

ESTUDO SOBRE TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS DA RECICLAGEM DE VEÍCULOS EM FIM DE VIDA

Um Setor em Formação

n.5

Brasília 2008



**ESTUDO SOBRE TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS
DA RECICLAGEM DE VEÍCULOS EM FIM DE VIDA
Um Setor em Formação**

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI

Presidente: Armando de Queiroz Monteiro Neto

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI

Conselho Nacional

Presidente: Armando de Queiroz Monteiro Neto

SENAI – Departamento Nacional

Diretor-Geral: José Manuel de Aguiar Martins

Diretora de Operações: Regina Maria de Fátima Torres



*Confederação Nacional da Indústria
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Departamento Nacional*

ESTUDO SOBRE TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS DA RECICLAGEM DE VEÍCULOS EM FIM DE VIDA Um Setor em Formação

n.5

**Ricardo M. Naveiro
Heloisa V. de Medina**

Brasília 2009



Modelo SENAI de Prospecção

Estudos Tecnológicos e Organizacionais

©2009. SENAI – Departamento Nacional

Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

SENAI/DN

Unidade de Prospectiva do Trabalho – UNITRAB

Ficha Catalográfica

N323e

Naveiro, Ricardo M.

Estudo sobre tendências tecnológicas da reciclagem de veículos em fim de vida: um setor em formação / Heloisa V. Medina. – Brasília : SENAI/DN, 2009.

79 p. il. (Série Estudos Tecnológicos e Organizacionais, n.5)

ISBN 978-85-7519-298-6

1. Reciclagem de veículos 2. Impacto ocupacionais I. Medina, Heloisa V. II. Título

CDU: 654.172

SENAI

Serviço Nacional de
Aprendizagem Industrial
Departamento Nacional

Sede

Setor Bancário Norte
Quadra 1 – Bloco C
Edifício Roberto Simonsen
70040-903 – Brasília – DF
Tel.: (0xx61) 3317-9000
Fax: (0xx61) 3317-9190

Lista de Ilustrações

Gráfico 1 – Total de veículos por região – posição em dezembro/2005	23
Figura 1 – Localização das montadoras no Brasil	23
Figura 2 – Localização das montadoras no Brasil	24
Figura 3 – Evolução do peso dos veículos entre 1979 e 2000	33
Figura 4 – Evolução da utilização dos plásticos no automóvel	39
Figura 5 – Processo de logística reversa – esquema geral	42
Figura 6 – O caminho do veículo na reciclagem	56
Figura 7 – Fluxo dos materiais na reciclagem automotiva	59
Figura 8 – Localização dos recicladores de baterias no Brasil	66
Figura 9 – O Ciclo de produção e reciclagem de baterias veiculares no Brasil	68
Quadro 1 – As tