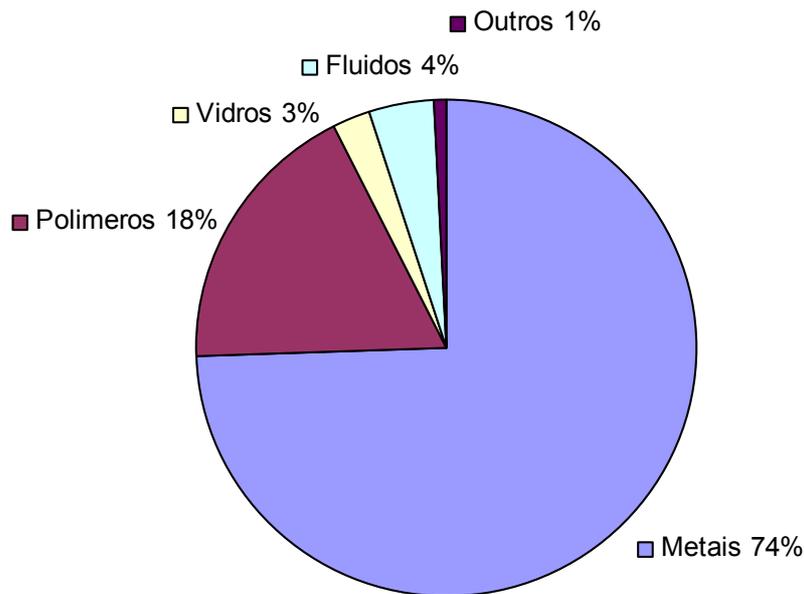


Gráfico 1- Composição de um automóvel por tipo de materiais-Adaptado de SCHMIDT (2004)

Segundo SCHMIDT (2004), atualmente, um veículo é constituído de cerca de 30.000 peças, podendo chegar a até 50.000 em determinados modelos, segundo relatos levantados pelo autor, sendo os materiais constituintes de maior representatividade o aço, o ferro fundido, os plásticos e as ligas não-metálicas. Esses materiais supra citados correspondem a mais de 90% da composição dos veículos, conforme o gráfico 1.

Uma tendência percebida praticamente em todos os fabricantes é a opção pelo uso de materiais mais leves, como os polímeros (plásticos em geral) e o alumínio e suas ligas. Em consequência dessa adoção de materiais mais leve, observou-se uma clara redução do peso do automóvel, dos anos 50 até hoje. Pode-se perceber uma redução de cerca de 50% em média no peso dos autos conforme a tabela 2

	<b>Anos 50</b>	<b>Anos 90</b>	<b>Anos 00</b>
	<b>Kg</b>	<b>Kg</b>	<b>Kg</b>
<b>Aço</b>	1373	831	510
<b>Zinco</b>	25	10	15
<b>Borracha</b>	85	61	64
<b>Vidro</b>	54	38	31
<b>Chumbo</b>	23	15	11
<b>bre</b>	25	22	12
<b>uidos</b>	96	81	48
<b>erro</b>	220	207	150
<b>alumínio</b>	0	68	77
<b>Plásticos</b>	0	101	150
<b>Total</b>	<b>1901</b>	<b>1434</b>	<b>1070</b>

Tabela 2 – Peso dos automóveis. Adaptado de KIPERSTOK (2000)

Conforme observamos as quantidades de aço e ferro diminuíram, sensivelmente, entre os anos 50 e 90. Já nos projetos mais recentes, observamos uma redução de mais de 50% do uso de aço e suas ligas. Já o alumínio e os polímeros passam da condição de não utilizado nos anos 50, para um estado de inovação nos últimos anos.

Pode-se ver que as questões ambientais passam a influenciar os materiais usados na indústria automobilística também em função da reciclabilidade dos mesmos. O aço pode ser reciclado com facilidade, mas não apresenta tanto valor no mercado reciclado quanto o alumínio. Ambos podem ser usados em parte nas mesmas funções do material original. Já no caso dos polímeros, isto dificilmente acontece, uma vez que os plásticos em geral perdem muitas de suas propriedades ao passarem por um processo de reciclagem. A utilização de polímeros será discutida com mais detalhes no desenvolver do trabalho, mas neste ponto de nosso trabalho é pertinente observar que, se por um lado, o aumento da utilização de plásticos reduz o peso do veículo contribuindo para a redução do consumo de combustíveis e conseqüentemente de emissões de CO<sub>2</sub>

responsáveis pelo efeito estufa, por outro lado, os plásticos automotivos são um problema ambiental, uma vez que mesmo recicláveis em sua maioria, acabam não sendo reciclados por inviabilidade econômica.

Para atender à demanda por matérias-primas, uma grande cadeia de suprimento se faz necessária e grandes volumes de minério de ferro e petróleo necessitam ser extraídos e processados. A extração dessas matérias brutas envolve geralmente enorme movimentação e processamento de terra e rochas, fazendo uso intenso de energia e causando danos ao meio ambiente. No caso de petróleo, que leva vários milhões de anos para se formar, estamos a cada novo poço descoberto indo a maiores profundidades buscar esse recurso, o que encarece o custo desse combustível. Segundo CHEHEBE (2002), 80% da energia que é consumida no ciclo de vida de um automóvel é gasta na sua utilização, ou seja, fazendo uso de combustíveis fósseis, um recurso não renovável.

Entendemos como recurso não renovável aquele cujo ciclo de renovação leva alguns milhões de anos, muito além da breve existência humana. Além disso, esses materiais, como os minerais, existem no subsolo em quantidade finita. Uma vez exaurido o potencial das minas existentes, ou eventualmente as que venham a ser descobertas, essa matéria prima só estará disponível através de reciclagem. Já as matérias primas renováveis, que são aquelas de origem animal ou vegetal, podem ser produzidas através de criação ou plantio. Mas, normalmente, não é considerada, nas matérias primas renováveis uma enorme dependência de outras matérias primas não renováveis. Por exemplo, ao se considerar a cana de açúcar uma matéria renovável, normalmente não é lembrado o emprego de fertilizantes, pesticidas, máquinas agrícolas e o respectivo consumo de petróleo necessário para operacionalizar os processos de plantio e transformação.

#### **1.4 - Obsolescência Planejada**

A seguir apresentaremos um resumo comentado do trabalho de mestrado de ABREU (1994), “ Uma análise crítica do conceito de obsolescência planejada” conceito esse que julgamos pertinente na evolução recente dos automóveis. A obsolescência planejada é um processo que, de forma lenta e gradual, se instalou nos sistemas de produção atuais. Ela é vista por muitos como sendo a fonte causadora de desperdício e responsável por um aumento da poluição e esgotamento dos recursos naturais, enquanto outros teimam em desconhecê-la e não fazem qualquer diferença entre a obsolescência tecnológica ou o processo de diferenciação dos produtos, usado como recursos de marketing. O conceito de obsolescência tecnológica na vida moderna, é familiar a todos, pois seu efeito é sentido, indiretamente, no dia-a-dia. Segundo ABREU (1994), a tecnologia progrediu de forma tão rápida na segunda metade do século XX, que alguns dos objetos mais usados, foram sendo substituídos de forma bastante acelerada por outros, que executam a mesma função de modo mais eficiente e isto já não causa mais espanto. É vista, hoje, a substituição dos aparelhos de vídeo cassete pelos de DVD, e até, entre outros lançamentos, há novas filmadoras já geram imagens e gravações em formato digital. A obsolescência tecnológica decorre do esforço de aperfeiçoamento, que se manifesta em redução de custos e melhoria de qualidade dos produtos e está inserida num processo, complexo e dinâmico, que regula a marcha das relações industriais, do desenvolvimento do sistema capitalista e influencia a renovação das instituições. Percebemos que os prejuízos causados durante a transição de um degrau tecnológico para outro superior, são desprezíveis diante dos benefícios alcançados no final do ciclo.

Falemos agora do alvo da nossa preocupação, a obsolescência planejada: ela pode ser comparada de forma desvantajosa com a obsolescência tecnológica, pois traz consigo todas os seus malefícios e não apresenta nenhuma de suas vantagens. Ainda

segundo ABREU (1994), como no caso dos fabricantes de roupas norte-americanos, que ao enfrentarem uma progressiva queda das vendas, em meados da década de 70, decidiram modificar o feitio das roupas. Estas modificações deveriam ser tais que não permitissem a adaptação das roupas antigas. Assim foi lançada a moda da calça boca de sino, levando os consumidores a comprarem novas roupas para se sentirem na moda. E a cada mudança de estação, novos modelos eram lançados e a constante necessidade de se manter na moda fazia e ainda faz com que os consumidores se sintam na obrigação de comprar novas roupas pelo simples fato de que suas antigas ficaram fora de moda. É um tanto difícil alguém encontrar alguma vantagem para os consumidores com o estabelecimento da obsolescência planejada, apesar de sabermos, que para a indústria existe a vantagem da criação de demanda forçada e que esta, portanto, pode ser uma solução na direção de uma melhor estabilidade econômica. Porém, do ponto de vista ecológico essa atividade é vista como um fator de desperdício que aumenta a poluição e acelera a taxa de exaustão das fontes de recursos naturais, por esta razão, ninguém se atreve a defendê-la e os que o fazem, usam a estratégia de negar a sua existência, tentando camuflá-la de obsolescência tecnológica.

#### **1.4.1- A obsolescência planejada aplicada a bens duráveis: os automóveis**

Conforme disse ABREU (1994), “... as sociedades modernas, a norte-americana, em particular, ainda não conseguiram fugir do dilema de ou continuar aumentando o consumo, ou viver longos períodos de recessão, ocorre através de dois pontos chave; a crescente eficiência das forças produtivas, conseqüência da automação, dos novos métodos de racionalização do trabalho nas fábricas e nos escritórios que fazem com que a produtividade não pare de crescer; e a grande expansão das instalações produtivas em

consequência do fato de que praticamente todas as nações do mundo adotaram políticas industriais...”

Dessa forma a expansão dos mercados, já saturados por milhares de produtos à disposição dos consumidores, se torna problemática. Uma vez que a maioria das famílias já tem um determinado bem durável de um fabricante (como é o caso dos aparelhos de TV), restam a essas empresas três possibilidades para fazer novas vendas:

- a) Vender peças de reposição
- b) Vender mais de um produto para cada família
- c) Lançar um novo produto/modelo ou o mesmo aperfeiçoado

Percebe-se que grande parte do esforço para criar os chamados novos produtos, não passa de estratégia, para ganhar espaço nas prateleiras dos supermercados. É comum a existência de mais de uma marca do mesmo produto, fabricada pela mesma empresa, aparentemente concorrendo consigo mesma. Onde a maior parte dos casos não passa de um novo conceito de embalagem com a introdução de modificação inócua nos produtos como cor e forma. A idéia de tornar os produtos menos duráveis, para alargar o mercado, sempre despertou certo entusiasmo nos que se encarregavam do escoamento e planejamento dos produtos. Isso nem sempre foi visto com bons olhos, segundo Abreu (1994), na década de 70 o governo americano abriu processo contra a GE diante de provas indiscutíveis de que a vida das lâmpadas de lanternas havia sido encurtada.

Os desenhistas de automóveis também não escapam deste sentimento geral de criar modificações estéticas, apesar de que, como será visto a seguir, a indústria automobilística encontrou uma forma tão ou mais eficiente de obsolescência com a desatualização anual dos modelos. Em vários países onde essa indústria encontra-se instalada, foi instituído o “salão do automóvel”, uma feira anual cheia de pompa, onde as indústrias expõem os novos modelos, com raras alterações úteis, mas cheios de

mudanças de estilo, de modo a desvalorizar os veículos lançados no ano anterior. Aliada a essa desatualização dos modelos ano-a-ano, os projetistas tendem a projetar carros com sua vida útil limitada, assim como suas peças, que devem ter sua durabilidade planejada e reduzida, ambas sugestões estimulando as vendas e fazendo com que o mercado fique aquecido.

Porém a filosofia inicial da indústria automobilística não era essa. Até onde sabemos, ela se implantou inspirada nos ideais de Henry Ford, que almejava a produção de um carro barato e durável. Segundo GIUCCI (2004) em quinze anos de produção do modelo T ele conseguiu uma redução de preço de USD\$ 780,00 para USD\$ 290,00, mantendo o desenho básico, ao qual se acrescentavam melhorias tecnológicas. Mas o que aconteceu com os ideais de Ford ?

Seu concorrente, ou melhor, a GM, pensava à frente e resolveu explorar um outro filão de mercado, bem mais rico que o da luta pela redução de preços. A GM passou a dar ênfase à mudança anual estética de seus modelos e ao fornecimento de uma variedade de linhas de produto que permitisse ao consumidor ter um espectro mais amplo de escolha. A estratégia da GM não consistiu em oferecer preços mais vantajosos que os da Ford, mas sim superá-los, procurando conquistar a faixa de mercado que estaria disposta a pagar um preço mais elevado, por um carro melhor. Através de sucessivas alterações de itens via mudanças anuais de modelos, a GM conquistou a maior faixa de mercado, fazendo uso do conceito de diferenciação do produto tendo por base a contraposição do “estilo” frente a “utilidade” vencendo o velho Ford, fazendo com que ele se rendesse a essa nova onda. Na verdade, a GM adotou os métodos de produção de Ford e mais tarde este acabou adotando o esquema mercadológico da GM. Surgia então a união de dois princípios essenciais da economia moderna, que são a produção em série e a obsolescência planejada de bens duráveis.

### **1.4.2 Obsolescência planejada e a reciclagem**

Conforme vimos anteriormente, o desuso de produtos justificado apenas pela desatualização estética é uma ferramenta de marketing amplamente adotada pelas indústrias de bens duráveis e de consumo em geral. A cada ano, “novos” produtos são lançados e aqueles que estavam em uso, deixam de estar na moda, adquirindo um status de obsoleto. Fazendo com que seus proprietários desejem novos produtos, e para atender a esses anseios, novos produtos deverão ser fabricados, novas quantidades de matéria prima deverão ser extraídas, energia de diversas fontes deverá ser utilizada, efluentes serão lançados nos rios e na atmosfera. Após a fabricação e utilização do produto final pelo consumidor, obtém-se como resultado a sua satisfação pessoal e mais lixo e poluição em função do seu descarte.

É importante lembrar que os gastos energéticos e a extração de matérias primas estão diretamente relacionados com o equilíbrio das atividades econômicas industriais. Porém, esses dois fatores vêm sendo ignorados na elaboração final dos preços de bens duráveis em geral. Hoje em dia é cada vez mais necessário fazer a incorporação, mesmo que teórica, da poluição e do nível de esgotamento e substituição dos recursos naturais.

Percebemos que o exercício das atividades antrópicas não está restrito a um ciclo monetário, como até hoje tinha sido apresentado, mas produz também uma interferência na natureza, e até há pouco tempo não vinha sendo contabilizado. Nos novos produtos que são projetados, os cuidados com o meio ambiente estão presentes. Em vários setores industriais percebemos ações voltadas para a minimização dos impactos ambientais e redução do consumo de energia, a exemplo dos fabricantes de automóveis que lançam veículos cada vez menos poluentes e com menor consumo de combustível. E se fazem, também presentes, em alguns novos projetos de automóveis, o emprego de matérias

primas menos agressivas aos operadores responsáveis pela manipulação/montagem dos produtos e também na destinação final, a recuperação de material reciclado a ser incorporado a novos componentes e seu futuro processo de desmonte.

A obsolescência planejada dos automóveis é vista como um agente catalisador do processo de esgotamento das fontes energéticas e de matéria prima, além de, também como um fator de desperdício que pode estar contribuindo para o comprometimento do futuro da raça humana na Terra. À medida que novos carros são produzidos, outros tantos ainda em condição de uso, tornam-se obsoletos, apenas por fatores estéticos e não por avanços tecnológicos. E como destinar esses carros de forma correta, sem causar mais impactos à natureza? Em países como o Brasil esses veículos “desatualizados” continuam sua vida útil por mais um longo tempo. A média de idade de nossa frota é de quinze anos segundo a publicação da ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores) de 2005. Porém na Europa e nos EUA a idade média dos carros não passa dos três anos. Como resposta a essa indagação surge a possível reciclagem dos veículos, foco deste trabalho, onde ao se recuperar peças e materiais dos veículos fora de circulação, diminui-se a quantidade de matéria prima virgem para ser retirada da natureza e poupa-se uma grande quantidade de energia necessária para a transformação desse material em produto acabado. Mas a reciclagem como forma de destinação final de veículos não foi adotada por livre iniciativa pelas montadoras, mas sim por ser a melhor resposta a uma imposição legal, que prega uma forma correta de destinar esse passivo ambiental.

## **Capítulo 2 - A indústria automobilística: materiais mais utilizados**

### **2.1 - Contextualização**

Segundo MANZINI e VEZZOLI (2002), as matérias primas se dividem em renováveis e não renováveis. À princípio, as chamadas não renováveis são aquelas que só se renovam através de ciclos que demoram alguns milhares de anos, como é o caso do petróleo e alguns minerais o que é um tempo enorme para nossa breve existência. Já as renováveis, são aquelas de origem animal ou vegetal que podem ser produzidas através de criação ou de seu plantio, como é o caso das matérias primas vegetais. A grande parte das matérias primas usadas na fabricação dos automóveis se enquadra na qualidade das não renováveis (vide a Tabela 2 da página 14), como os metais. Porém, apesar de suas fontes estarem se exaurindo, é pertinente ressaltarmos que esses metais supracitados, tendem a se tornar cada vez menos utilizado na composição dos automóveis, como veremos mais à frente.

A realidade da extração e da transformação das matérias primas para indústria automobilística mudou muito, desde o início da revolução industrial até hoje. As tecnologias de extração evoluíram, as formas de processamento tornaram-se mais eficientes, e o consumo evoluiu e, também, se diversificou. Dessa forma cada vez mais materiais são extraídos e produzidos à medida que o consumo é crescente.

As novas tecnologias de transformação de materiais e o desenvolvimento de novos materiais possibilitaram uma redução no peso final de certos produtos, entre eles as embalagens de refrigerantes e cervejas, que pesam de 30% menos do que as produzidas há 20 anos. Essa redução foi obtida graças à substituição do Aço, material anteriormente usado, pelo alumínio. Para a aplicação em bens duráveis, também constatamos uma

considerável redução da quantidade de materiais, como no caso dos automóveis. É evidente a evolução tecnológica ocorrida nos veículos nos últimos anos, em grande parte, correspondendo a uma redução do impacto ambiental gerado por unidade produzida, assim como por quilometro rodado. Um dos indicadores dessa evolução está relacionado aos novos materiais empregados na constituição dos veículos. Da metade do século passado até nossos dias, observa-se uma redução de cerca de 25% do peso total dos veículos.

Pode-se observar, ainda na Tabela 2, que alguns materiais, como vidro e a borracha, tiveram uma pequena variação do total de seu peso empregado nos veículos. Em contrapartida, materiais como o aço e ferro fundido passaram, tanto por uma racionalização de uso, tanto pela sua substituição por peças plásticas, quanto e, principalmente, pelas feitas em ligas de alumínio. A seguir será descrito como os materiais usados pelas indústrias automotivas sofreram alterações com relação ao seu uso nos veículos na última década e será citada sua aplicação nos principais conjuntos que compõem a estrutura de um veículo moderno. Exemplos esses, registrados ao longo do acompanhamento do trabalho junto à montadora em questão.

- **PNEUS:** os avanços obtidos nos últimos anos pela indústria de pneumáticos, tornaram os pneus muito mais resistentes, confiáveis e duráveis, se comparados com os dos anos 50. As substituições de cabos metálicos por cabos de fibras sintéticas, como o nylon, possibilitaram uma considerável redução de peso e aumento de sua performance. Porém, apesar dos consideráveis avanços percebidos nos pneus atuais, ainda é relativamente difícil seu processo de reciclagem. Atribuímos essa dificuldade à complexa composição de produtos químicos, que impossibilitam sua separação e posterior aproveitamento.

- **RODAS:** o uso de rodas feitas através do processo de estampagem do aço ainda é predominante, porém novas ligas feitas à base de alumínio surgem como alternativa na

busca da redução de peso dos veículos, sem prejudicar o desempenho e durabilidade dos mesmos.

- **BANCOS E ESTOFADOS:** os sistemas de bancos empregados nos veículos atuais agem de forma complementar ao sistema de suspensão. Seja no trabalho de absorção dos impactos gerados pelas imperfeições dos terrenos e transmitidas aos passageiros, seja na segurança em caso de colisões. Os avanços obtidos no processo de fabricação das espumas (à base de poliuretano-PU) proporcionaram respostas rápidas quanto a aspectos de densidade ou de conformação. Dessa forma, os gastos com manutenção desse equipamento são praticamente nulos e, quando existentes, não representam grandes valores.

- **SISTEMA DE AQUECIMENTO E CONDICIONADOR DE AR:** os sistemas de climatização aplicados nos veículos atuais são extremamente sofisticados, se comparados com os empregados nos veículos dos anos 50. Nos últimos anos, eliminou-se o uso de fluidos refrigerantes à base de CFC, ofensivos a camada de ozônio. A operação do sistema não demanda tanta energia quanto a dos modelos anteriores, o que possibilitou uma redução no consumo de combustíveis. Com relação ao seu acionamento, em alguns modelos já são empregados controles automáticos que permitem um controle automático da temperatura no interior do veículo.

- **PÁRA-CHOQUES:** este item é merecedor de total atenção, uma vez que sua performance sofreu grande alteração dos anos 50 até hoje. Naquela época, a composição dessa peça era feita, totalmente, de aço. Dessa forma, em uma colisão todo o impacto era transmitido aos passageiros do veículo. Hoje, com uma melhor compreensão do comportamento de cada peça constituinte do veículo, foi possível, em caso de colisões, projetar sistemas de pára-choque super eficientes. Sistemas esses que chamamos de deformação programada que, em situações de colisão, absorvem a maior parte da energia

produzida pelo impacto, se deformando e impedindo a transmissão da energia para outras partes do veículo, permitindo assim manter a integridade dos seus ocupantes. Tal avanço foi possível devido ao emprego de novos materiais poliméricos, tais como o Polipropileno reforçado com uma carga de um outro polímero, ou também o emprego de uma “alma” de aço previamente demarcada com pontos de quebra e revestida por um polímero.

- **ACABAMENTO INTERNO:** dos antigos componentes metálicos usados nas peças de acabamento interno nos veículos dos anos 50, restaram apenas os parafusos. Presenciamos a massificação do uso de peças plásticas, passando pelo conjunto de peças que compõem o painel, até as outras peças de acabamento interno da cabine. A utilização de peças plásticas possibilitou uma considerável redução do tempo de montagem do painel, uma vez que foram eliminadas diversas peças metálicas de montagem individual. Os acabamentos de porta também passaram por similar evolução, em especial, as melhorias obtidas no isolamento acústico. Deve-se lembrar que esses novos materiais plásticos são submetidos a rigorosos testes: intemperismos, raios UV, ponto de ignição etc.

- **SISTEMAS DE SUSPENSÃO E MOTORIZAÇÃO:** esses dois sistemas complexos submetem seus componentes a situações de extremo esforço e fadiga. Uma das características inerentes desses sistemas é a grande demanda por ligas metálicas ferrosas (aço e ferro fundido), como os componentes das suspensões e as peças constituintes dos motores em geral. Constatamos que, em sua grande maioria, as matérias-primas dessas peças podem ser substituídas por materiais mais eficientes e bem mais leves, como as ligas de alumínio, e fibra de carbono. Porém, os custos em determinadas aplicações ainda são um impeditivo para aplicações em produção seriada, ficando seu uso restrito a certos nichos de mercado, como os carros esportivos e de alto desempenho. Mesmo assim, em aplicações pontuais como nos cabeçotes de alguns motores e na maioria das caixas de marcha,

constata-se a presença do alumínio, como material substituto ao aço. Justifica-se essa substituição em função dos ganhos de rendimento e redução de peso.

- **PEÇAS METÁLICAS ESTAMPADAS:** alta resistência à compressão e tração é característica das ligas de aço empregadas nas peças estampadas que constituem a carroceria dos veículos. Peças tradicionalmente confeccionadas em aço vêm sendo substituídas ou pelo alumínio e até pelos materiais poliméricos. Os polímeros reforçados, como o polipropileno reforçado com fibra de vidro (Polipropileno+GF), apesar de se apresentarem como uma alternativa, ainda apresentam limitações com relação a sua fabricação em série nesse tipo de aplicação, ficando sua aplicação restrita a algumas partes sem maiores necessidades de esforços estruturais.

### **2.1.1 - Novo cenário de aplicação dos materiais**

Como constatamos nos exemplos anteriores, é claro o emprego dos novos materiais e das novas formas de aproveitamento dos já existentes. Assim, é pertinente questionar-se quais foram os motivos para tais mudanças na matriz constituinte dos materiais automotivos. Segundo EDWARDS (2003), tais mudanças se devem a dois fatores: o surgimento de novas diretivas ambientais e a redução de custos de fabricação dos veículos, através do emprego de materiais tecnologicamente avançados. Esses dois aspectos são explicados do seguinte modo:

- **Diretivas ambientais:** As legislações ambientais da União Européia, em especial a que trata dos veículos em final de vida (2000/53 EU) têm papel fundamental, no sentido de nortear as atividades de desenvolvimento de novos veículos, objetivando a redução do impacto ambiental causado pela sua produção, uso e descarte. Tal papel pode ser evidenciado pela reação das montadoras e de seus fornecedores. Dentre elas podem ser

citados o empenho na redução do peso dos veículos para diminuir o consumo de combustíveis e em consequência reduzir o nível de emissão de gases e o aumento da taxa de reciclabilidade dos veículos, que passa a ser estabelecido e estimulado. Na Europa, por exemplo, essa taxa está projetada para 85% em 2006 e 95% em 2015, vide a legislação 2000/53 EU

Existem severas restrições relacionadas à emissão de gases provenientes da queima de combustíveis fósseis na fase de utilização dos veículos. Dessa forma os fabricantes de veículos, no intuito de atender a essas diretivas, buscam, cada vez mais, aumentar a eficiência dos automóveis. Esse aumento de eficiência pode ser atingido por um ganho termodinâmico, fruto de uma queima de combustíveis mais eficientes, reforçado pela redução do peso final do veículo. Para atingir resultados significativos na redução do peso final de um veículo, são necessários materiais especiais e de excelente performance. Como os de alta dureza específica e resistência à tração, a exemplo das ligas de alumínio, que permitem a substituição das ligas ferrosas em inúmeras aplicações veiculares.

A grande contribuição para a reciclagem é exercida pelos metais que assumem, em média,  $\frac{3}{4}$  da composição total de massa de um automóvel. Segundo MILDENBERGER (1999), após seu uso, esses são reciclados e não apresentam perdas significativas de propriedades, podendo voltar a ser aplicados nas mesmas funções da sua primeira aplicação, fechando o ciclo de uso desse material.

Porém, o grande desafio na busca pelo objetivo das metas de percentual de reciclabilidade será dado na aplicação e descarte dos polímeros. Os plásticos empregados hoje na indústria automobilística se dividem em duas classes: os termoplásticos e os termorrígidos. Sendo somente os termoplásticos possíveis de serem re-processados após sua primeira utilização (primeira vida), ou seja, são recicláveis, entre eles o Polipropileno

que é o de mais amplo uso. O uso crescente de materiais plásticos em diversos sistemas automotivos deve-se principalmente a sua versatilidade e algumas vantagens, tais como resistência à corrosão e flexibilidade, superiores a dos metais, além da baixa densidade, que proporciona uma redução significativa no peso final do veículo. Segundo FRANÇA (1999) os plásticos permitem o emprego de temperaturas de processamento mais baixas do que os metais na sua transformação, reduzindo o consumo de energia, bem como propiciando a liberdade de criação de novas formas, mais harmônicas e arrojadas. Dessa forma, como já se mostrou na tabela 2, o consumo e aplicação de plásticos cresceram em toda a indústria automobilística tendo quase que dobrado entre 1990 e 2000. Destaque para as composições a base de Polipropileno (PP), Butadieno Estireno Acrilonitrila (ABS), Poliamida (Nylon) (PA). Sendo o principal desses o Polipropileno, que trás consigo vantagens em relação aos outros polímeros como, tempo reduzido de produção, resistência ao impacto e, principalmente, a possibilidade de reprocessamento e reciclagem. Sua aplicação em peças injetadas de grande porte, como pára-choques e painéis de instrumentos, é altamente explorada, em destaque nos veículos populares, nicho esse onde a relação custo benefício dos compostos à base de polipropileno mostra-se mais eficiente.

À aplicação nessas peças de grande porte, mais precisamente nos pára-choques, além das exigências de estilo e de absorção de impactos, deve-se acrescentar um novo requisito, que é a facilidade de reciclagem. Os fabricantes de veículos, ainda segundo FRANÇA (1999), estão voltando suas atenções para a redução do tempo de desmontagem e separação das peças de idêntica composição. Essa situação será mais bem detalhada no próximo capítulo. No momento é importante frisar que, devido a essa massificação da sua utilização e o crescente aumento na participação final no peso do veículo, os plásticos passam a representar uma parcela marcante nos resíduos finais dos veículos em final de

vida. Outra observação, também importante, é que, segundo TAM e JEKEL (2004), os processos de desmontagem de veículos praticados atualmente na Europa são capazes de remover 12 % do peso de um veículo, entre peças destinadas para uso de reposição, peças plásticas de grande porte e fluidos em geral.

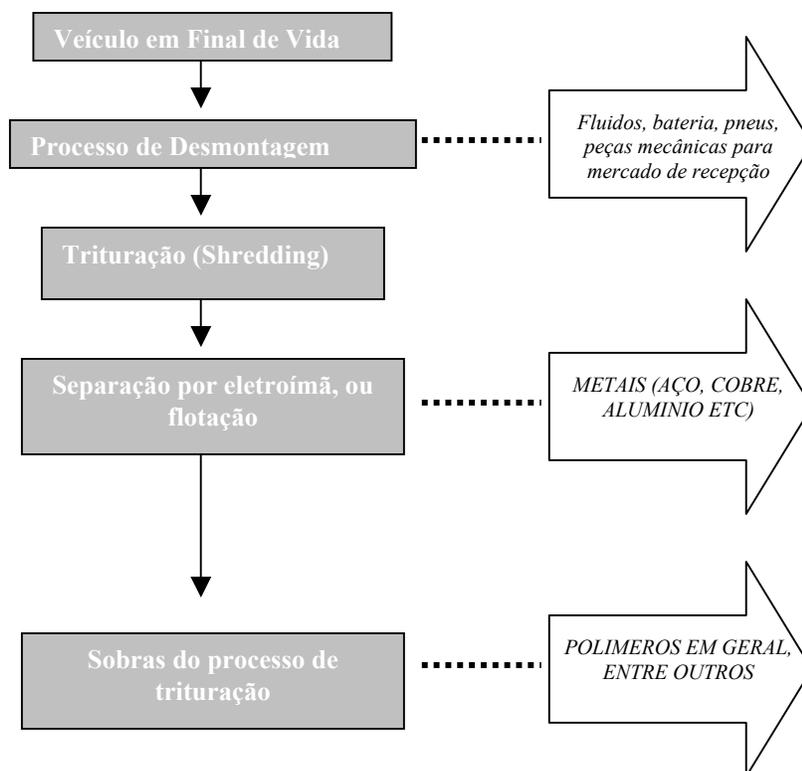


Figura 3. Fluxo de materiais no processo de reciclagem. TAM e JEKEL (2004)

A figura acima ilustra, de forma simplificada, o processo de separação de materiais, tendo como ponto importante a ser observado perante as questões dos plásticos, a geração de resíduos após o processo de trituração conhecido como ASR (Automotive Shredder Residue). O caso dos materiais plásticos vem consumindo grande atenção por parte da União Europeia por serem, em sua maioria, pouco recicláveis. Um dos pontos mais discutidos quanto à utilização dos plásticos hoje pelos projetistas é que, se por um lado o

aumento da presença de plásticos reduz o peso final do veículo, contribuindo assim para a redução das emissões de CO<sub>2</sub> e do efeito estufa, por outro lado tem-se uma grande quantidade de materiais poliméricos que vem sendo descartados sem qualquer tipo de reaproveitamento, abarrotando ainda mais os aterros sanitários.

Percebemos que os resíduos plásticos se fazem presente tanto em maior volume, quanto em resíduos provenientes dos processos de reciclagem veicular. Segundo FANG (2001), a diversidade de polímeros e materiais presentes no ASR faz com que seu valor comercial seja relativamente baixo, comparado com os dos metais, uma vez que não existem processos de separação economicamente viáveis que possibilitem a separação desses polímeros. A possibilidade de liberação de polímeros de diferentes qualidades que foram usados na composição de uma única peça e a coleta de um outro material que não polimérico é cara e custosa, gerando assim uma enorme miscelânea de materiais ASR que, inevitavelmente, serão enviados para aterros sanitários. Essa dificuldade de separação é diretamente relacionada às formas de junção e fixação utilizadas na estrutura da peça e ou ao veículo. Porém, de acordo com MEDINA e NAVEIRO (2000), vale a pena ressaltar que nos novos projetos, já vem sendo dedicada atenção às formas de fixação de peças plásticas. Cada vez menos são utilizados mecanismos de fixação permanente para peças plásticas, como colas e soldas. Dessa forma, busca-se diminuição do tempo de separação antes do processo de trituração, otimizando assim a geração de resíduos.

Serão observados agora os meios e formas de reaproveitamento dos materiais plásticos obtidos como fruto da etapa de desmontagem que precede a trituração da carcaça do automóvel. Ainda segundo FRANÇA (1999), o polipropileno proveniente dos pára-choques reciclados, mostrou-se aplicável como carga de enchimento em peças de baixa função estrutural, onde o consumidor final não tenha contato visual. Como exemplo dessa

aplicação temos os dutos de ar-condicionado feitos com polipropileno virgem e adicionados de 25% de Polipropileno reciclado. Outro exemplo é sua aplicação em compósitos quando da utilização de fibras naturais como o coco e sisal sendo adicionadas a taxas de baixo percentual em peças de Poliamida (PA) e Polipropileno (PP). Compósitos são materiais reconstituídos a partir de um ou mais polímeros que formam a matriz e são reforçados com fibras sintéticas ou naturais. Se por um lado, estes materiais permitem o aproveitamento de resíduos plásticos de diferentes fontes, por outro são ainda mais difíceis de serem reciclados, podendo ser apenas incinerados para aproveitamento energético, quando não são descartados diretamente nos aterros sanitários.

- **Redução de custos:** Na outra linha de raciocínio apontada por EDWARDS (2003) surgem questões relativas aos custos de fabricação, as quais se ocupam do fato de que todo investimento em materiais ou novas tecnologias dependa dos objetivos de cada projeto. Por exemplo, para um projeto de veículo popular que será comercializado em países emergentes (China, Brasil e Índia) a margem de lucro é bastante reduzida, ou seja, os projetos deverão apresentar custos o quanto menores possíveis. E o lucro será em função da quantidade de veículos comercializados. Em suma, de nada adiantará um grande investimento em projetos que se destinam a países emergentes, cujo mercado consumidor é caracterizado por reais limitações financeiras e baixas margens de lucro.

Segundo STEINHILPER (2000), os gastos com novos ferramentais (tooling), ou seja, os meios produtivos que irão confeccionar as peças e componentes dos veículos, correspondem hoje à cerca de 40% dos custos de um novo projeto. A crescente demanda por novos veículos e a constante necessidade de renovação da linha de produtos faz com que sejam necessários materiais de alta processabilidade em escala industrial, aliados a um

baixo custo unitário. Atualmente, a resposta a essas necessidades é dada pelos materiais poliméricos, que não despendem grandes investimentos em ferramental e são altamente eficazes quanto a sua reprodutibilidade. Porém, ainda existem algumas limitações quanto ao seu emprego nos veículos, ficando restrito ao uso em acabamentos e peças de pouca função estrutural. Aliada a essas limitações de aplicação, temos as metas de reciclabilidade impostas pela diretiva de retorno garantido, que limitam ainda mais o uso de materiais poliméricos, devido às dificuldades de realização de sua reciclagem. Ainda de acordo com STEINHILPER (2000), uma tendência que vem sendo observada nas montadoras é a de investir em peças/materiais que tenham um ciclo de vida tão grande quanto o do veículo, pois dessa forma, os gastos com peças de reposição seriam minimizados e sua reciclabilidade estaria sendo estimulada (cadeia reversa de suprimentos).

## **2.2 - Materiais e desenvolvimento para o meio ambiente**

Conforme será visto no capítulo 3, o Eco-Design (Design for the Environment) passou a ser adotado por várias montadoras de veículos como uma ferramenta voltada para atender a crescente exigência das regulamentações ambientais. Uma vez que esta consegue conjugar indicadores ambientais e econômicos e produzir resultados balanceados entre esses, que até então se apresentavam como antagônicos. Esse conceito apresentou grande receptividade no mundo automotivo no final da década de 90, pois através de seus resultados as empresas conseguem expressar a inofensividade de seus sistemas de produção, produtos e serviços junto ao meio ambiente. Dessa forma percebe-se a iniciativa de se reverter a imagem poluidora dos veículos. Caminhando nesse sentido as empresas tendem a buscar a eco-eficiência através de condutas voltadas para a minimização do consumo de matérias-primas primárias (matérias virgens) substituindo-as por matérias-

primas secundárias, concentrando esforços em pesquisa para diminuição da toxicidade de seus produtos e meios de prolongar a vida útil de seus produtos; além de buscar reduzir o consumo de energia nas diversas fases de manufatura do veículo.

O desenvolvimento sustentável pode ser definido como aquele que conjuga os anseios da sociedade no cenário presente sem prejudicar o desenvolvimento das atividades das gerações futuras, assim como sua sustentabilidade, conforme explicitou Bill Ford, presidente do conselho de Diretores da Ford Motor Company, em recente congresso nas Nações Unidas na Comissão Mundial para Desenvolvimento e Meio Ambiente citado por SCHMIDT (2004). Dessa forma, percebemos que a humanidade está diante de um grande momento histórico onde, em prol do consumo de massa, estamos depreciando os recursos naturais, causando impactos ambientais irreversíveis e submetendo muitos de nossos semelhantes a condições precárias de subsistência.

É difícil definir quais são os indicadores sociais que caracterizam uma nação ou conjunto de países que estejam completamente voltados para o desenvolvimento sustentável, pois ainda não é possível usar apenas um dos aspectos, seja o econômico, o ambiental ou o social para tal finalidade. Poderíamos quantificar qual o percentual do PIB (Produto Interno Bruto) aplicado em iniciativas ambientais, ou medir o consumo de matérias primas primárias gastas anualmente por determinado país, ou, então, a existência local de legislações ambientais rigorosas. Mas isso seria, na nossa concepção, muito superficial na tentativa de se estabelecer um *ranking* das nações mais empenhadas para a sustentabilidade.

Sabe-se que, de alguma forma, muitos países caminham nesse sentido, pois de acordo com o plano de diretivas da Comissão Econômica das Nações Unidas na Europa (UNECE), uma das ações citadas é o incentivo à redução do uso e consumo de energia ao

longo de toda a vida útil dos produtos. Tal iniciativa vem sendo estimulada na Europa pelos órgãos governamentais e aplicada pelas indústrias automobilísticas.

### **2.2.1 – A aplicação do Design para o Meio Ambiente na Indústria Automobilística**

A percepção da aplicação do design para o meio ambiente (DFE) junto à indústria automobilística é constatada quando o veículo é observado como parte de um grande sistema, que tem seu início a partir da extração de matérias primas, passando pela produção, uso e descarte, conforme figura 4. Ou seja, quando visualizamos todo seu ciclo de vida e buscamos iniciativas que reduzam a energia gasta na sua fabricação, o menor consumo de combustíveis para sua operação e a aplicação de materiais que, após a vida útil do veículo, permitam e facilitem seu reaproveitamento.



Figura 4. Entradas e Saídas na visão sistêmica de fabricação do automóvel. Elaboração própria do autor.

Em cada uma das fases da vida de um veículo existe uma quantidade de energia que é demandada e que será consumida, assim como a escolha dos materiais que serão usados na sua composição. Nos momentos de ideação do veículo, são feitas escolhas de materiais e

processos, em busca de tornar menos agressivo o impacto ao meio ambiente nas diversas fases de sua vida útil. Segundo LAWRENCE (1998), a essa atividade atribui-se o nome de Design para o Meio Ambiente.

Mas nem sempre esses aspectos ambientais tiveram seu papel de destaque no processo de concepção veicular. Por iniciativa voluntária, em meados dos anos 90, um dos maiores fabricantes de veículos do mundo destina lugar de destaque no seu planejamento estratégico para as questões ambientais, fazendo com que todas as questões relacionadas a aspectos ambientais passem a ser tratadas nas fases embrionárias dos novos projetos. Essa mudança consistiu em mudar o foco das atenções para as questões dos resíduos, efluentes, emissões e descarte não sendo mais tratados como soluções no final dos processos, mas sim como consequência de uma escolha feita na fase de projeto. Assim, ao adotar o conceito de DFE, a empresa passou a evitar algumas formas de poluição já nas escolhas que são feitas nas fases iniciais dos projetos.

Mas essa transição foi demorada e dispendiosa, iniciada nos EUA e depois aplicada na filial *Européia*, sem perspectivas definidas de implantação no Brasil. Contando com a participação de grandes consultorias e do apoio interno das equipes de engenharia, esse projeto iniciado em 1995 conseguiu o feito de incorporar e aplicar o DFE nas atividades de ideação dos novos projetos nas mais diversas peças e produtos dessa montadora.

Atualmente, os objetivos da empresa vão além dos preconizados pelas diretivas ambientais que legislam sobre desde emissões de efluentes a até taxas de reciclabilidade. O objetivo é fazer com que o consumidor final perceba os atributos ambientais do veículo, de forma a tornar a empresa líder para os assuntos relacionados ao meio ambiente. Para isso, é necessário criar uma forma de gerenciamento do processo para as questões do meio ambiente similar ao hoje já existente para as questões custos x qualidade. A figura 5, dá

uma idéia de como deverá se comportar o desempenho de um indicador ambiental ao longo do tempo.

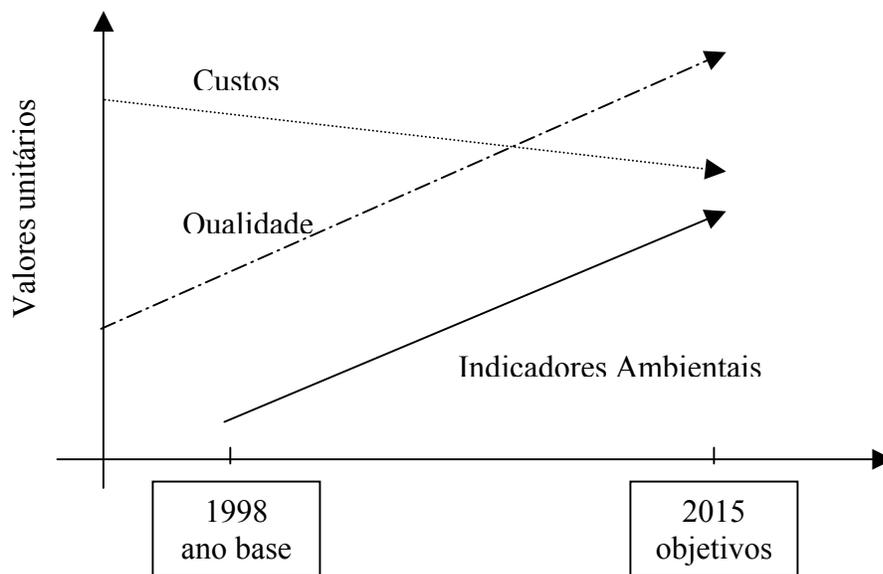


Figura 5 – Indicadores de Desempenho – Adaptado de LAWRENCE (1998)

Fazendo parte dos objetivos estratégicos da corporação, as iniciativas ambientais passam a ser tratadas com igualdade de importância na fase de concepção do produto. Dessa forma, detalhamentos do projeto que são definidos na fase de concepção passam agora a ser analisados sob a óptica da redução do consumo de energia, junto com os potenciais danos causados pelo processo de manufatura e do processo de desmontagem etc.

Em suma, os aspectos relacionados com o DFE são percebidos como uma fonte valiosa de informação que poderá ajudar a evitar malefícios ao meio ambiente ao longo da vida útil do automóvel. Assim, as decisões tomadas no processo de concepção afetarão diretamente a escolha dos materiais constituintes dos veículos, o processo de manufatura, os consumidores finais e, também, seu processo de descarte que só irá acontecer dentro de 15 ou 20 anos.

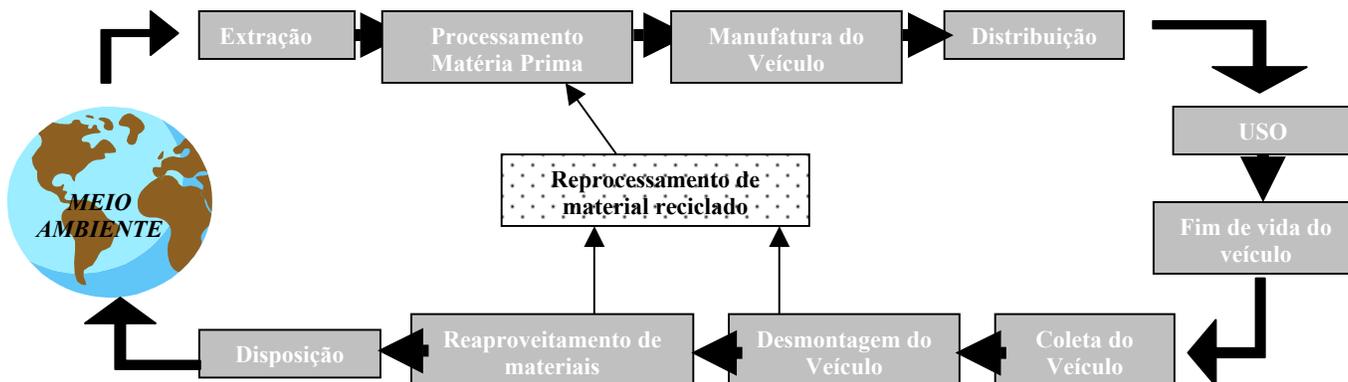


Figura 6. Do berço a Reencarnação. Adaptado de Bellmann e Khare (1999)

Na figura 6, tem-se a ilustração do conceito de que o carro faz parte de um grande sistema. Serão observadas suas etapas de vida útil, assim como seu processo de tratamento em final de vida. Em cada uma das suas fases de vida percebe-se o grau de importância que a escolha por um material ou sistema de produção assume. É nesse momento que os envolvidos no processo de desenvolvimento veicular fazem uso de uma das ferramentas do DFE, conhecida como Processo de Avaliação Ambiental. No capítulo 3 serão detalhados com exemplos levantados os pontos importantes dessa ferramenta. Será feito aqui somente um breve apontamento das questões que precedem a seleção de materiais quando se desenvolve um projeto de automóvel orientado para o meio ambiente. São três etapas importantes que compreendem a escolha dos materiais empregados em um novo produto, essas etapas são precedidas por outras perguntas-chaves que atuam de forma decisiva na escolha de um novo material;

### **1- O produto ou processo em desenvolvimento contém substâncias restritas (Cádmio, Cromo, Chumbo e Mercúrio)?**

Caso a resposta a essa pergunta seja afirmativa, inicia-se um processo de busca de materiais ou processos alternativos, no qual, primeiramente, buscam-se os materiais tecnicamente similares que estejam disponíveis para substituição imediata. Em seguida, os fornecedores deverão ser envolvidos a fim de buscar meios de operacionalizar o emprego desses materiais. É comum que seja feito um *benchmark* entre montadoras concorrentes e até em indústrias de ramos diferentes das da automobilística. Uma vez encontradas alternativas capazes de substituir as substâncias restritas previamente empregadas ou cogitadas para uso, passa-se para a segunda etapa.

### **2- Qual dos materiais apresenta maior reciclabilidade?**

Dentre as opções de material que não são classificadas como substâncias restritas, deve-se optar pela que apresente maior potencial de reciclabilidade. Nesse quesito é dado maior valor para as ligas metálicas, pois como já foi mencionado, essas são as que se mostram mais recicláveis. Um outro aspecto que também será levado em conta é os tipos de embalagens usadas no transporte e acondicionamento desses produtos. Deve-se optar por embalagens de fácil reciclabilidade, como as confeccionadas em papelão. Ou em maiores escalas, optar-se por embalagens de uso retornável.

### **3-Avaliação do consumo de energia.**

A última etapa do processo de comparação e escolha de materiais que entrarão na composição do produto, deverá considerar o consumo de energia, seja na fase de manufatura, uso, ou descarte. A tabela 3 exemplifica alguns produtos e seus respectivos

percentuais de consumo de energia. É importante ressaltar que ao se referir ao consumo de energia, faz-se um somatório das diversas fontes de energia envolvidas no ciclo de vida de um produto, seja ela proveniente de combustíveis fósseis, como o caso do petróleo e seus derivados, ou de usinas termoelétricas ou hidráulicas, como a eletricidade.

Segundo MANZINI e VEZZOLI (2002), dentre os insumos necessários para a fabricação de um chip de computador que no final do processo de fabricação pesará apenas 2 gramas, são necessários 3200 gramas de água, 1600 gramas de combustíveis fósseis e 72 gramas de produtos químicos em geral. Ou seja, o consumo de combustíveis fósseis, representa 800 vezes a massa final do chip. Só para termos uma referência comparativa, a produção de um automóvel necessita de algo em torno de uma a duas vezes a sua massa em combustíveis fósseis. Em termos comparativos a produção de um chip nos faz pensar primeiramente que sua fabricação demanda uma quantidade de energia muito maior que a de um automóvel, porém, se analisarmos o peso do automóvel, que em média é de mais de uma tonelada, tem-se que, apenas no seu processo de fabricação, são necessárias duas toneladas de algum tipo de combustível (petróleo, gás natural, carvão mineral etc).

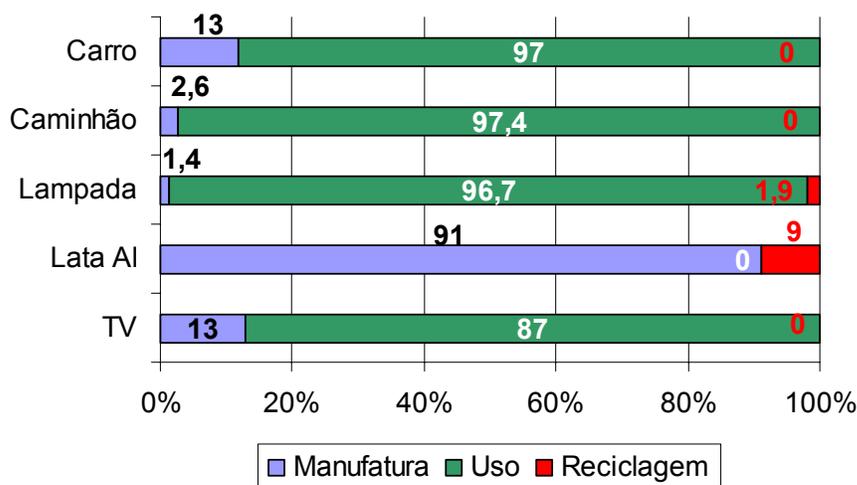


Tabela 3. Demanda de energia ao longo do ciclo de vida. STEINHILPER(2000)

Portanto, o grande mérito de uma equipe responsável pela decisão dos materiais que entrarão na composição de um novo automóvel será no acerto da escolha dos materiais. Uma forma de se ilustrar o quanto é ganho com um processo de reciclagem é que, na reciclagem do Alumínio, se gasta 10 vezes menos energia do que quando se produz esse metal a partir da Bauxita, segundo CARRABA apud OLIVEIRA (2000) . Obter o êxito nessas escolhas significa atender aos novos imperativos legais previstos nas diretivas de retorno garantido dos automóveis, assim como suprir as necessidades de mercado impostas, tanto por clientes, quanto por concorrentes.

### **2.3 – Remanufatura: Uma atividade a ser desenvolvida**

É importante se destacar uma questão bastante notada na literatura e que não foi abordada pela montadora alvo do acompanhamento de atividades, no que se refere aos aspectos relacionados a remanufaturabilidade de peças de veículos em final de vida. Diferentemente do reuso, a remanufatura tem como objetivo recondicionar uma peça que seria descartada, através de um processo de análise inicial de quais componentes necessitam ser trocados. Dessa forma, ao torná-la, novamente, em condições de uso, seria prolongada sua existência e seria reduzido assim o consumo de matérias primas virgens.

Entre as vantagens que podem ser atribuídas a remanufatura, acreditamos que a remanufatura aponta mais benefícios em termos energéticos, ambientais e de aumento do teor de reciclabilidade de um veículo, do que a recuperação de material proveniente das etapas de um processo de reciclagem. HARTMAN (2000) faz uma estimativa da quantidade de matéria-prima virgem que poderia ser poupada, através do número de veículos descartados e da quantidade de peso por veículo que poderia ser economizada.

Seus cálculos são baseados em função do número de carros descartados no continente europeu ano de 2000, cerca de 12.000.000 de veículos. Ele estima que de 20 a 25 Kg de material poderiam ser reaproveitados evitando que novas peças fossem fabricadas e, em consequência, mais matérias-primas virgens fossem extraídas. Então, anualmente, segundo seus cálculos,  $(12.000.00 \text{ veículos} \times 25 \text{ Kg})$  300 milhões de Kg de matéria prima deixariam de ser produzidos.

Porém, os assuntos relacionados a remanufatura implicam em uma série de questionamentos como custos, qualidade e mercado para consumo. HARTMAN (2000) também sinaliza que uma peça re-manufaturada deverá apresentar uma qualidade muito próxima da peça original, assim como o seu custo e preço de venda deverão ser significativamente menores do que os apresentados na peça sem uso. Assim, ele acredita que haveria um público consumidor disposto a optar por essas peças, contanto que elas alcancem qualidade e preços competitivos. E para garantir que essas condições sejam atendidas, ele sugere alguns passos a serem seguidos para a implementação de um processo de remanufatura em peças de veículos em final de vida, como segue:

A) Identificar peças que ainda apresentem condições de uso, ou seja, não tenham nenhum tipo de imperfeição ou dano que impeçam seu recondicionamento. E, é claro, focar em peças que tenham demanda de mercado, pois de nada adiantará ter-se uma peça em condições de ser re-trabalhada se não houver consumo para a mesma.

B) Estabelecer critérios de controle de qualidade para a peça que será re-manufaturada. Lembrando que o sucesso de um produto re-manufaturado está ligado, diretamente, com a sua capacidade de conseguir ser tão bom quanto o produto original.

C) Avaliação da rentabilidade do processo em questão. Deverá ser levantado o número de veículos disponíveis para serem desmontados e retiradas suas peças, os custos de remanufatura, desmontagem e um comparativo entre os custos de fabricação de uma peça nova e os de uma re-manufaturada. Devendo ser lembrado que os custos envolvidos no processo de re-manufatura deverão ser menores que os de produzir uma peça nova.

D) Estabelecer métodos de processo de desmontagem que garantam a integridade das peças que serão alvo de processos de re-manufatura, assegurando que essa atividade deverá ser realizada no menor espaço de tempo possível, pois um longo tempo de desmontagem, significa um acréscimo nos custos operacionais. Assim não serão admitidos tempos de desmontagem muito longos, pois isso estaria acarretando um custo de processo acima do tolerável.

E) Produção: deverão ser estabelecidos os tipos de ferramentais necessários ao processo de re-manufatura, assim como os métodos para a realização das etapas dos processos de recuperação das peças.

F) Análise do impacto ambiental do processo de re-manufatura: deverá ser verificado se o processo demandará o uso de algum tipo de substância que cause algum impacto ambiental. Dessa forma deverão ser previstos meios de tratar essa geração materiais perigosos.

G) Cálculo dos os custos relacionados à embalagem, estocagem, transporte e distribuição dessa peça re-manufaturada: deve-se lembrar que esses custos poderão sofrer variações, uma vez que o lugar de desmonte do carro não será, necessariamente, o mesmo onde ocorrerá o processo de re-manufatura, o que contribuirá para o aumento dos custos de transporte.

Ainda segundo HARTMAN (2000), um outro diferencial bastante inovador relacionado à questão da remanufatura de peças de ELV's, é o de se considerar os veículos em final de vida como sendo um “ grande depósito de peças ambulante”, cabendo apenas às montadoras estimular seu reaproveitamento, e ao governo criar estímulos fiscais e legais para tal.

Porém ele deixa de lado um importante questionamento relacionado à base operacional desse “negócio”. Em uma atividade como a de re-manufatura é de extrema importância que seja garantido o fluxo de matéria prima na entrada do processo, ou seja, que seja garantida uma alimentação constante de peças a serem re-manufaturadas. Uma vez que os veículos que são descartados hoje têm, em média, 12 anos de uso, e que eles não foram projetados para serem reciclados no final de suas vidas, menos ainda re-manufaturados, não sendo previstas as etapas de uso pós-final de vida do veículo. Dessa forma, é importante que os novos projetos automobilísticos façam uma abordagem no projeto de novas peças, que seja voltada para o prolongamento da vida útil de alguns componentes do veículo.

Um conceito observado ao longo do acompanhamento das atividades na montadora em questão, e que é proposto no trabalho de MANZINI e VEZZOLI (2002), é o de projetos em módulos, já adotado em algumas peças e conjuntos montados dos veículos. Por exemplo, no caso da bomba de água dos motores usada para realizar a circulação de água de arrefecimento dos motores. A principal causa de pane, é o desgaste das aletas plásticas responsáveis por movimentar a água. Em alguns modelos nacionais no caso de pane dessa peça, já é possível realizar o seu conserto efetuando-se apenas a troca dessas aletas, ao contrário de outros modelos onde é necessário trocar todo esse componente. Para isso encontra-se à venda um conjunto de peças conhecido como “reparo da bomba d'água”,

possibilitando que apenas a parte danificada seja substituída, e as que ainda se encontram em condições de uso, continuem em operação, evitando-se que sejam descartadas peças e materiais, e que novas peças sejam produzidas.

#### **2.4 - Materiais Sustentáveis**

SCHMIDT (2004), definiu como materiais sustentáveis “... aqueles que atendem às necessidades de demanda de produção dos produtos onde são empregados, sem que causem a extinção de suas fontes de material primário ou gerem algum impacto ao meio onde esses se encontram...”. Essa definição é aplicada, não somente aos tipos de materiais e seus recursos associados, mas também às conseqüências relacionadas ao seu uso e descarte, como por exemplo, os pneus inservíveis, aqueles que depois do encerramento de sua vida útil serão descartados sem nenhum tipo de controle ou normatização em aterros sanitários e outros lugares não adequados.

Do ponto de vista da preservação dos recursos naturais, a escolha dos materiais constituintes de um veículo tenderá para os de fontes renováveis e / ou recicláveis. Porém, apesar de já existirem no mercado, materiais de fontes naturais capazes de substituírem os chamados *comodities*, a escala de produção da indústria automobilística são encontrados problemas relacionados com a ausência de uma cadeia de suprimentos eficaz, que seja capaz de suprir toda demanda dos fabricantes de autos apenas com esses “materiais verdes”. Dessa forma, será necessário, ainda, o consumo de materiais virgens, e que se arque com as conseqüências dos processos de extração e descarte dos mesmos. Segundo GRAEDEL(1996) appud OLIVEIRA (2000) mantidos os padrões de consumo da sociedade moderna, exceto o minério de ferro e o alumínio, os demais metais não conseguirão mais

atender a demanda de mercado por mais 100 anos. Dessa forma, é importante que sejam compreendidas as potencialidades dos materiais sustentáveis, que poderão substituir os que estão em uso hoje, assim como suas fontes de obtenção e meios de reciclagem. Os materiais ditos sustentáveis e que são aplicados na indústria automobilística são divididos em três classes:

- 1 ) Materiais ambientalmente neutros no ciclo de vida do automóvel
- 2 ) Materiais reciclados
- 3 ) Materiais Renováveis e Fibras Vegetais

**Materiais ambientalmente neutros no ciclo de vida do automóvel:** em virtude do grande número de materiais e substâncias empregados hoje na fabricação de um veículo, nota-se uma variedade de compósitos e ligas que representam a base da composição de um automóvel. Seria pertinente então perguntar por que não são empregados apenas os materiais que se mostram imparciais em relação ao consumo de energia, amenizando assim os impactos para o meio ambiente ao longo de sua vida útil. Pois bem, a resposta a essa indagação não é simples assim, conforme dito anteriormente. Deve-se considerar o veículo como parte integrante de um grande sistema, vide figura 7, onde devem ser contabilizadas todas as demandas energéticas ao longo das diversas fases do seu ciclo de vida. Por exemplo, a performance do ciclo de vida de um caminhão provido de um motor de baixo rendimento, pode ser otimizada tentando-se reduzir seu peso (sem carga). Para isso seria necessário o aumento do uso de peças fabricadas em Alumínio. Pelo lado da eficiência durante sua fase de uso, os ganhos seriam inegáveis, porém se for analisada a demanda de energia necessária para a fabricação dessas novas peças com alumínio, percebe-se que esse

material demanda uma quantidade muito grande de energia elétrica no seu processo de fabricação.

Um outro exemplo que ilustra de maneira bastante enfática por quê devemos adotar uma visão sistêmica do automóvel, é o problema da redução da espessura das chapas que compõem os pilares de sustentação do teto do carro (A, B e C pillar). Essa redução é feita objetivando-se a redução do peso do carro, para assim aumentar sua eficiência de consumo de combustíveis. Essa redução da espessura das chapas de aço é seguida por um processo de injeção de material polimérico, uma espuma de poliuretano que, uma vez injetada no interior desses pilares, se torna um material rígido e consistente. Ao final desse processo de injeção, temos uma peça metálica cujo interior está preenchido com material plástico de alta resistência. Essa peça então é capaz de atender aos mesmos atributos de resistência à tração e aos diversos esforços mecânicos da a peça original com chapas de espessura maior.

Os ganhos na redução de peso são bastante interessantes, porém esse processo enfrenta uma grande resistência por parte dos designers, pois uma vez que a espessura das chapas de aço é reduzida e injeta-se poliuretano no interior dos pilares, automaticamente, se está reduzindo a quantidade de metal e aumentando a quantidade de material plástico. E, como é sabido, a reciclabilidade do metal é infinitamente maior do que a do polímero. Porém, ao ser elaborado um estudo de análise do ciclo de vida com automóveis que sofreram essa modificação, foi constatada que para cada grama de polímero que foi injetado no interior da peça metálica, foi obtida uma redução de 13 gramas de aço. E, assim, constatou-se uma redução de 75% na emissão de hidrocarbonetos diversos durante o uso dos veículos. Assim fica claro que devemos considerar o automóvel não apenas como um produto isolado, mas sim com parte de um sistema.

**Materiais reciclados:** conforme foi visto no cap. 1, a composição média de materiais de um automóvel contemporâneo é basicamente feita de 75% de ligas metálicas, 15 % de materiais poliméricos e 10 % de outros (diversos). Não existem muitos desafios, quanto menos grandes inovações relacionadas ao processo de reciclagem de materiais metálicos. Presencia-se hoje, uma rede de coletadores e recicladores de peças metálicas presente em quase todo território nacional, assim como um forte mercado de cotação de preços para as mais diversas ligas metálicas.

Existe, porém, um grande desafio relacionado à reciclagem dos materiais não metálicos. Nessa categoria temos os materiais plásticos e suas diversas combinações. Esses, uma vez oriundos dos processos de reciclagem veicular, apresentam sérias dificuldades de separação, dificultando sua processabilidade nos processos de reutilização. Os materiais reciclados sejam eles metálicos, poliméricos, papel ou papelão são classificados de duas formas: (1) **PCR** – Reciclagem Pós Consumo, ou seja, todo material que seja recuperado de produtos que já foram utilizados pelo consumidor final; (2) **PIR** – Reciclagem Pós Processo Industrial, que é a forma de reaproveitamento de refugos que foram gerados ao longo de um processo de fabricação e que ainda se apresentam em condições de reutilização. Segundo SCHMIDT (2000) certos tipos de refugos provenientes de processos de produção não são classificados como PIR. Um exemplo é a injeção de peças plásticas que gera uma certa quantidade de perda de matéria prima nos momentos iniciais de injeção e que é re-incorporada imediatamente após sua geração. Essas obtêm uma classificação diferenciada e são classificadas como reaproveitamento de matéria prima.

Porém, em uma indústria de fabricação de pneus, onde algumas toneladas de resíduos de borracha são geradas todos os meses, esses refugos são vendidos como matéria prima para outras indústrias, como a de calçados, por exemplo. Tem-se, nesse caso, um

exemplo de PIR, pois o material que foi classificado como refugo, foi comercializado e reaproveitado como matéria prima em um outro processo industrial que não possuía nenhuma relação com o da fonte geradora de resíduos caracterizando assim um processo de reciclagem pós-industrial.

Vale lembrar que, ao se contabilizar o final da quantidade de material reciclado empregado na fabricação de um veículo, serão considerados apenas os classificados com PCR e PIR, não sendo contabilizados os materiais que foram classificados como reaproveitamento de matéria prima. Conforme dito no início desta seção, devido à alta presença de metais na composição de um veículo contemporâneo o percentual de reciclabilidade de um veículo, atualmente, gira em torno de 75%. A reciclabilidade de um material ou produto é definida de acordo sua capacidade de ser reaproveitado de uma disposição final e reincorporado novamente em processos de fabricação, seja essa participação como única fonte de matéria prima ou sendo ele adicionado em quantidades limitadas na fabricação de novos produtos.

Assim, o conteúdo de material reciclado empregado em um veículo pode ser mensurado de acordo com o número de peças/ produtos que trazem em sua composição materiais reciclados, especificamente, os classificados com PCR e PIR.

**Materiais Renováveis e Fibras Vegetais :** todo e qualquer tipo de material pode ser classificado como natural, pois sua origem é inegavelmente percebida da natureza. Porém, aqui são destacados apenas aqueles de fontes renováveis. Conforme já definido anteriormente no capítulo 1, materiais renováveis são aqueles cuja origem se encontra em fontes como plantas, animais, ou micro organismos, (vide figura 7).

O termo “material renovável” ainda é muito confundido com a expressão “material reciclado”. Portanto, é de suma importância que essa definição seja assimilada, pois existe um forte diferença, tanto técnica, quanto qualitativa, entre esses dois tipos de classificação de materiais, além de uma importante observação: nem sempre materiais originários de fontes naturais renováveis podem ser classificados entre aqueles ditos como sustentáveis, como é o caso das madeiras nobres que são extraídas ilegalmente de nossas florestas tropicais e exportadas ilegalmente caracterizando uma exploração meramente extrativista sem a conscientização de preservação dessas espécies.

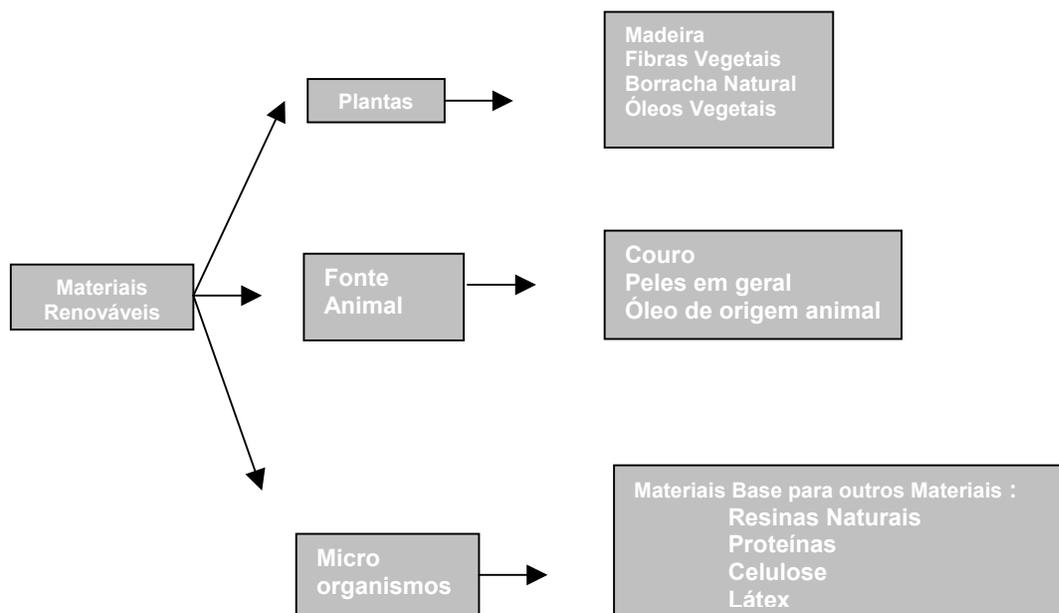


Figura 7. Divisão dos materiais renováveis. Adaptado de Schmidt (2000)

O uso desses materiais no acabamento interno dos automóveis já é presenciado há algum tempo, na aplicação de couro como revestimento de bancos, painéis de porta e de instrumento, assim como o uso de borracha natural para a fabricação de pneus e borrachas, em geral. E também o uso de madeira em alguns detalhes mais sofisticados em modelos de

veículos mais específicos, assim como a aplicação de fibras naturais, como a fibra de coco em substituição ao uso de materiais sintéticos, como o caso das espumas de assentos de bancos.

O uso e a aplicação desses materiais passou por uma série de modificações, tanto no processo de extração e beneficiamento, quanto no aumento de propriedades (físicas, mecânicas e químicas). Na sua aplicação, devem ser considerados aspectos relacionados a diversos fatores, como: a) **Peso**; nem sempre a adoção de uma material de fonte renovável atinge objetivos de redução de peso, vide o exemplo das fibras vegetais aplicadas nos assentos dos bancos, substituindo a espuma de Poliuretano. Para a mesma função foi necessário usar uma quantidade de material, em peso, maior que a do material original. b) **Emissão de odores**; a aplicação de fibras naturais em certas peças, cujo processo de fabricação faz uso da aplicação de cozimento ou calor, cria novos problemas devido a constatação da emissão de odores desagradáveis na percepção dos consumidores finais. c) **Reciclabilidade**; a aplicação de fibras naturais, assim como qualquer outro tipo de material renovável mesclado em conjunto com materiais tradicionais, compromete a reciclabilidade da peça ao final de sua vida útil. Pois, uma vez mesclados esses materiais, torna-se bastante difícil separá-los fazendo uso dos processos disponíveis hoje no mercado.

## **2.5 – Processos de Reciclagem**

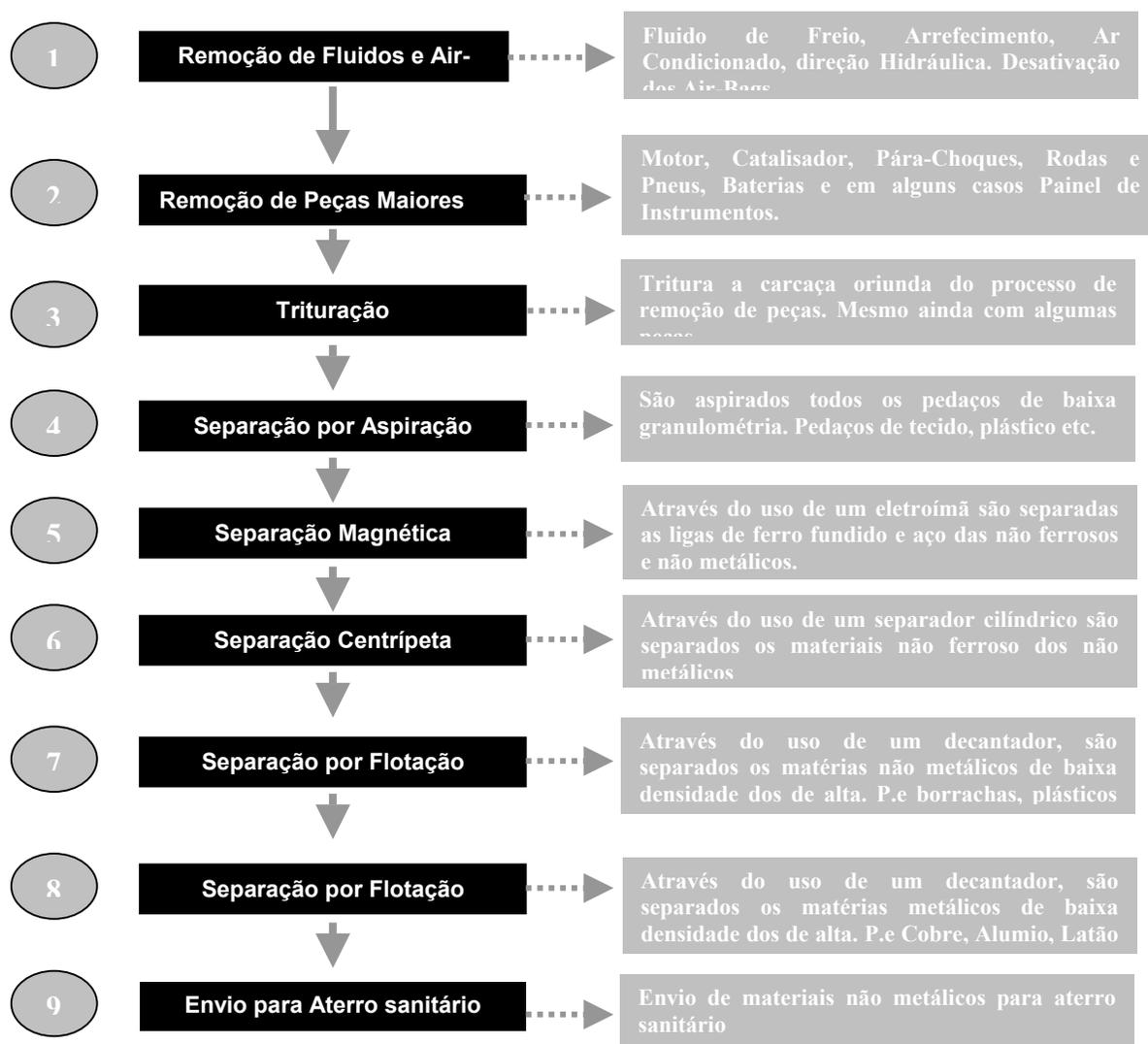
Diante das questões apresentadas ao longo do capítulo 2, pode-se observar que o automóvel passa a ser considerado um sistema. A atividade de desenvolvimento de um novo projeto veicular passa a tratar as questões ambientais como peça chave. Sendo assim, aspectos como escolha de materiais, níveis de emissões de efluentes, uso de substâncias

restritas e o percentual de reciclabilidade passam a ser tratados como atributos do produto. De forma contrária ao procedimento adotado com as questões ambientais relacionado à geração de efluentes ao longo do processo de manufatura do veículo e de suas peças, onde havia uma abordagem de “final de linha”, ou seja, tratava-se apenas do resultado final, não se atuando de maneira preventiva a fim de se evitar a geração de efluentes. Um caso bastante curioso que serve de modelo para exemplificar essa mudança de atitude é o caso das linhas de pintura. Até pouco tempo atrás, os processos de pintura automobilística usavam como matéria prima diversos tipos de tintas, sendo algumas delas a base de Chumbo(Pb), material conhecido como carcinogênico. Por essa razão foram desenvolvidos equipamentos capazes de evitar que os resíduos de Pb presente nos efluentes dos processos de pintura fossem despejados nos lençóis freáticos e mananciais. A mudança na abordagem desse problema é constatada, na medida em que este passou a ser analisado nas suas origens. Buscou-se uma forma de eliminar essa substância tóxica da fórmula das tintas disponíveis no mercado. Com isso, depois um período de estudos e pesquisas, foi desenvolvida uma tinta capaz de atender a todos os quesitos técnicos, econômicos e ambientais, tendo como resultado um produto à base de água que vem se mostrando imparcial com relação às questões ambientais. Essa mudança de abordagem dos problemas ambientais também pode ser útil com relação aos volumes de resíduos destinados aos aterros sanitários. Os chamados Resíduos Pós-Processo de Trituração ou ASR (Automotive Schredder Residue) são apontados hoje como um dos grandes desafios para o sucesso da diretiva ambiental dos veículos em final de vida. Segundo TAM e JEKEL (2004) cerca de 3 milhões de m<sup>3</sup> de ASR são gerados anualmente nos EUA e quantidade similar também é produzida nos países membros da comunidade Européia. Os polímeros têm presença marcante no total de volume de materiais que são destinados aos aterros

sanitários. A outra parte tem sua origem através da recuperação de material metálico proveniente dos processos de trituração. Segundo DURANCEAU e WINSLOW (2004), nesses processos removem-se até 80% do peso de um veículo, uma parte através da retirada inicial de peças inteiras, que teoricamente ainda se apresentam em condições de uso. Dessa forma diminui-se a quantidade de materiais que resultará do processo de trituração, facilitando assim as etapas de separação.

Algumas abordagens relacionadas com as metas de reciclabilidade: 85% até 2006 e 95% em 2015 em relação ao seu peso (vide diretiva 2000/53/EC), já fazem parte do dia-a-dia das equipes de desenvolvimento de novos veículos. Mas como será visto no capítulo 3, foram concedidas algumas derivas nesses prazos, de forma que as montadoras possam ganhar mais tempo para se adaptarem a esse novo cenário dos veículos em final de vida útil. Deve-se estar alerta para um detalhe relativo a nomenclatura dos veículos chamados de “veículos em final de vida”, (ELV- End of Life Vehicle). Qualquer veículo pode ser considerado um ELV, desde que seu proprietário assim o decida considerar (carros antigos, envolvidos em acidentes, ou que não apresentem mais condições seguras de operação). Mas a idade média, segundo MAGNANI (2000), dos ELV que já vem sendo submetidos aos processos de reciclagem é de 10 a 15 anos de vida.

Como proceder para se otimizar o processo de obtenção de materiais para reaproveitamento/ reciclagem dos veículos que foram projetados 15 anos atrás, quando ainda não havia a perspectiva de que esses fossem reciclados? Considerando o fluxo de operações exemplificado pela figura 8, autores como BIRAT e GUÉRIN (2004), expõem alguns meios de se aprimorar os processos de separação dos resíduos pós- trituração (ASR), através do uso de novos equipamentos e técnicas mais eficazes.



Figuras 8. Etapas do processo de reciclagem e seus resíduos. DURANCEAU e WINSLOW (2004)

Com outra abordagem, MAGNANI (2000) também aponta meios de se otimizar o rendimento nos processo de reciclagem, encontrando-se um ponto de equilíbrio entre a quantidade de peças/ materiais que são retirados antes do processo de trituração e a quantidade de peças que não é retirada e que acabam sendo trituradas para depois passarem por um dispendioso e demorado processo de separação. A seguir será apresentado, de

forma resumida, seu trabalho sobre o desmonte e o cálculo do percentual de reciclabilidade dos veículos em final de vida.

### **2.5.1 - Desmonte de veículos e o cálculo do percentual de reciclabilidade**

MAGNANI (2000), propõe que os ELV sejam considerados como uma valiosa fonte de materiais, e que desenvolvidas formas de se obter esses materiais de maneira eficaz. Busca-se um ponto de equilíbrio entre o processo de desmontagem e a quantidade de materiais que é triturada em forma de carcaça, pois uma vez que um número maior de peças seja retirado do veículo antes do processo de trituração, melhores são os resultados obtidos na recuperação de materiais provenientes dessas peças. A discussão gira em torno de até onde é economicamente viável desmontar o carro, retirando-se peças e componentes, sem que sejam comprometidos os custos de mão-de-obra, tempo de desmontagem e geração de resíduos. A autora propõem 3 cenários conforme abaixo:

**Primeiro Cenário:** a etapa de retirada de peças é limitada e somente algumas delas são sacadas do veículo. Nesse primeiro cenário são apenas drenados os fluidos e retirada a bateria. E em seguida são retirados os pneus juntamente com as rodas do veículo. Todo o restante de peças que ainda resta no ELV vai para o processo de trituração, para depois serem segregados os materiais metálicos dos não metálicos e assim por diante. Dessa forma, o percentual de reciclabilidade tende a ser baixo, pois o volume de material que será gerado no processo de trituração é significativamente grande, o que compromete a separação do que é material reciclável do que é resíduo.

**Segundo Cenário:** considera as mesmas etapas e peças retirados do cenário 1, só que agora são realizadas operações de desmontagem do veículo, de onde serão retirados vários componentes e conjuntos. Nessa etapa são usadas ferramentas que são comuns a todos os recicladores, como parafusadeiras pneumáticas, ferramentas de corte e dispositivos de remoção de fluidos.

**Terceiro Cenário:** difere do cenário 2 apenas nos dispositivos empregados para realização da retirada de peças. Foi feito uso de equipamentos automáticos para a retirada e drenagem de fluidos. A atividade de desmonte dos ELV's pode ser considerada como demorada, uma vez que requer, muitas das vezes, um processo manual de retirada das peças.

Ainda segundo MAGNANI (2000), o *break-even point*, ou seja o ponto a partir de onde começa-se a obter lucro, utilizando as ferramentas geralmente usadas numa oficina de desmonte de veículos (elevadores pneumáticos, parafusadeiras pneumáticas e outras ferramentas manuais), é com um volume de 1000 ELV's desmontados por ano. Acima desse número, com algo em torno dos 2000 ELV's /ano, já é possível um investimento maior em ferramental automatizado, como ferramentas que permitam a retirada do conjunto motor e caixa de transmissão em apenas 4 minutos, ao invés dos 20 normalmente empregados nesse trabalho.

A tabela 5 expõe os tempos que são empregados na atividade de retirada de peças para cada um dos 3 cenários propostos. Para o primeiro desses foi estabelecido que seria aquele em que o menor número de peças seria retirado. Analisando a tabela 5, percebemos que o número de peças que são retiradas é bem menor do que nos outros dois propostos. E em consequência desse menor número de peças, esse cenário apresenta o menor tempo de

operação antes de ser iniciada a etapa de trituração. Para os outros dois cenários a quantidade de peças retiradas é bem maior, uma vez que esses se propõem a reduzir a quantidade material que será gerada no processo de trituração.

Peça	Tempo Necessário (min)		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
<b>AirBags</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>3</b>
<b>Bateria</b>	2	2	1
<b>Fluidos</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>25</b>
<b>Pneus</b>	6	6	3
<b>Pára-Choques</b>	...	<b>4</b>	<b>3</b>
<b>Painel</b>	...	15	12
<b>Dutos de Ar</b>	...	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>Acabamento de Porta</b>	...	5	5
<b>Bancos</b>	...	<b>8</b>	<b>8</b>
<b>Vidros</b>	...	15	8
<b>Catalisador</b>	...	<b>5</b>	<b>1</b>
<b>Fáris</b>	...	2	2
<b>Motores eletricos</b>	...	<b>15</b>	<b>10</b>
<b>Chicotes</b>	...	16	14
<b>Radiador</b>	...	<b>4</b>	<b>3</b>
<b>Motor e Caixa</b>	...	20	4
<b>Total</b>	<b>68</b>	<b>180</b>	<b>105</b>

Tabela 5 – Tempo de desmontagem de peças. MAGNANI (2000)

Precisamos saber, porém, qual desses apresentará indicies de reciclabilidade que atendam ou superem os objetivos impostos pela diretiva ambiental. Dessa forma, precisamos compreender como é calculado o percentual de reciclabilidade apresentado por um veículo. Existem várias formas de se calcular esse percentual, que podem variar de montadora para montadora. Mas apesar de algumas montadoras adotarem seus próprios métodos de cálculo desse indicador ambiental, já é possível utilizar um método padrão para sua obtenção.

Para isso, foi criada a norma “*ISO 22628 -Método de cálculo de reciclabilidade e reaproveitamento para veículos terrestres*” que resumidamente será apresentado a seguir:

$$R_{cyc} = \frac{M_p + M_d + M_m + M_{tR}}{M_v}$$

**Onde :**

**R<sub>cyc</sub>** : Índice de reciclabilidade

**M<sub>p</sub>** : Peso de todo o material e peças que são removidos no pré-tratamento do processo de desmontagem. Por exemplo, a drenagem dos fluidos e a retirada da bateria

**M<sub>d</sub>** : Peso de todas as peças que são desmontadas do carro antes desse ser encaminhado para o processo de trituração

**M<sub>m</sub>**: Peso da carcaça depois de essa ter sido submetida aos processos de drenagem de fluidos e desmontagem.

**M<sub>tR</sub>** : Peso final dos resíduos não aproveitados após o processo de trituração.

Dessa forma, para cada um dos cenários foi calculado seu respectivo percentual de reciclabilidade, para um veículo de porte médio, como mostra a tabela 6:

Materiais	Peso (Kg)		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
<b>Mp</b>	<b>34,3</b>	<b>34,3</b>	<b>34,3</b>
<b>Md</b>	73,4	353,9	353,9
<b>Mm</b>	<b>711,1</b>	<b>519,5</b>	<b>519,5</b>
<b>Mtr</b>	0	0	0
<b>Mv</b>	<b>1038,8</b>	<b>1038,8</b>	<b>1038,8</b>
<b>% RECICLABILIDADE</b>	<b>78,8</b>	<b>87,4</b>	<b>87,4</b>

Tabela 6. Cálculo do percentual de Reciclabilidade. MAGNANI (2000)

Os valores de  $M_p$  são constantes para todos os cenários, pois esse parâmetro faz referência a quantidade de fluidos e à retirada da bateria do automóvel, sendo esses itens constantes e obrigatoriamente retirados do veículo antes que esse seja submetido ao processo de trituração. Já os valores correspondentes aos pesos obtidos pelo desmonte de peças após o pré-tratamento, variam do cenário 1 para o 2. Isso é justificado, uma vez que no segundo cenário tinha-se como objetivo diminuir ao máximo o número de peças/componentes que seriam deixados no veículo para que esse fosse triturado. Comparando-se as peças que foram retiradas do veículo no cenário 1 com as que foram desmontadas do cenário 2, constatamos que: Apenas os pneus com suas respectivas rodas, totalizaram  $M_d = 73,4$  Kg para o cenário 1 e Pneus, Catalisador, Pára-Choques, Acabamento de Porta, Vidros, Painel, Dutos de A/C, Motores Elétricos, Motor e Caixa de Transmissão, Radiador, Faróis entre outros totalizaram  $M_d = 353,9$  Kg para os cenários 2 e 3.

MAGNANI (2000) não apresentou dados sobre custos para realização dos processos de desmontagem, porém sabemos que os custos de mão-de-obra em países da Europa costumam ser bastante elevados se comparados com os práticos aqui no Brasil. De forma positiva, a autora levantou junto a alguns recicladores europeus ([www.stiba.nl](http://www.stiba.nl)); os custos

relacionados aos processos de trituração 0,023 €/Kg , processo de separação metálica é de 0,015 €/Kg e o que apresenta maior valor é de separação de material polimérico, da ordem de 0,102 €/Kg.

Evitar que sejam gerados resíduos no processo de trituração, assim como reduzir o peso do veículo que será enviado para a trituração são artifícios eficientes no caminho de se buscar a redução dos custos de destinação final de um veículo. E também, uma vez que sejam desmontados esses componentes, (vide tabela 4), pode-se estar alimentando, de forma legal, o mercado de peças de reposição usadas, uma vez que essas podem ser remanufaturadas e disponibilizadas para reutilização/ consumo, evitando-se, assim, que uma nova peça seja fabricada e, conseqüentemente, todos os seus danos ao meio ambiente sejam gerados. Porém vale lembrar que a viabilidade para a prática da reutilização/ remanufatura de peças/ componentes estará diretamente ligada com a idade média dos ELV que forem desmontados. A autora acredita que não exista na Europa um mercado promissor para peças de reposição usadas, provenientes de veículos com mais de 10 anos. Ela acredita que esse mercado seja muito mais oportuno em um país como o Brasil, que tem a idade média de sua frota perto dos 20 anos.

De maneira conclusiva, a mesma autora elegeu os cenários 2 e 3 como sendo os mais vantajosos, sua aplicação ficando dependendo apenas do volume anual de veículos superior a 1500 unidades para que esse processo consiga justificar os investimentos em novos ferramentais.

Porém atentamos para o fato de que, em uma determinada etapa desses cenários, que se apresentaram mais vantajosos, foi desprendido um tempo considerável para retirada de alguns componentes, (vide tabela 5). E sendo gasto mais tempo, diretamente associa-se a

esse fator o consumo de mão-de-obra que, como se sabe, muitas das vezes pode ser o maior custo em determinadas operações industriais. Assim, foi traçado um paralelo entre as realidades do nosso país e as do continente europeu. E, chegou-se à conclusão que, para uma realidade como a nossa é mais apropriado que seja retirada o maior número possível de peças, estimulando assim o mercado legal de peças de reposição, gerando empregos que a princípio não exigem muitas qualificações e ainda reduzindo-se o volume de material que seria necessário a ser segregado após o processo de trituração. De maneira contrária ao proposto por MAGNANI (2000), concluiu-se que as operações manuais de retirada de peças/ componentes observadas nos cenários 2 e 3 são altamente impactantes para as operações relacionadas ao negócio de reciclagem na realidade européia.

A atividade de desenvolvimento de novos veículos deverá atender a todos aqueles conceitos previamente apresentados e os carros que forem projetados hoje deverão trazer consigo conceitos de desmontagem que permita a retirada de peças de grande porte sem que seja gasto um tempo muito longo com essa atividade.

A “desmontabilidade” é, sem dúvidas, um fator que influenciará as chances e condições de um produto, partes, componentes ou matérias primas terem seu ciclo de vida prolongado. Um problema é que um bom processo de desmontagem para o reuso ou a remanufatura não é, necessariamente, um bom processo de desmontagem para a reciclagem. Neste último caminho pode ser utilizado um processo de desmontagem destrutivo, com a destruição parcial das peças e componentes, enquanto o processo de desmonte para reuso e remanufatura necessita que as partes estejam em boas condições de uso. Por outro lado, pode-se encontrar em um mesmo descarte de produto, como nos automóveis, diferentes tipos de desmontagem simultâneos, onde uma determinada parte seja desmontada para reuso e outra para reciclagem de material. Um outro item que

representa potencial impactante para a otimização dos processos de desmontagem dos ELV, é a falta de informação sobre a composição básica de cada peça, roteiros de desmontagem, tipos de fixação usados para determinada peça etc. Conforme será mostrado no capítulo 3, já existem iniciativas voltadas para facilitar a identificação das peças constituintes dos veículos.

## **Capítulo 3 - A legislação ambiental e o avanço da reciclabilidade do automóvel**

### **3.1 – Contextualização**

Se na sua fase de utilização os veículos são responsáveis por grande parte das emissões de gás carbônico para atmosfera, na sua destinação final não poderia ser diferente a sua parcela de agressão ao meio ambiente. Assim, nada mais pertinente do que o surgimento de legislações que abordem todos os aspectos dessa indústria. Ao longo deste capítulo acompanharemos a trajetória evolutiva dos aspectos legais do automóvel.

Várias legislações voltadas para a indústria automobilística estão sendo aprovadas e implementadas. Não só nas nações mais desenvolvidas, como também no Brasil, os cuidados com autopeças e veículos se tornaram uma nova preocupação. O surgimento de legislações ambientais teve seu início em meados dos anos 70, em diversos países, indo contra as formas de poluição mais visíveis, como fumaça, fuligem, descarga de efluentes químicos nos rios, sendo seguidas por leis de controle de outros tipos de poluição como a sonora. No Brasil com cerca de 10 anos de defasagem, surgem normas e regulamentações ambientais que focalizam a fase de uso e consumo dos produtos como, por exemplo, as resoluções do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) que tratam de limites de emissões de CO<sub>2</sub>, sobre o uso de Chumbo na gasolina etc.

Num terceiro momento no final dos anos 90, inicia-se a atual fase na história ambiental quando as novas diretivas da União Européia passam a focar a fase de descarte dos produtos. Gradualmente vem sendo atribuída aos produtores e, indiretamente, aos consumidores a responsabilidade de arcar com a destinação final dos produtos com ciclo de vida encerrado. Dentre as diversas legislações ambientais incluídas nessa terceira fase, destaca-se a legislação conhecida pela expressão *takeback* ou retorno garantido. Neste tipo

de legislação, as empresas são obrigadas a recolherem, de graça, produtos em final de vida e descartá-los de forma correta. Originária na Alemanha, a lei do retorno garantido já é aplicada a diversos produtos e bens duráveis, como máquinas de lavar roupa, geladeiras e o nosso objeto de estudo: os automóveis. Essa lei pretende, não apenas reduzir o volume de matéria que vai para os aterros sanitários e meio ambiente, como também melhorar a eficiência das indústrias, fazendo com que a reciclagem de produtos / materiais seja um procedimento assimilado e aplicado em benefício do ambiente coletivo.

### **3.1.1 – Legislações de Retorno Garantido**

No trabalho de Oliveira (2000), foram levantadas algumas das formas de aplicabilidade das diretivas de “retorno garantido” implantada na Alemanha em meados de 1993, mais precisamente, as embalagens de produtos em geral, que foram divididas em 3 grandes grupos: embalagens de transporte de atacado, como *palletes*, grandes caixas, que ficam sob responsabilidade do fabricante; embalagens secundárias, que são aquelas usadas para expor os produtos, e que são de responsabilidade do varejista; e as embalagens usadas para transporte como sacolas, caixas, latas etc que devem ser devolvidas ao varejista ou à indústria. As prerrogativas dessa lei surtiram efeitos imediatos e muitas empresas abandonaram o uso de embalagens à base de polivinil e outras passaram a usar embalagens que fossem constituídas de material reciclado.

Porém, alguns problemas foram encontrados no processo de implementação dessa diretiva: em primeiro lugar houve uma receptividade muito grande por parte da população e em consequência dessa reação uma quantidade de matéria para ser reciclada bem maior do que a capacidade alemã de reciclagem, ocasionando um aumento brusco na oferta de material re-útil, alterando o equilíbrio de mercado interno de reciclados, obrigando

os recicladores a buscar mercados externos para escoar seus estoques. Um outro ponto também observado foi o grande e desnecessário aparato montado para suportar o transporte de embalagens de plástico e o seu conseqüente impacto ambiental, uma vez que cada fabricante tomou a iniciativa de criar sua própria rede de coleta e transporte de retorno para suas embalagens, o que se mostrou inviável. Para tentar sanar esses derivas de implementação, alguns fabricantes se uniram e criaram um consórcio que centralizava as coletas dessas embalagens e comutavam os transportes. Para isso os custos eram divididos entre os participantes.

Até onde sabemos, essa legislação implantada na Alemanha, obriga de forma incondicional os produtores a reciclarem o material recolhido. Muitos dos materiais aplicados na fabricação dessas embalagens apresentam, nesse país, um Custo X Benefício de reciclagem não satisfatório. Por exemplo, os polímeros reciclados oriundos das diversas aplicações nos automóveis (ABS, PP, PVC, PEAD) têm baixa cotação no mercado de materiais reciclados, aliados a um processo de reciclagem não muito eficiente em alguns casos. Esses polímeros são também encontrados nas embalagens de bens de consumo em geral. Indiretamente as empresas repassarão esses custos para o produto ou para o mercado consumidor, através de um estímulo para que sejam criados agentes recicladores comuns a diversas empresas que prestarão esse serviço para as indústrias responsáveis legalmente pela destinação final dos produtos.

### **3.2 – A diretiva ambiental para veículos em final de vida –2000/53-EC**

A repercussão da entrada em vigor da Diretiva Europeia de retorno garantido para veículos em final de vida ELV 2000/53-EC, que passou a ter efeito de lei nos países da União Europeia a partir de 21 de outubro de 2000 teve reflexos não só para os fabricantes

de veículos, mas também para os países membros da UE, onde esses países passam a arcar com a responsabilidade de fiscalizar o cumprimento dessa lei e, de maneira regulatória, garantir ao consumidor final de um ELV, o não pagamento de nenhuma quantia pela sua correta destinação final. O papel dos órgãos fiscalizadores nesses países é composto de sete missões, que são:

- Garantir que todos os ELV's sejam enviados a recicladores oficiais.
- Disponibilizar a destinação final dos ELV's sem custo para o último proprietário de todos os veículos colocados no mercado antes de 2002.
- Restringir e garantir a eliminação do uso de metais pesados, a partir de 2003.
- Garantir índices de reciclabilidade maiores ou iguais a 85% para veículos fabricados a partir de 2006.
- Garantir índices de reciclabilidade maiores ou iguais que 95% para veículos fabricados a partir de 2015.

O papel a ser desempenhado pelos órgãos governamentais é mais abrangente do que a fiscalização do seguimento dessas diretivas, sendo agora exigido que esses órgãos estimulem a realização dos processos de re-aproveitamento dos resíduos gerados pelo processo de reciclagem.

Deixando de lado o papel de fiscalização será focalizada, a seguir a reação das montadoras frente a esse novo cenário de restrição de uso de metais pesados, percentuais de reciclabilidade etc. No exemplo que será apresentado, acompanharemos a equipe de Desenvolvimento de Produto, mais precisamente na área de Engenharia de Materiais, em uma montadora de carros brasileira, buscando respostas a duas perguntas:

- de que forma as montadoras estão se adequando a essas novas diretivas impostas pelo parlamento europeu ?
- como o Brasil ainda não regulamentou diretivas ambientais que abordem os veículos em final de vida, e por que uma montadora instalada aqui se preocuparia com esse assunto ?

Vale destacar que a área de Engenharia de Materiais da empresa foi criada com duas missões bem definidas:

- Suportar as outras áreas que compõem o setor de Desenvolvimento de Produto daquela montadora como, por exemplo, Engenharia de motores, Chassis, Acabamento Interno e Externo entre outras, gerando soluções na escolha dos materiais constituintes das diversas peças nas suas várias aplicações.
- Adequar dos novos produtos às imposições geradas pela diretiva ambiental de retorno garantido dos ELV's

No seu organograma havia seis colaboradores, que estavam diretamente subordinados ao diretor do setor de Desenvolvimento de Produto. Cinco deles eram especialistas, um para cada aplicação, que eram: materiais poliméricos, materiais metálicos, materiais têxteis, reciclagem e um outro, exclusivamente, com os mecanismos de fixação, sendo supervisionados por mais uma pessoa. Coube então a essa equipe de profissionais, a função de gerir as atividades voltadas para a reciclagem veicular, fazendo com que essa fosse assimilada no cotidiano operacional da montadora.

De forma a tornar mais claras essas restrições impostas pela diretiva ambiental 2000/53-EC, foram traçados quatro objetivos. Esses objetivos, assim como na Europa, serão implementados de acordo com os tempos limites impostos pela diretiva, e fazem parte do plano estratégico de adequação dos veículos da montadora frente à diretiva. De maneira abrangente abordam todos os aspectos impostos pela diretiva, como segue:

- (a) atingir 85% de reciclabilidade,
- (b) eliminar substâncias tóxicas,
- (c) obter 100% das peças plásticas identificadas e
- (d) aumentar o uso de material reciclado na composição de peças em geral.

Para que, cada um desses quatro objetivos, possa ser mais claramente compreendido será feita uma relação direta dos parágrafos da diretiva ambiental com cada um deles.

### **3.3 – Atingir 85% de reciclabilidade**

*“Artigo 7, Parágrafo 2: a partir de 1º de Janeiro de 2006, os veículos que fabricados ou comercializados nos países membros deverão ser no mínimo 85% recicláveis em peso...” (2000/53/EC)*

Atualmente não é muito difícil descobrir o percentual de reciclagem de um veículo. Sem que seja necessário lançar mão dos cálculos indicados pela norma ISO 20628, sabemos que, na grande maioria, os veículos são compostos de materiais metálicos e suas ligas. Uma vez que esse percentual hoje atinge cerca de 75% de sua composição, então é possível buscar 75% de reciclabilidade.

O grande desafio está em se esse vencer o *gap* que resta para atingir a meta de 85%, em função da utilização dos materiais poliméricos. Com as tecnologias existentes hoje no

mercado e com o grande incentivo à utilização de materiais poliméricos, percebemos que existe uma dificuldade para se tentar atingir este percentual reciclabilidade, pois uma vez que aumentamos o percentual de utilização desses, diminuimos indiretamente o índice de reciclabilidade dos veículos. Fazendo um comparativo da composição de um veículo dos anos 70 com a composição de um veículo dos dias atuais percebe-se que a utilização desses materiais aumentou muito. No início dos anos 70 os plásticos representavam apenas 5% do peso total do veículo e hoje representam cerca de 15% do peso final do veículo. Conforme se percebe, a utilização de materiais plásticos pode trazer uma grande diminuição do peso final do veículo, o que tenderá a diminuir o consumo de combustíveis e a tornar os veículos menos poluentes. Mas devemos considerar o veículo como um sistema complexo e analisar todo o seu ciclo de vida. Este pensamento foi adotado pelas equipes de desenvolvimento e planejamento de produtos nas indústrias automobilísticas.

*“Parágrafo 13 – Os objetivos de reciclagem, reuso, remanufaturabilidade e desmontabilidade dos veículos e de suas peças deverão estar integrados nas atividades de desenvolvimento de novos produtos” (2000/53/EC)*

Uma outra prática que também visa a aumentar o teor de reciclabilidade dos veículos é feita através de a adoção de meios de fixação que não sejam permanentes. É cada vez menor o uso de agentes de fixação permanentes, que impedem um futuro desmonte, sem que seja necessária a ruptura das partes envolvidas. Para isso, nos casos onde é tecnicamente viável, a fixação feita através de soldas e colas vem sendo substituídas por

parafusos e arrebites. Esses permitem um fácil acesso aos pontos de fixação das peças nos pontos de aplicação no automóvel, viabilizando assim sua desmontagem.

Outro indicador do índice de reciclabilidade do veículo, é a quantidade de material polimérico que se consegue retirar do automóvel num curto espaço de tempo. Esse processo é bastante simples e consiste em se mensurar a quantidade de peças que são retiradas no intervalo de tempo de 30 minutos. No caso estudado chegou-se a computar esse indicador de forma bastante conclusiva. Para a realização desse processo de desmontagem recorreu-se à ajuda de uma equipe que tem a desmontagem de veículos como sua missão. Essa equipe pertence também ao setor de desenvolvimento de produtos e leva o nome de *Tear Down*, que em português seria algo como, desmontagem até a última peça. Porém os objetivos dessa equipe nada têm a ver com os de reciclagem, pois quando essa desmonta um veículo está em busca de informações comparativas. Por exemplo, geralmente são desmontados veículos de mesma classe de mercado, porém de fabricantes diferentes, para que se possa comparar como são construídas as peças com os mesmos atributos. Assim busca-se aproveitar o que há de melhor em cada modelo fabricado pela concorrência.

Na Europa já foram realizados muitos estudos de desmontagem para se mensurar os percentuais de reciclabilidade e quantidade de material plástico que se consegue retirar num curto intervalo de tempo. Para podermos ter uma visão comparativa entre um veículo brasileiro e um europeu, foi selecionado um modelo que apresentasse as mesmas características e que tivesse um maior número de peças em comum com um modelo semelhante analisado na Europa.

Apesar da existência de um roteiro de desmontagem pré-estabelecido para os modelos da Europa, não era possível saber se esse mesmo roteiro seria adaptável ao modelo

brasileiro, uma vez que, entre outros fatores, poderia haver variações no número de pontos de fixação de algumas peças e até a inexistência de alguma delas.

Esse roteiro de desmontagem consistia na retirada dos pára choques, bancos, painel de instrumentos, acabamentos de porta, rodas, *dress up* do motor e finalizando, peças da parte inferior do veículo, lembrando que o objetivo não era o de retirar todas essas peças em 30 minutos, mas sim quantificar o quanto em peso se conseguia retirar de peças nesse intervalo de tempo. Para o modelo europeu já havia um estudo que apontava uma quantidade de cerca de **150 Kg**, e para o modelo brasileiro chegou-se a um valor inferior, algo próximo de **138 Kg**.

Buscando a resposta para essa diferença no total de peso retirado, uma vez que foram adotados as mesmas ferramentas e roteiros de desmontagem, viu-se que essa diferença acontecera em função dos tipos de uniões e de juntas que são usadas nos veículos estudados. Os veículos eram parecidos, porém não idênticos e algumas peças como o painel, o pára-choque e, até mesmo, a canopla que é usada para revestimento da caixa de marcha possuíam fixações diferentes. Isso gerou um impacto negativo na hora de se fazer a retirada dessas peças. Apesar de esse estudo ter sido feito com a ajuda da equipe de *Tear Down*, a inexperiência em uma operação de desmontagem com um roteiro pré-definido pode também ser apontada como causa para essa diferença na quantidade final de peças que foram retiradas.

### **3.4 - Eliminar substâncias tóxicas**

**Parágrafo 11** – *“É muito importante que sejam tomadas medidas preventivas com relação ao uso de metais pesados, dessa forma a eliminação do seu uso deverá ser incorporada à atividade de desenvolvimento de novos veículos. Ficando assim proibido o uso de Chumbo, Mercúrio, Cádmio e Cromo Hexavalente, em aplicações automotivas, salvo em algumas aplicações “(2000/53/EC)*

Conforme explicitado acima, a eliminação de substâncias restritas é um tema bastante delicado que demandará uma enorme quantidade de recursos e esforços. Primeiramente serão definidas como substâncias restritas, aquelas que apresentam algum potencial carcinogênico ou qualquer outro tipo característica agressiva ao ser humano e ao meio ambiente. Dessa forma materiais como Zinco, PVC, Manganês etc passam a ter sua aplicação restringida a certos percentuais. E de forma mais rigorosa com certos metais, os fabricantes deverão restringir o uso de substâncias como o Chumbo, Mercúrio, Cromo Hexavalente e Cádmio, além da limitação do uso do PVC.

O Chumbo (Pb), é um dos metais pesados que despertaram maiores esforços para sua substituição. Assim como os outros metais pesados, esse material apresenta-se como um agente carcinogênico, principalmente nas fases de fabricação e de destinação final, sendo altamente danoso ao ser humano e ao meio ambiente. Sua aplicação nos veículos mostra-se presente nas baterias, nos contra-pesos de rodas, em algumas tintas e em ligas de aço e de alumínio. Para essas aplicações o seu uso não foi alvo de restrições. É feito um importante controle com relação à coleta das baterias usadas, onde os fabricantes das mesmas são obrigados a disponibilizar pontos de coleta sem que haja nenhum custo para

os consumidores. Com relação à aplicação em contra-pesos de rodas, existe uma proposta, ainda em estudo, de eliminação dessa substância para esse tipo de aplicação. Para isso seria empregada uma liga contendo aço e uma porção de alumínio. Para outras aplicações seu uso fica limitado a 0,001% do peso da peça final onde esse será empregado. Essa restrição é válida para algumas ligas de aço e alumínio que trazem o Chumbo como elemento reforçante. Salvo essas exceções, todo e qualquer tipo de aplicação fica proibida sendo necessária a elaboração, por parte do fornecedor, de um plano de ação que tenha como objetivo a substituição desse metal por um outro inerte.

Na utilização do Mercúrio assim como do Cádmiio, que tem sua aplicação em pré-tratamentos de pintura e em componentes eletrônicos, fica proibida toda forma e qualquer tipo de aplicação que exceda os mesmos 0,001% do peso da peça final. Para as aplicações onde esse percentual seja extrapolado, será necessária a elaboração, por parte do fornecedor, de um plano de ação que tenha como objetivo a substituição desse metal por um outro inerte.

O ponto de maior polêmica e atenção está relacionado com o uso do Cromo Hexavalente ( $\text{Cr}+6$ ) sendo considerado o metal de maior impacto na utilização automobilística, uma vez que é largamente empregado nos tratamentos superficiais de todo tipo dos meios de fixação. Ou seja, usa-se Cromo Hexavalente, nas pinturas das superfícies da maioria dos parafusos, porcas, arruelas e qualquer outro tipo de peça que seja usada como meio de fixação. Todos os conjuntos do veículo são afetados, quando se decide eliminar esse metal pesado. O risco ao meio ambiente e ao ser humano se apresenta nas fases de produção e destinação final. Porém sua alta aplicabilidade nos veículos é devido ao seu excelente desempenho em resistir às ações de intempéries

causadoras de corrosão. Aliado a isso, temos uma outra importante justificativa que é o seu baixo custo. Devido a essa complexidade, que envolve sua substituição, o prazo estabelecido pela diretiva ambiental, 1º de Janeiro de 2003, foi alterado para que soluções mais adequadas sejam alcançadas. Uma vez que as soluções de substituição desse tratamento superficial à base de Cr+6, são mais custosas e de difícil operacionalização, pois, uma vez alterados os acabamentos superficiais de um agente de fixação (porca ou parafuso) necessita-se validar um novo torque de aperto para cada uma das aplicações, pois se alterou o atrito entre as partes envolvidas. E, além disso, o mercado de mecanismos de fixação para a indústria automobilística é atualmente dominado por poucos fornecedores e esses se mostram bastante receosos com proibição desse material. Pois, além de causarem impacto nos custos das peças, demandam investimentos em novos ferramentais. E a capacidade de adaptação a esse novo cenário será decisiva para a permanência no mercado de algumas dessas empresas.

#### **3.4.1 – O controle do emprego de substâncias restritas**

*“Artigo 8, Parágrafo 2 –Países membros deverão requisitar aos fabricantes que esses disponibilizem informações a respeito do teor de reciclabilidade assim como do conteúdo entrante de substâncias na composição dos veículos.”(2000/53/EC)*

Conforme preconizado em lei, os fabricantes deverão disponibilizar, para seus consumidores, informações sobre a composição de cada peça que é utilizada na fabricação

de um veículo, assim como informações sobre o percentual de material restrito usado na sua fabricação.

Vale lembrar que estamos falando de informações sobre a aplicação de substâncias restritas em um automóvel que possui em média cerca de 30 mil componentes. E que essas informações deverão ser disponibilizadas com os materiais e suas substâncias empregadas na fabricação, contendo os valores de peso (em gramas) para cada uma delas. Dessa forma, os maiores fabricantes de veículos do mundo se uniram e criaram um banco de dados. Esse banco de dados é conhecido como IMDS - Sistema Internacional de Dados de Materiais (*IMDS-International Material Data System*) é um sistema desenvolvido por diversas empresas do setor automobilístico (Audi, BMW, Daimler Chrysler, Fiat, Ford, Opel, Porsche, VW e Volvo) para a coleta de dados, referente ao uso de substâncias e materiais de uso restritos em seus produtos. Nesse grande banco de dados as montadoras impoem condicionadamente aos seus fornecedores que sejam disponibilizadas as informações relativas à composição de cada peça ou conjunto que lhes é fornecido. Parte-se primeiro das peças e depois para os materiais que entram na sua composição. Depois de identificados seus materiais, são cadastradas as substâncias que entram na composição de cada uma delas. A seguir, na figura 9 é apresentada uma estrutura de entrada de dados para um conjunto de peças. É dessa forma que todas as peças e componentes deverão ser cadastradas na base de dados IMDS. Uma vez que todas as peças já se encontram no IMDS, é possível detectar onde estão sendo empregadas as chamadas substâncias restritas e traçar um plano para eliminá-las da composição do automóvel. Vale lembrar que esse banco de dados é

comum a várias montadoras, e cada uma delas estabeleceu ou estabelecerá planos internos para eliminação dessas substâncias.

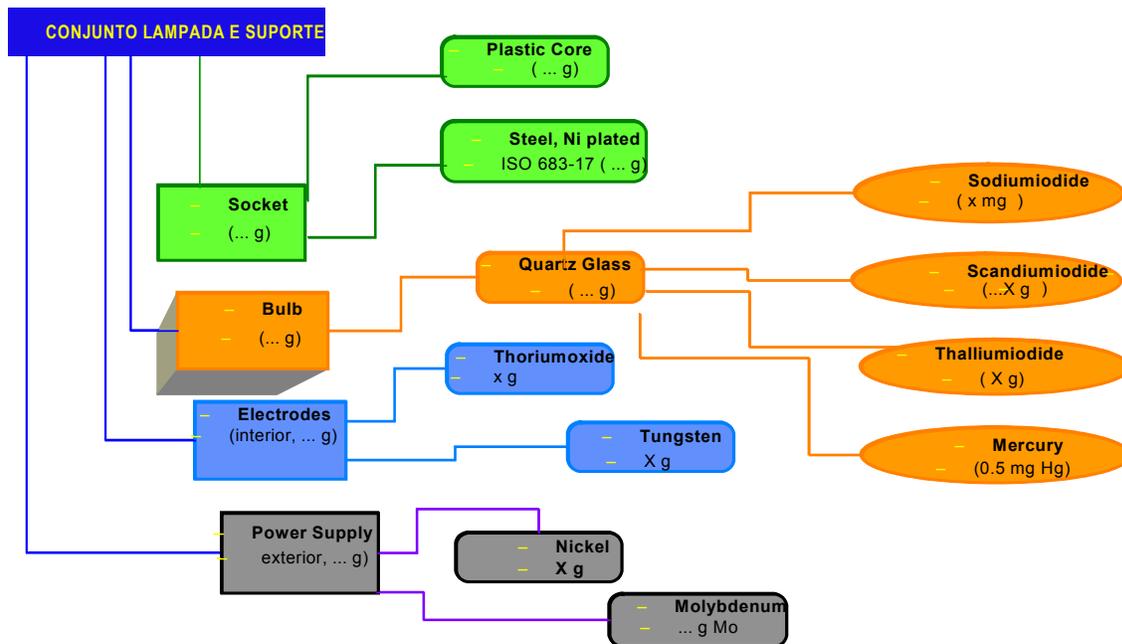


Figura 9 - Estrutura Árvore de Componentes e Sub-componentes. Adaptação IMDS.

Porém, exigir que cada fornecedor cadastre suas peças nessa base de dados, não é tarefa das mais simples, uma vez que uma única peça pode ser composta de partes fornecidas por diversos outros fabricantes, o que acarretará em um trabalho extra para o fornecedor que está em contato direto com a montadora, os chamados “*tier 1*”, pois uma vez que a montadora exija dos seus fornecedores “*tier 1*”, o cadastro de 100% de suas peças no IMDS, aqueles fornecedores que não detiverem em seus processos de fabricação a totalidade das peças fornecidas à montadora, também exigirão dos seus fornecedores que essas estejam cadastradas. Esse efeito é comparado ao efeito dominó, e

dessa forma toda a cadeia de suprimentos estará envolvida no processo de eliminação do uso de substâncias restritas.

É importante destacar-se que a base de dados é comum a várias montadoras, assim se uma mesma peça é fornecida a mais de uma montadora não necessitará ser cadastrada duas vezes, o que reduz bastante o trabalho dos fornecedores e o cadastro serve apenas como uma valiosa base de dados, não cabendo ao IMDS, a recusa de uma peça ou fornecedor em virtude da presença de substâncias restritas acima do permitido. Caberá a cada uma das montadoras, integrante da base de dados, que, individualmente, criem mecanismos capazes de compilar esses dados. E que possibilitem identificar em cada projeto os pontos carentes de intervenção.

Esse trabalho de cadastramento de peças na base de dados IMDS, é uma atividade pioneira desenvolvida pela montadora em estudo em nível nacional, logo não é de se estranhar que existam dificuldades inerentes ao pioneirismo de tal atividade. Uma das grandes barreiras encontradas na implantação desse sistema foi, sem dúvidas, o trabalho de treinamento e capacitação dos fornecedores para fazer o cadastro de suas peças e assim alimentar o banco de dados. Ao terminarmos o estudo, um percentual não muito significativo de fornecedores havia realizado o cadastro de suas respectivas peças.

### **3.5 – Marcação de 100% das peças Poliméricas (como alocar as atualizações)**

*Artigo 8, parágrafo 1 - “ ... os fabricantes deverão adotar códigos de identificação nas peças e nos materiais que se destinem a reutilização e reciclagem ... “*

Em um processo de separação de peças/ materiais a forma de se alcançar uma melhor eficiência é através da velocidade com qual se consegue identificar os diferentes tipos de materiais que se encontram juntos. Pensando nesse sentido a diretiva ambiental 2000/53/EC, estabelece que as peças destinadas a reuso e reciclagem deverão ser identificadas com o código dos seus materiais. Porém não há uma especificação de quais materiais e peças deverão ser identificados. Assim, como outros fabricantes, essa montadora em estudo traça como objetivo alcançar a totalidade de peças plásticas identificadas. Dentre todas essas peças plásticas, é feita uma classificação por peso, sendo desnecessária a marcação em peças poliméricas que contenham menos de 25 gramas. A partir dessa faixa de peso, todas as peças deverão trazer uma identificação do polímero que entra na sua composição.

Essa identificação deverá ser padronizada entre todos os fabricantes, de modo a facilitar sua compreensão em um processo de desmontagem futura. Essa padronização estabelece que a abreviação do nome comercial do polímero deverá ser marcada em uma das superfícies da peça, não sendo essa a que fica exposta ao consumidor. Essa identificação deverá ser precedida de sinais de maior e menor, como neste exemplo;

>PP< ; >PVC<

No exemplo da montadora que acompanhamos não se conseguiu mensurar o percentual de peças poliméricas que apresentavam identificação nos veículos nacionais. Porém tivemos acesso a informações relativas a alguns modelos comercializados na Europa, e constatamos que ainda não existe uma totalidade de peças poliméricas identificadas. O que demonstra que existe dificuldade em se conseguir realizar um trabalho junto aos fornecedores dessas peças. Seja pelo modo como essas foram

fabricadas, com moldes que não permitam alterações sem grandes intervenções ou mesmo por insucessos comerciais relacionados à questão dos custos da alteração dessas peças. Mesmo nos veículos onde esse percentual apresentou-se baixo ou praticamente inexistente, será necessária a realização de um trabalho adicional para alcançar a totalidade de peças identificadas, pois a norma que trata dos veículos em final de vida estabelece que cabe aos fabricantes providenciar meios de informação sobre o conteúdo de cada peça, sendo essas poliméricas ou não. Essas informações deverão ser disponibilizadas em até seis meses após o lançamento de cada modelo. Deverão também ser providas informações a respeito dos processos de desmontagem e meios de fixação. Dessa forma, os fabricantes mais uma vez se uniram e foi criado um grande banco de informações a respeito de cada um dos seus modelos. Esse banco de dados é chamado de IDIS – (International Disassembly Information System) e disponibiliza informações através de um CD-ROM distribuído gratuitamente para todos aqueles que demonstrarem interesse sobre o assunto. Nesse CD\_ROM estão informações sobre os materiais de todas as peças de um veículo, assim como informações sobre os meios de fixação e ferramentas necessárias para a desmontagem dessas peças. Ainda não foi possível identificar-se nesse banco de dados, veículos nacionais, mas espera-se que para a próxima versão a ser lançada haverá a inclusão de alguns modelos aqui fabricados e que são exportados para mercados consumidores onde já está em vigor essa diretiva. A figura 3.2 mostra como são disponibilizadas essas informações, que são divididas por fabricantes e seus modelos.

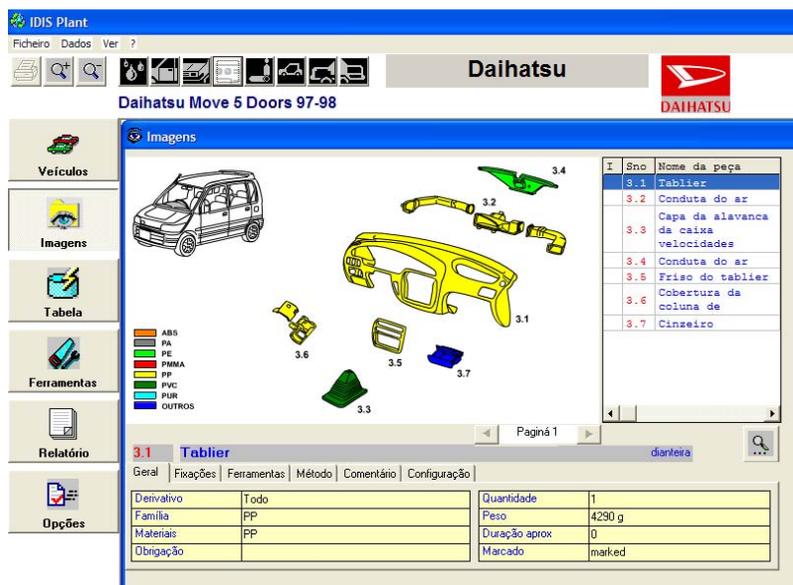


Figura 10 – Exemplo de veículo cadastrado no IDIS. Adaptado de IDIS.

Observa-se que através dos relatórios para cada veículo, são colhidas informações relativas ao tipo de material que compõe cada peça, a ferramenta que é necessária para sua remoção, o número de parafusos usados na fixação de cada peça etc. Com essas informações é possível prever o tempo de desmontagem que será necessário para realização da desmontagem de um determinado veículo, identificar e segregar os diferentes tipos de materiais poliméricos e, assim, buscar um aprimoramento do processo de reciclagem dos ELV's.

### **3.6 - Aumentar o uso de material reciclado na composição dos veículos**

Artigo 4, Parágrafo 1C- *“Os produtores de veículos deverão desenvolver programas que estimulem a incorporação de material reciclado, e outros materiais para estimular o desenvolvimento do mercado de material reciclado ....”* (2000/53/EC)

No parágrafo acima, transcrito da norma de tratamento dos veículos em final de vida, vê-se que, tanto o uso de materiais renováveis, quanto o de matérias reciclados deverá ser estimulado. Conforme definimos no Capítulo 2, um material para ser considerado renovável deverá ter sua origem a partir de alguma planta, animal ou bactéria. É importante distinguir-se o termo renovável do termo reciclável, uma vez que esses costumam ser confundidos, pois, involuntariamente, associamos a reciclagem à idéia de preservação de recursos. E ainda, um material mesmo tendo como origem uma fonte renovável pode ainda não ser considerável sustentável, como é o caso das madeiras de lei que se encontram em extinção. Dessa forma, é importante que se preste atenção à denominação dos materiais sustentáveis. De maneira correta muitas fibras naturais são classificadas como materiais sustentáveis, como o caso das fibras de sisal, coco, juta etc. Para que possamos efetivar a substituição de um material sintético por um de origem renovável, faz-se necessário a análise de alguns pontos, que se mostram decisivos para a realização dessa substituição, como segue:

- O material dito renovável não deverá, de maneira alguma, acrescentar peso ao veículo. Ou seja, no caso de possível aplicação de uma fibra natural, essa deverá apresentar peso igual ou inferior ao do material original que se pretende substituir.

- Não deverá comprometer a qualidade do ar no interior da cabine. Uma vez que, para garantir a longevidade de algumas fibras naturais são utilizados pesticidas, substâncias essas que, muitas das vezes, exalam um odor desagradável que compromete a qualidade do ar e também o descaracteriza.

- Um ponto bastante importante relacionado com a aplicação de fibras naturais, é a questão dos percentuais de reciclabilidade do veículo. Pois a aplicação desse tipo de

material muitas das vezes demanda a associação de um material sintético. Por exemplo, a aplicação da fibra de coco em encostos e assentos junto com Poliuretano, o que inviabiliza a reciclagem desse novo composto, à vista das tecnologias hoje disponíveis.

Podemos, então, criar uma divisão baseada na reciclabilidade dos materiais e das tecnologias disponíveis:

**Atualmente Recicláveis:** são os materiais hoje reciclados, uma vez que estão disponíveis tecnologias e existe mercado para consumo desses materiais: metais em geral (ferrosos ou não ferrosos), baterias e fluidos em geral.

**Potencial para Serem Reciclados:** materiais para os quais já existe tecnologia de reciclagem disponível, porém não é praticada: vidros (excluindo-se vidros de pára-brisa), alguns termoplásticos (os que são retirados em até 30 minutos).

**Potencial para Reaproveitamento:** materiais para os quais não está disponível tecnologia de reciclagem ou outra forma de reaproveitamento: alguns termoplásticos (aqueles que demandam mais de 30 minutos para serem retirados), plásticos incompatíveis, plásticos termorrígidos e borrachas.

**Material Destinado aos Aterros Sanitários:** materiais que não apresentam justificativa para sua separação e são descartados nos aterros como lixo: todos os não citados anteriormente.

### **3.6.1 – Implementação de materiais reciclados em peças automotivas**

Durante o acompanhamento junto à montadora em questão, tivemos acesso a pesquisas relacionados à implementação de um programa de uso de materiais reciclados em

novos veículos. Tratava-se do uso de materiais reciclados pós-consumo –PCR (conforme definimos no capítulo 2, os materiais reciclados são divididos entre os PCR e PIR) mais precisamente poliamida (PA) no coletor de admissão dos motores aplicados em um veículo sedam líder de mercado na Europa, primeiramente desenvolvido para aplicação exclusiva na Europa e não tendo ainda data de aplicação em veículos comercializados pela montadora em questão aqui no Brasil. Estudos de eficiência termodinâmica demonstraram que era necessário desenvolver melhorias nessa peça. O coletor de admissão utilizado nos motores tipo ciclo Otto, desempenha duas funções; a de recepção do ar atmosférico e posteriormente a mistura do ar com o combustível (álcool ou gasolina) para que esses sejam admitidos na câmara de combustão. Estudos de eficiência e rendimento realizados nesse motor constataram, porém, perdas no fluxo de passagem do ar devido a elevadas temperaturas no interior dessa peça, aliado a imperfeições superficiais nas paredes internas dessa peça. A potencial causa para esse problema estava no material aplicado para sua fabricação, o alumínio. Dessa forma, decidiu-se pela troca do alumínio, por um polímero que garantisse um melhor desempenho da peça, ou seja, que melhorasse o fluxo de ar e não transmitisse calor para a mistura (ar + combustível).

Escolher o melhor polímero que se adequasse a essa aplicação seria determinante para o sucesso dessa modificação de material. Inicialmente foram sugeridos outros polímeros, como o ABS e até mesmos o PVC, porém esses não se mostraram capazes de atender aos atributos técnicos demandados pela peça em questão. Durante as fases iniciais de desenvolvimento, foram realizadas simulações aerodinâmicas do fluxo de ar no interior do novo coletor assim como a elaboração de estudos sobre o gradiente de temperatura que estaria sendo gerada no interior dessa peça. Partiu-se então para a

escolha da poliamida -PA, comumente conhecida como “*nylon*”, reforçada com fibra de vidro (PA-GF). A outra etapa do processo de desenvolvimento foi a escolha do processo de fabricação dessa nova peça, que devido às condições elevadas de temperatura, foi escolhido o processo por injeção.

A escolha desse processo de fabricação teve relação direta com a necessidade de utilização de material reciclado. Para que fossem garantidas as propriedades físicas e mecânicas, tanto da matéria prima quanto da peça final, adotou-se um limite máximo de 15 % de poliamida reciclada.

Uma vez escolhido o material, o processo e o percentual de utilização de material reciclado que seriam utilizados, necessitava-se conhecer a viabilidade ou não, do ponto de vista ambiental, da aplicação dessa matéria prima virgem associada com material reciclado. Dessa forma era necessário que fosse feito um estudo de análise do ciclo de vida dos materiais em questão. Escolheu-se uma empresa externa para a realização de um estudo comparativo entre os três tipos de material envolvidos nesse projeto, que eram o Alumínio, a PA virgem e a PA adicionada de 15%. Os resultados finais da análise do ciclo de vida apontam que no processo de fabricação da peça com Al, que pesa cerca de 2,5 Kg, são gerados cerca de 178 Kg de CO<sub>2</sub>. Para a peça feita unicamente com poliamida, e pesando agora cerca de 1,6 Kg, são gerados cerca de 99 Kg de CO<sub>2</sub> e para que fosse fabricada a peça contendo material reciclado, com o mesmo peso, a emissão foi de apenas 96 Kg de CO<sub>2</sub>.

Assim, percebe-se que existem ganhos significativos, não só pela redução da quantidade de CO<sub>2</sub> emitido na fabricação de uma nova peça, quando é feito uso de material reciclado, mas também quando se está reduzindo a quantidade de material que é

descartada em forma de resíduo para os aterros sanitários. E mais, com o uso de material polimérico, observa-se uma redução do peso final dessa peça, o que contribui, segundo SCHMIDT (2004), para uma redução de aproximadamente 1000 Kg de CO<sub>2</sub> na quantidade total desse gás que é emitido ao longo da vida útil de um veículo como esse sedam. Outros exemplos de aplicação de material reciclado pós-consumo – PCR, em peças que compõem os veículos dessa montadora podem ser percebido em outros modelos europeus em que embalagens de bebidas feitas em alumínio são transformadas em componentes e as partes plásticas que compõem a carcaça das baterias, ao invés de serem descartadas, são recicladas viram componentes do painel de instrumentos. Um outro grande projeto é o que busca reciclar carpetes de uso doméstico que são descartados anualmente por várias famílias dos países europeus. Através da recuperação desse material, peças como hélices de ventiladores, dutos de ar condicionado e alguns porta-pacotes estão sendo fabricados com o uso, em parte, de carpete reciclado.

## **Capítulo 4 - Conclusão**

Ao ser iniciado o acompanhamento das atividades de desenvolvimento de produtos da montadora tomada como exemplo neste trabalho, estava-se em busca de respostas a duas perguntas sobre o desenvolvimento de novos produtos voltados para a reciclagem. Em primeiro lugar, como as diretivas ambientais estavam sendo incorporadas nas atividades de desenvolvimento de novos projetos, e, posteriormente, por que uma montadora instalada no Brasil buscaria adequar seus produtos com os princípios estabelecidos pela diretiva de veículos em final de vida útil (2000/53/EC).

A resposta à primeira das perguntas foi obtida através dos exemplos mostrados ao longo do capítulo 3, no qual verificamos que as prerrogativas dessa norma são incorporadas ao desenvolvimento de novos projetos através de diferentes perspectivas. Percebe-se que a adequação a esse novo cenário não foi e nem será uma atividade simples, uma vez que é exigido um grande esforço para realização da incorporação desses novos conceitos. Também foi constatado que a questão relacionada aos custos dessas modificações e das atribuições de responsabilidades representa um sério entrave ao sucesso dessa atividade.

Há uma orientação no sentido de realizar as adequações com o menor custo possível. Entre esses custos, existem os relacionados às adequações das peças e produtos às novas regulamentações de uso de substâncias e aqueles relativos às negociações junto aos fornecedores para que os outros pontos da norma sejam atendidos. Há também custos relacionados à destinação final dos ELV's. Uma vez que se estabeleceu a obrigatoriedade de retorno dos veículos para seus fabricantes, se impôs que esses fabricantes arcassem com todas as despesas, tanto de recepção como de transporte, até os locais onde esse veículo será desmontado, assim como da posterior destinação final dos resíduos. E esse custo não

pode ser desprezado. Em um levantamento feito nos carros que estão sendo projetados hoje nessa montadora, os custos por unidade são da ordem de 90 Euros por veículo. Para aqueles fabricados em data anterior a esse estudo, não se conseguiu apontar um valor que representasse os custos de descarte.

Porém, existe um trabalho que vem sendo desenvolvido junto à rede de desmontadores e trituradores de veículos instaladas na Europa que visa estabelecer parcerias para a amortização desses custos. Essa parceria visa, principalmente, a reduzir os custos operacionais das montadoras. Essas ficariam com todas as responsabilidades de coleta e envio dos ELV's para os locais onde esses seriam descartados. E os desmontadores/ trituradores arcariam com as responsabilidades de destinação final e descarte desses ELV's. Em nossa opinião, essa poderá ser uma saída para a resolução da diminuição dos custos. Mas os desenvolvedores de novos produtos devem propor soluções de menor impacto ambiental, tanto de uso quanto de descarte dos novos veículos, pois como foi apontado ao longo deste trabalho, não adiantará continuar enxergando o veículo como uma peça isolada. Deve-se seguir uma linha de raciocínio que aborde as questões ambientais na fase de planejamento e desenvolvimento dos veículos, buscando o seu desenvolvimento sustentável.

Assim, segundo SCHMIDT (2004) a busca do desenvolvimento sustentável tem seu alicerce em três indicadores, que conjugam fatores econômicos, ambientais e sociais. Já OLIVEIRA (2000) cita uma definição da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA- Environment Protection Agency), na qual o desenvolvimento voltado para o meio ambiente envolve basicamente duas metas genéricas, que são a prevenção do lixo, e o melhor controle do consumo de materiais. Foi decidido, neste estudo, rever essas duas citações,

pois, em nossa opinião, as iniciativas voltadas para o desenvolvimento sustentável são mais abrangentes e devem contemplar, de modo integrado, três grandes fatores - econômicos, técnicos, e os de sustentabilidade ambiental. Ou seja, para um novo material com o qual se pretende substituir um outro que já venha sendo utilizado, em produtos em fabricação em série, os seguintes critérios devem ser atendidos:

**O novo material deve ser economicamente mais vantajoso.** Os novos materiais substitutos a algum outro já em utilização nos veículos, deverão apresentar menores custos de fabricação, manufatura, processabilidade e reciclabilidade. A viabilidade econômica da inclusão de um novo material em processos industriais que atenda aos requisitos técnicos e que seja ecologicamente sustentável deve contemplar o ônus de investimentos em novos ferramentais de produção, modificações de instalações e treinamento de mão de obra associada à nova matéria-prima. Altera-se também sua matriz de suprimentos, pois em alguns casos, a oferta desse novo material pode ficar restrita a alguns poucos fornecedores, que irão forçar a cotação de preço desse novo material para valores maiores do que os das chamados *commodities*, além de uma possível falta de capacidade em atender as grandes demandas da indústria automobilística. Em suma, o novo material deverá apresentar vantagens econômicas em relação aos já utilizados, largamente, em escala industrial.

**O novo material deve possuir características técnicas iguais ou superiores ao do substituído.** Essa característica tem um aspecto fundamental, quase até excludente, na aplicação de um novo material. É importante partir-se do princípio de que qualquer iniciativa de substituição de algum material deverá trazer consigo os mesmos atributos técnicos ou de qualidade superior aos do material original. E mais, sendo o novo material

capaz de atender a esses atributos, ele não deverá apresentar nenhuma outra desvantagem, como uma alteração significativa do peso final da peça, impactando não só no peso final do veículo, mas também causando alterações no formato da peça. O novo material também não pode ocasionar nenhuma perda de performance.

**O novo material deverá apresentar sustentabilidade ambiental.** Esse aspecto é merecedor de total atenção, pois uma vez já atendidos aos aspectos econômicos e técnicos, é possível que as questões relacionadas à sustentabilidade desse novo material sejam postas de lado ou até mesmo desprezadas. Deve-se pesar o impacto do novo material ao longo do ciclo de vida do produto final, quantificando a sua demanda de energia nas fases de extração, beneficiamento, produção, distribuição, consumo, e reciclabilidade. Entre as questões relacionadas à reciclabilidade, seria um erro cogitar a idéia de adotar um material que será mais barato, mais leve e de fácil processabilidade que o original, mas, que ao final da vida útil do veículo novo, será tratado como um resíduo sem possibilidades de reciclagem, penalizando os objetivos de reciclabilidade impostos pela diretiva de veículos em final de vida (2000/53/EC).

Portanto, ao exercer-se uma atividade de desenvolvimento de um novo veículo concluiu-se que a fase de escolha de materiais não deverá conjugar isoladamente cada um dos aspectos supracitados. Deverão ser considerados de mesma forma e importância os três aspectos relacionados à sustentabilidade. É importante lembrar que o veículo passará a ser concebido de modo sistêmico, ou seja, nenhum componente ou peça deverá ser avaliado pontualmente, e sim de forma global.

Com relação à resposta para a segunda indagação levantada no início do capítulo, onde era questionado o motivo para uma montadora instalada no Brasil buscar desenvolver seus novos produtos de maneira alinhada com os princípios da diretiva ambiental de veículos em final de vida (2000/53/EC) da União Européia, pode-se dizer que a resposta esteja relacionada muito mais com as questões comerciais do que com as ambientais. Alguns dos produtos fabricados no Brasil por essa montadora são exportados para diversos países e que, entre esses, estão incluídos os países membros Comunidade Européia. E caso esses produtos não estejam em conformidade com a diretiva de veículos em final de vida (2000/53/EC), sua comercialização dentro desses países estará comprometido.

Essas adaptações vêm sendo adotadas no produto como um todo. Porém, como foi constatado, está sendo dado maior enfoque à questão da eliminação do Cromo Hexavalente, uma das substâncias de uso restrito aplicado nos *fastners* - parafusos, porcas e arruelas. E em especial sua aplicação nos motores aqui produzidos, pois esses são compostos, basicamente, de ligas metálicas, ferrosas ou não, e emprega-se um grande número de *fastners*. Um fator determinante desse enfoque dado aos motores é que grande parte dessa produção feita em uma das unidades dessa montadora é destinada ao mercado europeu. Assim, caso exista a presença de algumas das substâncias restritas proibidas, como Chumbo, Mercúrio, Cádmiio e Cromo, a comercialização desse produto estará seriamente comprometida. Logo se vê que, se por um lado são enfatizadas as questões ambientais, por outro são levadas muito mais à sério as questões comerciais. Acreditamos que é necessário encontrar-se um ponto de equilíbrio entre as atividades antrópicas e a preservação dos recursos naturais, em sua visão mais ampla. Assim, estimular o desenvolvimento

sustentável de automóveis passará a ser uma questão de sobrevivência para todos os envolvidos nesse grande negócio que é a indústria automobilística.

É sugerido como possível desdobramento para este trabalho um estudo mais aprimorado dos problemas relacionados aos custos de processamento dos veículos em final de vida e de seus resíduos. Através de um levantamento junto aos recicladores de veículos que já estão em operação, podem ser avaliadas as técnicas de desmontagem veicular e de aproveitamento de materiais e dessa forma buscar um melhor desempenho nos novos projetos automobilísticos.

## Referências Bibliográficas

ABREU, E, 1994, *Uma análise crítica do conceito de obsolescência planejada*. Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

BAXTER, M., 1998, *Projeto de Produto, Guia Prático para o design de novos produtos*. 2 ed. São Paulo, Edgard Blücher.

BELLMANN, K., KHARE, U., A., 2000 “ Economic issues in recycling end-of-life vehicles ”, *Technovation* v 20, (Dec), pp. 677-690.

BIRAT, J., P.GUÉRIN, V., 2004, “*Ecodesign of Automobiles based on the environmental properties of body materials*”. Automotive Engineering Association, 01-0050, Detroit, Michigan, USA, 8-11 March.

CHEHEBE, J. R. ,2002, *Análise do Ciclo de Vida de Produtos: uma ferramenta gerencial da ISO 14000*. 2 ed. Rio de Janeiro, Quality Mark.

DURANCEAU, C., WINSLOW, G.,R., 2004 “*Screening study to evaluate shredder residue materials*”. Automotive Engineering Association, 01-0468, Detroit, Michigan, USA, 8-11 March.

EDWARDS, K.L.(2003); “Strategic substitution of new material for old: Application in automotive product development” ; *Material & Design*, v. 40 (June), pp. 202-215.

FANG, Y., ZHAN, M., WANG, Y., 2001 “ *The status of recycling of waste rubber*”, *Materials & Design*, v.22 (Oct), pp.123-127.

FORD, H., 1922, *My life and work*. 1 ed. Nova York, Garden City Publishing Co.

FRANÇA, A., M., 1999, *A reciclagem de plásticos provenientes de peças descartadas de automóveis*, Tese de M. Sc., IMA /UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

GIUCCI, G., 2004, *A vida cultural do automóvel, percursos da modernidade cinética*. 1ªed., Civilização Brasileira Rio de Janeiro.

HARTMAN, H., 2000, “Increased Re-used of components form ELV’s , a sign of consumer and environmental care”. *Automotive Engineering Association*, 01-1513, Detroit, Michigan, USA, 8-11 May.

KIPERSTOK, A.,2000, “Tendências Ambientais do setor automotivo: prevenção da poluição e oportunidades de negócio”, *Revista Nexos Econômicos*, v.2 – n.1 (março), pp 123-145.

LAWRENCE, P., R., 1998, “Design for the Environment (DFE) Process and Training at Ford Motor Company”. *Automotive Engineering Association*, 98-2204, Detroit, Michigan, USA, 3-6 April.

MAGNANI, M., 2000, “Finding a balance between dismantling and shredding process” *Automotive Engineering Association*, 01-2803, Detroit, Michigan, USA, 8-11 May.

MANZINI, E., VEZZOLI, C., 2002, *O desenvolvimento de produtos sustentáveis*. 1 ed. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo.

MEDINA, H. V. de.,2003 “Eco-Design na Indústria Automobilística: O conceito do carro urbano”. In: *Anais do Congresso Internacional em Design*, Rio de Janeiro, Ag..

MEDINA, H. V. de., 2001, “A gestão de projetos na indústria automobilística: uma organização integrada para a inovação contínua”. In : *Simpósio de Gestão e Inovação Tecnológica*, São Paulo, Novembro.

MEDINA, H. V. de, GOMES, D. E. B. 2002, “A indústria automobilística projetando para a reciclagem”. In: *Anais do 5º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design*, Brasília, Out.

MEDINA, H. V. de; NAVEIRO, R. M., 2000 “*A gestão Integrada do Projeto de veículos automotivos: Estudo de Caso sobre o Novo Clio da Renault*” *Revista Produto & Produção*, v. 4 (Out) ,Nº 3,

MILDENBERGER, U., KHARE, U., A., 1999 “*Planning for environment-friendly car*”, *Technovation*, v. 20, (June), pp. 205-214.

OLIVEIRA, A. de O., 2000, *Eco-design e remanufatura: algumas contribuições para o projeto de produtos eco – eficientes*. Tese de D.Sc., COPPE/ UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

SCHMIDT, W.,P., 2004 “*Screening study to evaluate shredder residue materials*” Automotive Engineering Association, 01-0468, Detroit, Michigan, USA, 8-11 March.

SCHMIDT, W.,P., 2000, “*Sustainable Materials in Automotive Applications*” Automotive Engineering Association 01-0454, Detroit, Michigan, USA, 7-11 May.

STEINHILPER, R (2000).; European Union Environmental Initiatives; [www.lup.uni-bayreuth.de](http://www.lup.uni-bayreuth.de)

TAM, K., L., JEKEL, L., J., “*Separation and Liberation factors in Designing for Automotive Materials Recovery*”, Automotive Engineering Association 01-0471, Detroit, Michigan, USA, 8-11 March 2004

UNECE – <http://www.unece.org/env/SustainableDevelopment/welcome.htm>

IDIS – <http://www.idis.com>

IMDS – <http://www.mdsystem.com/index.jsp>

ANFAVEA - [http://www.anfavea.com.br/Anuario2005/Cap04\\_2005.pdf](http://www.anfavea.com.br/Anuario2005/Cap04_2005.pdf)

# TEXTO consolidado

produzido pelo sistema **CONSLEG**

do Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias

---

CONSLEG: 2000L0053 — 01/01/2003

*Número de páginas: 16*

---



Este documento constitui um instrumento de documentação e não vincula as instituições

► **B**                    **DIRECTIVA 2000/53/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO**  
   **de 18 de Setembro de 2000**  
   **relativa aos veículos em fim de vida**  
   (JO L 269 de 21.10.2000, p. 34)

Alterada por:

	Jornal Oficial		
	n.º	página	data
► <b><u>M1</u></b> Decisão 2002/525/CE da Comissão de 27 de Junho de 2002	L 170	81	29.6.2002



**DIRECTIVA 2000/53/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO  
CONSELHO**

**de 18 de Setembro de 2000**

**relativa aos veículos em fim de vida**

O PARLAMENTO EUROPEU E O CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA,

Tendo em conta o Tratado que institui a Comunidade Europeia e, nomeadamente, o n.º 1 do seu artigo 175.º,

Tendo em conta a proposta da Comissão <sup>(1)</sup>,

Tendo em conta o parecer do Comité Económico e Social <sup>(2)</sup>,

Após consulta do Comité das Regiões,

Deliberando nos termos do artigo 251.º do Tratado, em função do projecto comum aprovado pelo Comité de Conciliação em 23 de Maio de 2000 <sup>(3)</sup>,

Considerando o seguinte:

- (1) As diferentes medidas nacionais relativas aos veículos em fim de vida devem ser harmonizadas, em primeiro lugar, para minimizar o impacto ambiental negativo daqueles veículos, contribuindo assim para a protecção, preservação e melhoria da qualidade do ambiente e para a poupança de energia e, em segundo lugar, para garantir o correcto funcionamento do mercado interno e evitar distorções de concorrência dentro da Comunidade.
- (2) É necessário um amplo quadro comunitário que garanta a coerência entre as abordagens nacionais relativamente à concretização dos referidos objectivos, especialmente no que se refere à concepção de veículos susceptíveis de reciclagem e valorização, à aplicação de requisitos para as instalações de recolha e tratamento e à concretização dos objectivos de reutilização, reciclagem e valorização, tendo em conta o princípio da subsidiariedade e o princípio do poluidor-pagador.
- (3) Os veículos em fim de vida criam anualmente na Comunidade entre 8 e 9 milhões de toneladas de resíduos, que têm de ser correctamente geridos.
- (4) A fim de aplicar princípios cautelares e preventivos, e de acordo com a estratégia comunitária em matéria de gestão dos resíduos, deve-se evitar, tanto quanto possível, a formação de resíduos.
- (5) A reutilização e valorização dos resíduos e, de preferência, a sua reutilização e valorização, constituem mais um princípio fundamental.
- (6) Os Estados-Membros devem tomar medidas para garantir a criação, por parte dos operadores económicos, de sistemas de recolha, tratamento e valorização de veículos em fim de vida.
- (7) Os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para garantir que o último proprietário e/ou detentor possa entregar o veículo em fim de vida numa instalação de tratamento autorizada sem quaisquer encargos em consequência de o veículo ter um valor de mercado negativo ou nulo. Os Estados-Membros deverão garantir que os produtores suportem a totalidade ou uma parte significativa dos custos de execução destas medidas; não se devem verificar entraves ao funcionamento normal das forças de mercado.

<sup>(1)</sup> JO C 337 de 7.11.1997, p. 3 e JO C 156 de 3.6.1999, p. 5.

<sup>(2)</sup> JO C 129 de 27.4.1998, p. 44.

<sup>(3)</sup> Parecer do Parlamento Europeu de 11 de Fevereiro de 1999 (JO C 150 de 28.5.1999, p. 420), posição comum do Conselho de 29 de Julho de 1999 (JO C 317 de 4.11.1999, p. 19), decisão do Parlamento Europeu de 3 de Fevereiro de 2000 (ainda não publicada no Jornal Oficial). Decisão do Conselho de 20 de Julho de 2000 e decisão do Parlamento Europeu de 7 de Setembro de 2000.

▼B

- (8) A presente directiva deve abranger veículos e veículos em fim de vida, incluindo os seus componentes e materiais, peças sobressalentes de substituição sem prejuízo dos níveis de segurança, das emissões para a atmosfera e do controlo de ruídos.
- (9) A presente directiva retoma, sempre que necessário, a terminologia de várias outras directivas, nomeadamente a Directiva 67/548/CEE do Conselho, de 27 de Junho de 1967, relativa à aproximação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas respeitantes à classificação, embalagem e rotulagem das substâncias perigosas<sup>(1)</sup>, a Directiva 70/156/CEE do Conselho, de 6 de Fevereiro de 1970, relativa à aproximação das legislações dos Estados-Membros respeitantes à homologação dos veículos a motor e seus reboques<sup>(2)</sup>, e a Directiva 75/442/CEE do Conselho, de 15 de Julho de 1975, relativa aos resíduos<sup>(3)</sup>.
- (10) Os veículos de época, ou seja, veículos históricos ou veículos com valor para colecção ou destinados a museus, conservados em condições razoáveis e compatíveis com o ambiente, em estado de circular ou desmontados em peças, não são abrangidos pela definição de resíduos da Directiva 75/442/CEE, nem pelo âmbito de aplicação da presente directiva.
- (11) É importante aplicar medidas preventivas a partir da fase de projecto dos veículos, sobretudo sob a forma de uma redução e controlo das substâncias perigosas nos veículos, a fim de evitar a sua libertação para o ambiente, facilitar a sua reciclagem e evitar a necessidade de eliminação de resíduos perigosos. Deverá ser, nomeadamente, proibida a utilização de chumbo, mercúrio, cádmio ou crómio hexavalente. Estes metais pesados deverão ser utilizados apenas em determinadas aplicações, de acordo com uma lista que será regularmente revista. Contribuir-se-á, assim, para impedir que certos materiais e componentes se tornem resíduos de retalhamento ou sejam incinerados e depositados em aterros.
- (12) A reciclagem de todos os plásticos provenientes de veículos em fim de vida deverá ser continuamente melhorada. A Comissão está actualmente a analisar o impacto ambiental do PVC. Com base nestes trabalhos, a Comissão apresentará propostas adequadas quanto à utilização do PVC, nomeadamente no que diz respeito aos veículos.
- (13) Os requisitos para o desmantelamento, a reutilização e a reciclagem dos veículos em fim de vida e dos respectivos componentes devem ser integrados na fase de projecto e produção de novos veículos.
- (14) Deve ser incentivado o desenvolvimento dos mercados de materiais reciclados.
- (15) Devem ser criados sistemas adequados de recolha, a fim de garantir que os veículos em fim de vida sejam eliminados sem danos para o ambiente.
- (16) Deve ser criado um certificado de destruição, a utilizar como condição para o cancelamento do registo dos veículos em fim de vida; os Estados-Membros que não disponham de um sistema de cancelamento de registo devem criar um sistema de notificação do certificado de destruição à autoridade competente quando o veículo em fim de vida for transferido para a instalação de tratamento.

(1) JO 196 de 16.8.1967, p. 1. Directiva com a última redacção que lhe foi dada pela Directiva 98/98/CE da Comissão (JO L 355 de 30.12.1998, p. 1).

(2) JO L 42 de 23.2.1970, p. 1. Directiva com a última redacção que lhe foi dada pela Directiva 98/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho (JO L 11 de 16.1.1999, p. 25).

(3) JO L 194 de 25.7.1975, p. 39. Directiva com a última redacção que lhe foi dada pela Decisão 96/350/CE da Comissão (JO L 135 de 6.6.1996, p. 32).

**▼B**

- (17) A presente directiva não impede os Estados-Membros de concederem, quando necessário, o cancelamento temporário do registo de veículos.
- (18) O exercício da actividade de operador de instalações de recolha e tratamento de resíduos só deve ser permitido após a obtenção da respectiva licença, ou, no caso de ser utilizado um registo em vez de uma licença, depois de terem sido preenchidas condições específicas.
- (19) Deve ser promovida a faculdade de reciclagem e de valorização dos veículos.
- (20) É importante estabelecer requisitos para as operações de armazenamento e tratamento, a fim de prevenir impactos ambientais negativos delas decorrentes e evitar distorções no comércio e na concorrência.
- (21) A fim de obter resultados a curto prazo e de permitir aos operadores, consumidores e autoridades públicas terem a necessária perspectiva a mais longo prazo, devem ser estabelecidos objectivos quantitativos para os níveis de reutilização, reciclagem e valorização a atingir pelos operadores económicos.
- (22) Os produtores devem garantir que o projecto e o fabrico dos veículos tenham em conta a necessidade de atingir os objectivos quantitativos de reutilização, reciclagem e valorização. A Comissão promoverá, para o efeito, a elaboração de normas europeias e tomará as outras medidas necessárias, a fim de alterar a legislação europeia aplicável em matéria de homologação de veículos.
- (23) Ao executar as disposições da presente directiva, os Estados-Membros devem garantir que a concorrência não será afectada, nomeadamente no que diz respeito ao acesso das pequenas e médias empresas ao mercado de recolha, desmantelamento, tratamento e reciclagem.
- (24) A fim de facilitar o desmantelamento, a valorização e, sobretudo, a reciclagem dos veículos em fim de vida, os fabricantes de veículos devem fornecer às instalações de tratamento autorizadas todas as informações de desmantelamento, nomeadamente as relativas aos materiais perigosos.
- (25) A elaboração de normas europeias deve ser fomentada, quando adequado. Os fabricantes de veículos e os produtores de materiais devem utilizar normas de codificação de componentes e materiais, a estabelecer pela Comissão com a assistência do comité competente. Ao elaborar essas normas, a Comissão terá em conta, se for caso disso, os trabalhos em curso neste domínio nas instâncias internacionais competentes.
- (26) São necessários dados à escala comunitária acerca dos veículos em fim de vida, para acompanhar a realização dos objectivos da presente directiva.
- (27) Os consumidores devem ser adequadamente informados, a fim de adaptarem o seu comportamento e atitudes. Os operadores económicos interessados devem facultar informações para o efeito.
- (28) Desde que estejam preenchidas determinadas condições, os Estados-Membros podem decidir que certas disposições sejam executadas através de acordos com o sector económico em questão.
- (29) A adaptação dos requisitos relativos às instalações de tratamento e à utilização de substâncias perigosas ao progresso científico e técnico, bem como a adopção de normas mínimas para o certificado de destruição, os modelos da base de dados e as medidas de execução necessárias ao controlo da conformidade com os objectivos quantitativos, devem ser garantidas pela Comissão através de um processo de comité.

**▼B**

- (30) As medidas necessárias à execução da presente directiva serão aprovadas nos termos da Decisão 1999/468/CE do Conselho, de 28 de Junho de 1999, que fixa as regras de exercício das competências de execução atribuídas à Comissão<sup>(1)</sup>.
- (31) Os Estados-Membros podem aplicar o disposto na presente directiva antes da data nela prevista, desde que o façam nos termos do Tratado,

ADOPTARAM A PRESENTE DIRECTIVA:

*Artigo 1.º*

**Objectivos**

A presente directiva estabelece medidas que têm como primeira prioridade a prevenção da formação de resíduos provenientes de veículos e, além disso, a reutilização, reciclagem e outras formas de valorização dos veículos em fim de vida e seus componentes, de forma a reduzir a quantidade de resíduos a eliminar, bem como a melhoria do desempenho ambiental de todos os operadores económicos intervenientes durante o ciclo de vida dos veículos e, sobretudo, dos operadores directamente envolvidos no tratamento de veículos em fim de vida.

*Artigo 2.º*

**Definições**

Para efeitos da presente directiva, entende-se por:

1. «Veículo», qualquer veículo classificado nas categorias M<sub>1</sub> ou N<sub>1</sub> definidas na parte A do anexo II da Directiva 70/156/CEE, e os veículos a motor de três rodas definidos na Directiva 92/61/CEE, com exclusão dos triciclos a motor.
2. «Veículo em fim de vida», um veículo que constitui um resíduo na acepção da alínea a) do artigo 1.º da Directiva 75/442/CEE.
3. «Produtor», o fabricante de um veículo ou o importador profissional de um veículo para um Estado-Membro.
4. «Prevenção», as medidas destinadas a reduzir a quantidade e a nocividade para o ambiente dos veículos em fim de vida, seus materiais e substâncias.
5. «Tratamento», qualquer actividade efectuada após a entrega do veículo em fim de vida numa instalação para fins de despoluição, desmantelamento, corte, retalhamento, valorização ou preparação para a eliminação dos resíduos retalhados e quaisquer outras operações realizadas para fins de valorização e/ou eliminação do veículo em fim de vida e seus componentes.
6. «Reutilização», qualquer operação através da qual os componentes de veículos em fim de vida sejam utilizados para o mesmo fim para que foram concebidos.
7. «Reciclagem», o reprocessamento, no âmbito de um processo de produção, dos materiais residuais para o fim original ou para outros fins mas excluindo a valorização energética. A valorização energética significa a utilização de resíduos combustíveis como meio de produção de energia, através de incineração directa com ou sem outros resíduos mas com recuperação do calor.
8. «Valorização», qualquer das operações aplicáveis previstas no anexo II B da Directiva 75/442/CEE.
9. «Eliminação», qualquer das operações aplicáveis previstas no anexo II A da Directiva 75/442/CEE.
10. «Operadores económicos», os produtores, os distribuidores, as companhias de seguro automóvel, os operadores de instalações de recolha, desmantelamento, retalhamento, valorização e reciclagem

<sup>(1)</sup> JO L 184 de 17.7.1999, p. 23.

**▼B**

e outras instalações de tratamento de veículos em fim de vida, incluindo os seus componentes e materiais.

11. «Substância perigosa», qualquer substância considerada perigosa nos termos da Directiva 67/548/CEE.
12. «Retalhadora», qualquer dispositivo utilizado para corte ou fragmentação de veículos em fim de vida, inclusivamente para a obtenção directa de sucata de metal reutilizável.
13. «Informações de desmantelamento», todas as informações necessárias ao tratamento adequado e compatível com o ambiente de um veículo em fim de vida. Essas informações são disponibilizadas pelos produtores de veículos ou de peças às instalações de tratamento autorizadas, sob a forma de manuais ou meios electrónicos (por exemplo, CD-Rom e serviços em linha).

*Artigo 3.º***Âmbito**

1. A presente directiva abrange veículos e veículos fora de uso, incluindo os seus componentes e materiais. Sem prejuízo do terceiro parágrafo do n.º 4 do artigo 5.º, esta disposição é aplicável independentemente do modo como o veículo tenha sido mantido ou reparado e de estar equipado com componentes fornecidos pelo produtor ou com outros componentes cuja montagem como peças sobressalentes ou de substituição cumpra o disposto nas disposições comunitárias ou nacionais aplicáveis.
2. A presente directiva é aplicável sem prejuízo da legislação comunitária em vigor e da legislação nacional correspondente, em especial no que diz respeito às normas de segurança, às emissões para a atmosfera, ao controlo de ruídos e à protecção do solo e das águas.
3. Quando um produtor fabricar ou importar exclusivamente veículos isentos do disposto na Directiva 70/156/CEE, por força do n.º 2, alínea a), do seu artigo 8.º, os Estados-Membros podem isentar esse produtor e os seus veículos do disposto no n.º 4 do artigo 7.º, e nos artigos 8.º e 9.º da presente directiva.
4. Os veículos destinados a fins especiais, tal como definidos na alínea a) do n.º 1 do segundo travessão do artigo 4.º da Directiva 70/156/CEE, ficam excluídos do disposto no artigo 7.º da presente directiva.
5. Quanto aos veículos a motor de três rodas, são aplicáveis apenas os n.ºs 1 e 2 do artigo 5.º e o artigo 6.º da presente directiva.

*Artigo 4.º***Prevenção**

1. Com o objectivo de promover a prevenção dos resíduos, os Estados-Membros devem, nomeadamente, dar incentivos para que:
  - a) Os fabricantes de veículos, em colaboração com os fabricantes de materiais e equipamentos, controlem a utilização de substâncias perigosas nos veículos e reduzam o seu uso, tanto quanto possível, a partir da fase de projecto dos veículos, em especial a fim de evitar a libertação dessas substâncias para o ambiente, facilitar a reciclagem e evitar a necessidade de eliminar resíduos perigosos;
  - b) Nas fases de projecto e produção de veículos novos sejam tomados plenamente em consideração e facilitados o desmantelamento, a reutilização e a valorização, especialmente a reciclagem, dos veículos em fim de vida, bem como dos seus componentes e materiais;
  - c) Os fabricantes de veículos, em colaboração com os fabricantes de materiais e equipamentos, integrem uma quantidade crescente de material reciclado em veículos e outros produtos, a fim de desenvolver os mercados de materiais reciclados.

**▼B**

2. a) Os Estados-Membros assegurarão que os materiais e componentes dos veículos comercializados a partir de 1 de Julho de 2003 não contenham chumbo, mercúrio, cádmio ou crómio hexavalente, excepto nos casos enunciados no Anexo II e nas condições aí especificadas;
- b) A Comissão pode, nos termos do artigo 11.º, regularmente e de acordo com o progresso técnico e científico, alterar o anexo II para:
  - i) se necessário, estabelecer as concentrações máximas até às quais é tolerada a presença das substâncias referidas na alínea a) em materiais e componentes específicos de veículos,
  - ii) isentar determinados materiais e componentes de veículos da aplicação do disposto na alínea a) se a utilização dessas substâncias for inevitável,
  - iii) eliminar do anexo II materiais e componentes de veículos, se se puder evitar a utilização dessas substâncias,
  - iv) designar, nos termos das subalíneas i) e ii), os materiais e componentes de veículos que podem ser removidos antes de se proceder a qualquer tratamento subsequente, os quais devem ser rotulados ou identificados de qualquer outro modo adequado;
- c) A Comissão procederá à primeira alteração do anexo II o mais tardar em 21 de Outubro de 2001. Em todo o caso, nenhuma das isenções nele indicadas pode ser retirada do anexo antes de 1 de Janeiro de 2003.

*Artigo 5.º***Recolha**

1. Os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para garantir:
  - a criação, por parte dos operadores económicos, de sistemas de recolha de todos os veículos em fim de vida e na medida do que for tecnicamente viável, das peças usadas provenientes da reparação de veículos particulares e que constituam resíduos.
  - para assegurar a disponibilização adequada de instalações de recolha no seu território.
2. Os Estados-Membros devem também tomar as medidas necessárias para garantir que todos os veículos em fim de vida sejam transferidos para instalações de tratamento autorizadas.
3. Os Estados-Membros devem criar um sistema segundo o qual a apresentação de um certificado de destruição constitua um requisito indispensável para o cancelamento do registo de um veículo em fim de vida. O certificado será entregue ao detentor e/ou proprietário, quando o veículo em fim de vida for transferido para uma instalação de tratamento. As instalações de tratamento autorizadas nos termos do artigo 6.º devem ficar habilitadas a passar certificados de destruição. Os Estados-Membros podem autorizar a passar certificados de destruição os produtores, os comerciantes de veículos e as instalações de recolha mandatadas por instalações de tratamento autorizadas, na condição de garantirem que o veículo em fim de vida seja transferido para uma instalação de tratamento autorizada e desde que aqueles sejam titulares de um registo público.

A emissão de certificados de destruição por instalações de tratamento ou por comerciantes ou instalações de recolha mandatadas por instalações de tratamento autorizadas não lhes confere o direito de requerer qualquer reembolso, excepto nos casos em que este seja explicitamente previsto pelos Estados-Membros.

Os Estados-Membros que não disponham de um sistema de cancelamento de registo à data de entrada em vigor da presente directiva devem criar um sistema de notificação do certificado de destruição à autoridade competente quando o veículo em fim de vida for transferido para a instalação de tratamento, dando ainda cumprimento aos restantes requisitos do presente número. Os Estados-Membros que recorram ao

**▼B**

disposto no presente parágrafo informarão a Comissão dos motivos por que o fizeram.

4. Os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para garantir que a entrega do veículo numa instalação de tratamento autorizada nos termos do n.º 3 seja efectuada sem custos para o último detentor e/ou proprietário em consequência de o veículo ter um valor de mercado negativo ou nulo.

Os Estados-Membros devem tomar as disposições necessárias para assegurar que os produtores suportem a totalidade ou uma parte significativa dos custos de execução desta medida e/ou aceitem os veículos em fim de vida nas condições referidas no primeiro parágrafo.

Os Estados-Membros podem prever que a entrega dos veículos em fim de vida não seja totalmente livre de encargos se os referidos veículos não contiverem os componentes essenciais de um veículo, em particular o motor e a carroçaria, ou contiverem resíduos que tenham sido acrescentados a esses mesmos veículos.

A Comissão deve acompanhar com regularidade a execução do primeiro parágrafo, a fim de garantir que este não provoque distorções no mercado e, se necessário, proporá ao Parlamento Europeu e ao Conselho as alterações adequadas.

5. Os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para garantir o reconhecimento e aceitação mútuos, por parte das autoridades competentes, dos certificados de destruição emitidos noutros Estados-Membros, nos termos do n.º 3. Para esse efeito, a Comissão deve elaborar, o mais tardar até 21 de Outubro de 2001, os requisitos mínimos relativos ao certificado de destruição.

*Artigo 6.º***Tratamento**

1. Os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para garantir que todos os veículos em fim de vida sejam armazenados (incluindo o armazenamento temporário) e tratados de acordo com os requisitos gerais previstos no artigo 4.º da Directiva 75/442/CEE e com os requisitos técnicos mínimos previstos no anexo I da presente directiva, sem prejuízo das regulamentações nacionais em matéria de saúde e ambiente.

2. Os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para garantir que qualquer estabelecimento ou empresa que efectue operações de tratamento obtenha uma autorização ou esteja inscrito junto das autoridades competentes, nos termos dos artigos 9.º, 10.º e 11.º da Directiva 75/442/CEE.

A dispensa de autorização referida no n.º 1, alínea b), do artigo 11.º da Directiva 75/442/CEE pode ser aplicável às operações de valorização de resíduos de veículos em fim de vida tratados nos termos do ponto 3 do anexo I da presente directiva, desde que, antes da inscrição, as autoridades competentes procedam a uma inspecção, destinada a verificar:

- a) O tipo e a quantidade de resíduos a tratar;
- b) Os requisitos técnicos gerais a observar; e
- c) As precauções de segurança a tomar,

de forma a cumprir os objectivos a que se refere o artigo 4.º da Directiva 75/442/CEE. Esta inspecção deve ser efectuada uma vez por ano, devendo os Estados-Membros que façam uso da dispensa acima referida enviar os respectivos resultados à Comissão.

3. Os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para garantir que qualquer estabelecimento ou empresa que proceda a operações de tratamento cumpra, no mínimo, as seguintes obrigações, nos termos do anexo I:

- a) Os veículos em fim de vida devem ser totalmente despojados antes de se proceder ao seu tratamento subsequente, ou devem ser

**▼B**

tomadas disposições equivalentes, a fim de reduzir qualquer impacto ambiental adverso. Os componentes ou materiais rotulados ou de outro modo identificados nos termos do n.º 2 do artigo 4.º devem ser removidos antes de se proceder a qualquer outro tratamento.

- b) Os materiais e componentes perigosos devem ser removidos, seleccionados e separados de forma a não contaminarem os resíduos retalhados dos veículos em fim de vida.
- c) As operações de despojamento e o armazenamento devem ser efectuados de maneira a garantir a possibilidade de reutilização e valorização, especialmente de reciclagem, dos componentes dos veículos.

As operações de tratamento de despoluição dos veículos em fim de vida referidas no ponto 3 do anexo I devem ser efectuadas com a maior brevidade possível.

4. Os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para garantir que a autorização ou a inscrição referidas no n.º 2 incluam todas as condições necessárias ao cumprimento dos requisitos previstos nos n.ºs 1, 2 e 3.

5. Os Estados-Membros devem incentivar os estabelecimentos e empresas que efectuam as operações de tratamento a utilizar sistemas de gestão ambiental devidamente certificados.

*Artigo 7.º*

**Reutilização e valorização**

1. Os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para incentivar a reutilização efectiva dos componentes reutilizáveis, a valorização dos não passíveis de reutilização e a preferência pela reciclagem, sempre que viável do ponto de vista ambiental, sem prejuízo dos requisitos de segurança dos veículos e do ambiente, tais como o controlo das emissões para a atmosfera e do ruído.

2. Os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para garantir a concretização dos objectivos seguintes por parte dos operadores económicos:

- a) O mais tardar até 31 de Dezembro de 2006, a reutilização e valorização de todos os veículos em fim de vida deve ser aumentada para um mínimo de 85 %, em massa, em média, por veículo e por ano. A reutilização e reciclagem deve ser aumentada, dentro do mesmo prazo, para um mínimo de 80 %, em massa, em média, por veículo e por ano.

Relativamente aos veículos produzidos antes de 1980, os Estados-Membros podem prever objectivos menos elevados, embora não inferiores a 75 %, para a reutilização e valorização e não inferiores a 70 % para a reutilização e reciclagem. Os Estados-Membros que recorram ao disposto no presente parágrafo devem informar a Comissão e os outros Estados-Membros dos motivos por que o fizeram;

- b) O mais tardar até 1 de Janeiro de 2015, a reutilização e valorização de todos os veículos em fim de vida deve ser aumentada para um mínimo de 95 %, em massa, em média, por veículo e por ano. Dentro do mesmo período, a reutilização e reciclagem deve ser aumentada para um mínimo de 85 % em massa, em média, por veículo e por ano.

O mais tardar até 31 de Dezembro de 2005, o Parlamento Europeu e o Conselho devem voltar a analisar os objectivos referidos na alínea b), com base num relatório da Comissão acompanhado de uma proposta. No seu relatório, a Comissão deve ter em conta o desenvolvimento da composição dos veículos em termos de materiais utilizados e quaisquer outros aspectos ambientais importantes relacionados com os veículos.

**▼B**

A Comissão deve estabelecer, nos termos do artigo 11.º, as regras de execução necessárias para o controlo do cumprimento, pelos Estados-Membros, dos objectivos previstos no presente número. Ao fazê-lo, a Comissão terá em consideração todos os elementos pertinentes, nomeadamente a disponibilidade de informações e a evolução das exportações e importações de veículos em fim de vida. A Comissão tomará esta medida o mais tardar até 21 de Outubro de 2002.

3. O Parlamento Europeu e o Conselho devem estabelecer, com base em proposta da Comissão, objectivos em matéria de reutilização e valorização e de reutilização e reciclagem relativamente aos anos posteriores a 2015.

4. Para preparar a alteração da Directiva 70/156/CEE, a Comissão deve promover a elaboração de normas europeias relativas aos níveis de desmantelamento, valorização e reciclagem dos veículos. Logo que as normas sejam aprovadas, mas nunca após o final de 2001, e com base em proposta da Comissão, o Parlamento Europeu e o Conselho devem alterar a Directiva 70/156/CEE, de forma a que os veículos homologados nos termos dessa directiva e comercializados três anos após essa alteração sejam passíveis de reutilização e/ou reciclagem a um nível mínimo de 85 %, em massa, por veículo e sejam passíveis de reutilização e/ou valorização a um nível mínimo de 95 %, em massa, por veículo.

5. Ao propor a alteração da Directiva 70/156/CEE no que diz respeito aos níveis de desmantelamento, valorização e reciclagem dos veículos, a Comissão deve ter em conta, se for caso disso, a necessidade de assegurar que a reutilização dos componentes não acarrete riscos para a segurança ou para o ambiente.

*Artigo 8.º***Normas de codificação/Informações de desmantelamento**

1. Os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para garantir que os produtores, em colaboração com os fabricantes de materiais e equipamentos, utilizem normas de codificação de componentes e materiais, em especial para facilitar a identificação dos componentes e materiais passíveis de reutilização e valorização.

2. O mais tardar em 21 de Outubro de 2001 e nos termos do artigo 11.º, a Comissão deve elaborar as normas referidas no n.º 1 do presente artigo. A Comissão terá então em consideração os trabalhos desenvolvidos neste domínio nas instâncias internacionais e dará a contribuição adequada para este trabalho.

3. Os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para garantir que os produtores forneçam informações de desmantelamento para cada tipo de novo veículo colocado no mercado no prazo de seis meses depois do veículo ser comercializado. Essas informações devem identificar, na medida do necessário para que as instalações de tratamento possam cumprir as disposições estabelecidas na presente directiva, os diferentes componentes e materiais e a localização de todas as substâncias perigosas dos veículos, nomeadamente para atingir os objectivos previstos no artigo 7.º

4. Sem prejuízo da confidencialidade comercial e industrial, os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para garantir que os fabricantes de componentes utilizados em veículos facultem às instalações de tratamento autorizadas, na medida em que estas o solicitem, as devidas informações sobre o desmantelamento, a armazenagem e o controlo dos componentes que podem ser reutilizados.

*Artigo 9.º***Relatório e informações**

1. De três em três anos, os Estados-Membros devem apresentar um relatório à Comissão sobre a execução da presente directiva. O relatório é redigido com base num questionário ou num esquema

**▼B**

elaborado pela Comissão nos termos do artigo 6.º da Directiva 91/692/CEE<sup>(1)</sup>, com o objectivo de criar bases de dados sobre os veículos em fim de vida e o tratamento que lhes é dado. O relatório deve conter informações pertinentes sobre eventuais alterações estruturais das empresas dos sectores da distribuição, recolha, desmontagem, retalhamento, valorização e reciclagem que provoquem distorções de concorrência entre os Estados-Membros ou no interior dos mesmos. O questionário ou esquema deve ser enviado aos Estados-Membros seis meses antes do início do período abrangido pelo relatório. O relatório deve ser enviado à Comissão no prazo de nove meses a contar do final do período de três anos a que se referir.

O primeiro relatório deve abranger um período de três anos a contar de 21 de Abril de 2002.

Com base nas informações acima referidas, a Comissão deve publicar um relatório sobre a execução da presente directiva no prazo de nove meses a contar da recepção dos relatórios dos Estados-Membros.

2. Os Estados-Membros devem exigir sempre aos operadores económicos interessados a publicação de informações relativas:

- à concepção dos veículos e seus componentes, tendo em vista a sua capacidade de valorização e reciclagem,
- ao tratamento ecologicamente correcto dos veículos em fim de vida, e em especial à remoção de todos os fluidos e ao desmantelamento,
- ao desenvolvimento e optimização de formas de reutilização, reciclagem e valorização dos veículos em fim de vida e dos respectivos componentes,
- aos progressos realizados em matéria de valorização e reciclagem no sentido de reduzir a quantidade de resíduos a eliminar e aumentar as taxas de valorização e reciclagem.

O construtor deve facultar estas informações aos eventuais compradores dos veículos, devendo as mesmas ser incluídas nas publicações de carácter publicitário utilizadas na comercialização do novo veículo.

#### *Artigo 10.º*

#### **Execução**

1. Os Estados-Membros devem pôr em vigor as disposições legislativas, regulamentares e administrativas necessárias para dar cumprimento à presente directiva até 21 de Abril de 2002 e informar imediatamente a Comissão desse facto.

Quando os Estados-Membros aprovarem essas disposições, estas devem incluir uma referência à presente directiva ou ser acompanhadas dessa referência quando da sua publicação oficial. As modalidades dessa referência serão aprovadas pelos Estados-Membros.

2. Os Estados-Membros devem comunicar à Comissão o texto das principais disposições de direito interno que aprovarem nas matérias reguladas pela presente directiva.

3. Desde que sejam cumpridos os objectivos previstos na presente directiva, os Estados-Membros podem transpor as disposições do n.º 1 do artigo 4.º, do n.º 1 do artigo 5.º, do n.º 1 do artigo 7.º, dos n.ºs 1 e 3 do artigo 8.º e do n.º 2 do artigo 9.º e definir as regras de execução do n.º 4 do artigo 5.º mediante acordos entre as autoridades competentes e os sectores económicos envolvidos. Esses acordos devem cumprir as seguintes condições:

- a) Os acordos devem ser exequíveis;
- b) Os acordos devem especificar os objectivos e os prazos correspondentes;
- c) Os acordos devem ser publicados no jornal oficial nacional ou num documento oficial igualmente acessível ao público e enviados à Comissão;

<sup>(1)</sup> JO L 377 de 31.12.1991, p. 48.

**▼B**

- d) Os resultados obtidos pelo acordo devem ser fiscalizados periodicamente, comunicados às autoridades competentes e à Comissão e postos à disposição do público nas condições previstas no próprio acordo;
- e) As autoridades competentes devem tomar disposições para analisar o progresso conseguido com o acordo;
- f) Em caso de incumprimento do acordo, os Estados-Membros devem executar as disposições pertinentes da presente directiva por via legislativa, regulamentar ou administrativa.

*Artigo 11.º***Procedimento do comité**

1. A Comissão é assistida pelo comité instituído pelo artigo 18.º da Directiva 75/442/CEE, a seguir designado por «comité».
2. Sempre que se faça referência ao presente artigo, são aplicáveis os artigos 5.º e 7.º da Decisão 1999/468/CE, tendo-se em conta o disposto no seu artigo 8.º  
O prazo previsto no n.º 6 do artigo 5.º da Decisão 1999/468/CE é de três meses.
3. O comité aprovará o seu regulamento interno.
4. A Comissão deve adoptar, nos termos do procedimento previsto no presente artigo:
  - a) Os requisitos mínimos do certificado de destruição, previstos no n.º 5 do artigo 5.º;
  - b) As regras de execução previstas no terceiro parágrafo do n.º 2 do artigo 7.º;
  - c) Os modelos relativos ao sistema de bases de dados previstos no artigo 9.º;
  - d) As alterações necessárias para a adaptação dos anexos da presente directiva ao progresso científico e técnico.

*Artigo 12.º***Entrada em vigor**

1. A presente directiva entra em vigor no dia da sua publicação no *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*.
2. O n.º 4 do artigo 5.º é aplicável:
  - a partir de 1 de Julho de 2002 em relação aos veículos colocados no mercado a partir dessa data,
  - a partir de 1 de Janeiro de 2007 em relação aos veículos colocados no mercado antes da data a que se refere o primeiro travessão.
3. Os Estados-Membros podem aplicar o n.º 4 do artigo 5.º antes das datas previstas no n.º 2.

*Artigo 13.º***Destinatários**

Os Estados-Membros são os destinatários da presente directiva.



## ANEXO I

**Requisitos técnicos mínimos para o tratamento nos termos dos n.ºs 1 e 3 do artigo 6.º**

1. Instalações de armazenamento (incluindo armazenamento temporário) de veículos em fim de vida antes do respectivo tratamento:
  - superfícies impermeáveis para áreas apropriadas, equipadas com sistemas de recolha de derramamentos, decantadores e purificadores-desengorduradores,
  - equipamento para tratamento de águas, incluindo a água da chuva, em conformidade com os regulamentos em matéria de saúde e ambiente.
2. Instalações de tratamento:
  - superfícies impermeáveis para áreas apropriadas, equipadas com sistemas de recolha de derramamentos, decantadores e purificadores-desengorduradores,
  - armazéns adequados para peças desmontadas, incluindo armazéns impermeáveis para sobresselentes contaminados com óleo,
  - recipientes adequados para armazenamento de baterias (com neutralização dos electrólitos no próprio local ou noutra local), filtros e condensadores contendo PCB/PCT,
  - reservatórios adequados para armazenamento separado dos fluidos provenientes de veículos em fim de vida: combustível, óleo do motor, óleo da caixa de velocidades, óleo da transmissão, óleo hidráulico, líquidos de arrefecimento, anticongelante, fluidos dos travões, ácidos das baterias, fluidos dos sistemas de ar condicionado e quaisquer outros fluidos provenientes de veículos em fim de vida,
  - equipamento para tratamento de águas, incluindo a água da chuva, em conformidade com os regulamentos em matéria de saúde e ambiente,
  - locais de armazenamento adequado de pneumáticos usados, incluindo a prevenção de incêndios e de empilhamento excessivo.
3. Operações de tratamento para despoluição dos veículos em fim de vida:
  - remoção das baterias e dos depósitos de gás liquefeito,
  - remoção ou neutralização dos componentes potencialmente explosivos (por exemplo, sacos de ar),
  - remoção, recolha e armazenagem separadas de combustível, óleo do motor, óleo da transmissão, óleo da caixa de velocidades, óleo dos sistemas hidráulicos, líquidos de arrefecimento, anticongelante, fluidos dos travões, fluidos dos sistemas de ar condicionado ou de qualquer outro fluido contido no veículo em fim de vida, a menos que sejam necessários para efeitos de reutilização das peças visadas,
  - remoção, na medida do possível, de todos os componentes identificados como contendo mercúrio.
4. Operações de tratamento a fim de promover a reciclagem:
  - remoção dos catalisadores,
  - remoção dos componentes metálicos que contenham cobre, alumínio e magnésio, se esses metais não forem separados no acto de retalhamento,
  - remoção dos pneumáticos e grandes componentes de plástico (por exemplo, pára-choques, painel de bordo, reservatórios de fluidos, etc.), se estes materiais não forem separados no acto de retalhamento, por forma a poderem ser efectivamente reciclados como materiais,
  - remoção dos vidros.
5. As operações de armazenamento serão realizadas de forma a evitar danos nos componentes que contenham fluidos, nos componentes recuperáveis ou nos sobresselentes.

## ▼M1

## ANEXO II

**Materiais e componentes excluídos da aplicação do disposto no n.º 2, alínea a), do artigo 4.º**

Materiais e componentes	Âmbito e data do termo da isenção	Devem ser rotulados ou identificados em conformidade com o disposto na subalínea iv) da alínea b) do n.º 2 do artigo 4.º
<i>Chumbo como elemento de liga</i>		
1. Aço para fins de maquinagem e aço galvanizado com um teor de chumbo igual ou inferior a 0,35 % em massa		
2. a) Alumínio para fins de maquinagem com um teor de chumbo igual ou inferior a 2 % em massa	1 de Julho de 2005 <sup>(1)</sup>	
b) Alumínio para fins de maquinagem com um teor de chumbo igual ou inferior a 1 % em massa	1 de Julho de 2008 <sup>(2)</sup>	
3. Liga de cobre com um teor em chumbo igual ou inferior a 4 % em massa		
4. Capas dos apoios e pistões em chumbo/bronze		
<i>Chumbo e compostos de chumbo em componentes</i>		
5. Baterias		X
6. Amortecedores de vibrações		X
7. Massa de equilíbrio das rodas	Veículos homologados antes de 1 de Julho de 2003 e massa de equilíbrio das rodas destinada à manutenção destes veículos: 1 de Julho de 2005 <sup>(3)</sup>	X
8. Vulcanizantes e estabilizadores para elastómeros em aplicações de manipulação de fluidos e do grupo moto-propulsor	1 de Julho de 2005 <sup>(4)</sup>	
9. Estabilizador de tintas de protecção	1 de Julho de 2005	
10. Escovas de carbono para motores eléctricos	Veículos homologados antes de 1 de Julho de 2003 e escovas de carbono para motores eléctricos destinadas à manutenção destes veículos: 1 de Janeiro de 2005	
11. Soldaduras em placas de circuitos electrónicos e outras aplicações eléctricas		X <sup>(5)</sup>
12. Cobre em calços de travões com um teor de chumbo superior a 0,5 % em massa	Veículos homologados antes de 1 de Julho de 2003 e manutenção destes veículos: 1 de Julho de 2004	X

▼ **M1**

Materials e componentes	Âmbito e data do termo da isenção	Devem ser rotulados ou identificados em conformidade com o disposto na subalínea iv) da alínea b) do n.º 2 do artigo 4.º
13. Sedes de válvulas	Tipos de motores desenvolvidos antes de 1 de Julho de 2003; 1 de Julho de 2006	
14. Componentes eléctricos com chumbo fixados num composto de matriz de vidro ou de cerâmica, excepto vidro em lâmpadas e vidro de velas de ignição		X <sup>(6)</sup> (para componentes com excepção de componentes piezoeléctricos em motores)
15. Vidro em lâmpadas e vidro de velas de ignição	1 de Janeiro de 2005	
16. Iniciadores pirotécnicos	1 de Julho de 2007	
<i>Crómio hexavalente</i>		
17. Revestimentos anticorrosivos	1 de Julho de 2007	
18. Frigoríficos de absorção em caravanas de campismo		X
<i>Mercúrio</i>		
19. Lâmpadas de descarga e mostradores do painel de comando		X
<i>Cádmio</i>		
20. Pastas para películas espessas	1 de Julho de 2006	
21. Baterias para veículos eléctricos	31 de Dezembro de 2005 Após 31 de Dezembro de 2005, a colocação no mercado de baterias de NiCd apenas será permitida como peças de substituição para veículos colocados no mercado antes dessa data.	X

- (1) Até 1 de Janeiro de 2005, a Comissão avaliará se a eliminação progressiva prevista para esta entrada deve ser revista face à disponibilidade de substitutos para o chumbo, tendo em conta os objectivos estabelecidos no n.º 2, alínea a), do artigo 4.º
- (2) Ver a nota de pé-de-página 1.
- (3) Até 1 de Janeiro de 2005, a Comissão procederá à avaliação desta exclusão relativamente aos aspectos da segurança rodoviária.
- (4) Ver a nota de pé-de-página 1.
- (5) Desmantelamento se for ultrapassado, em relação à entrada 14, um limiar médio de 60 gramas por veículo. Para a aplicação desta regra, os dispositivos electrónicos que não sejam instalados pelo fabricante na linha de produção não serão tidos em conta.
- (6) Desmantelamento se for ultrapassado, em relação à entrada 11, um limiar médio de 60 gramas por veículo. Para a aplicação desta regra, os dispositivos electrónicos que não sejam instalados pelo fabricante na linha de produção não serão tidos em conta.

*Notas:*

- Será tolerada uma concentração máxima de 0,1 %, em massa e por material homogéneo, de chumbo, crómio hexavalente e mercúrio e de 0,01 %, em massa por material homogéneo, de cádmio, desde que essas substâncias não sejam introduzidas arbitrariamente (1).

(1) Entende-se por «introdução arbitrária» a utilização deliberada de uma substância na formulação de um material ou componente, no caso em que a sua presença no produto final é pretendida para fornecer uma característica, aparência ou qualidade específicas. A utilização de materiais reciclados como matéria-prima para o fabrico de novos produtos, em que parte dos materiais reciclados pode conter quantidades de metais objecto de regulamentação, não é considerada introdução intencional.

**▼M1**

- Será igualmente tolerada uma concentração máxima de 0,4 % em massa de chumbo no alumínio, desde que este não seja introduzido arbitrariamente <sup>(1)</sup>.
- Será tolerada até 1 de Julho de 2007 uma concentração máxima de 0,4 % em massa de chumbo no cobre destinado a materiais de fricção em calços de travões, desde que este não seja introduzido intencionalmente <sup>(2)</sup>.
- É permitida a reutilização, sem limitações, de peças de veículos já colocadas no mercado na data do termo da exclusão, dado que a reutilização não está abrangida pelo disposto no n.º 2, alínea a), do artigo 4.º
- Até 1 de Julho de 2007, as novas peças de substituição destinadas à reparação <sup>(3)</sup> de peças de veículos excluídas do disposto no n.º 2, alínea a), do artigo 4.º beneficiam também da mesma exclusão.

---

<sup>(1)</sup> Ver nota 1.

<sup>(2)</sup> Ver nota 1.

<sup>(3)</sup> Esta regra aplica-se a peças de substituição e não a componentes destinados à manutenção normal dos veículos. Não é aplicável a massa de equilíbrio de rodas, a escovas de carbono para motores eléctricos e a calços de travões, dado que estes componentes constam de entradas específicas.

## ANEXO

**Quadro 1: Materiais provenientes da despoluição e desmantelamento (em toneladas por ano) de veículos em fim de vida originados no Estado-Membro e tratados no Estado-Membro**

Materiais provenientes da despoluição e desmantelamento (**)	Reutilização (A)	Reciclagem (B1)	Valorização energética (C1)	Total de valorização (D1 = B1 + C1)	Eliminação E1
Baterias					
Líquidos (excluindo o combustível)					
Filtros de óleo					
Outros materiais provenientes da despoluição (excluindo o combustível)					
Catalisadores					
Componentes metálicos					
Pneumáticos					
Grandes peças de plástico					
Vidro					
Outros materiais provenientes do desmantelamento					
Total					

**Quadro 2: Materiais provenientes do retalhamento (em toneladas por ano) de veículos em fim de vida originados no Estado-Membro e tratados no Estado-Membro**

Materiais provenientes do retalhamento (**)	Reciclagem (B2)	Valorização energética (C2)	Total de valorização (D2 = B2 + C2)	Eliminação E2
Sucata ferrosa (aço)				
Materiais não ferrosos (alumínio, cobre, zinco, chumbo, etc.)				
Fracção leve de retalhamento				
Outros				
Total				

**Quadro 3: Controlo de (partes de) veículos em fim de vida originados no Estado-Membro e exportados para tratamento subsequente (em toneladas por ano)**

Massa total dos veículos em fim de vida exportados, por país (**)	Total de reciclagem de (parte de) veículos em fim de vida exportados (F1)	Total de valorização de (parte de) veículos em fim de vida exportados (F2)	Total de eliminação de (parte de) veículos em fim de vida exportados (F3)

**Quadro 4: Total de reutilização, valorização e reciclagem (em toneladas por ano) de veículos em fim de vida originados no Estado-Membro e tratados dentro ou fora do Estado-Membro**

Reutilização (A)	Total de reciclagem (B1 + B2 + F1)	Total de valorização (D1 + D2 + F2)	Total de reutilização e reciclagem (X1 = A + B1 + B2 + F1)	Total de reutilização e valorização (X2 = A + D1 + D2 + F2)
W (número total de veículos em fim de vida) = ...			%	%
W1 (massa total dos veículos) = ....			X1/W1	X2/W1

**Notas:**

- 1) O preenchimento das células a cinzento do quadro 1 é facultativo.
- 2) Os Estados-Membros que utilizem o pressuposto de teor em metais são obrigados a utilizá-lo nas partes do quadro 2 relacionadas com metais.
- 3) (\*): Sempre que possível, devem ser utilizados os códigos da Lista de Resíduos constante do anexo à Decisão 2000/532/CE da Comissão, de 3 de Maio de 2000, que substitui a Decisão 94/3/CE, que estabelece uma lista de resíduos em conformidade com a alínea a) do artigo 1.º da Directiva 75/442/CEE do Conselho relativa aos resíduos, e a Decisão 94/904/CE do Conselho, que estabelece uma lista de resíduos perigosos em conformidade com o n.º 4 do artigo 1.º da Directiva 91/689/CEE do Conselho relativa aos resíduos perigosos (1).

- 4) Os Estados-Membros que não utilizem o pressuposto de teor em metais devem calcular a reutilização (A) com base no seguinte método de subtração: a massa do veículo individual (Wi) menos a massa do veículo em fim de vida despoluído e desmantelado (carroçaria) (Wb) e menos a massa dos materiais de despoluição e desmantelamento enviados para valorização, reciclagem ou eliminação final. Os Estados-Membros que utilizem o pressuposto de teor em metais determinarão o valor A (excluindo os componentes metálicos) com base nas declarações das instalações de tratamento autorizadas.

A massa dos materiais reciclados/valorizados/eliminados obtidos será determinada com base em declarações da empresa de reciclagem/valorização ou recolha receptora, registos de pesagem, outros documentos contabilísticos ou registos de eliminação.

A massa individual do veículo (Wi) será calculada a partir: i) da massa do veículo em serviço indicada nos documentos de matrícula (2), ou ii) da massa do veículo em ordem de marcha indicada no certificado de conformidade e descrita no anexo IX à Directiva 70/156/CEE do Conselho (3), conforme alterada ou iii) em caso de indisponibilidade destes dados, da massa determinada pelas especificações dos fabricantes. Em qualquer dos casos, a massa do veículo individual não incluirá a massa do condutor, que está fixada em 75 kg, nem a massa do combustível, que está fixada em 40 kg.

A massa do veículo em fim de vida despoluído e desmantelado (carroçaria) (Wb) será determinada com base na informação da instalação de tratamento receptora.

- 5) A massa total dos veículos (W1) será calculada como a soma das massas dos veículos individuais (Wi).

O número total de veículos em fim de vida (W) será calculado com base no número de veículos em fim de vida originados no Estado-Membro, declarados como tal quando uma instalação nacional de tratamento autorizada emite um certificado de destruição.

- 6) Os fluxos de veículos em fim de vida saídos das retalhadoras serão calculados com base nas campanhas de retalhamento, em combinação com a entrada de veículos em fim de vida nas retalhadoras. A entrada de veículos em fim de vida nas retalhadoras será calculada com base em registos de pesagem, recibos ou outros documentos contabilísticos. Os Estados-Membros comunicarão à Comissão o número de campanhas de retalhamento realizadas no seu território. A reciclagem/valorização efectiva dos materiais de saída calculados (com excepção dos metais) deve ser justificada com base em declarações da empresa de reciclagem/valorização ou recolha receptora, registos de pesagem, outros documentos contabilísticos ou registos de eliminação.

(1) JO L 226 de 6.9.2000, p. 3.

(2) A partir de 1 de Junho de 2004, data da entrada em vigor da Directiva 1999/37/CE do Conselho relativa aos documentos de matrícula dos veículos (JO L 138 de 1.6.1999, p. 57), a massa dos veículos em serviço será registada no ponto G.

(3) JO L 42 de 23.2.1970, p. 1.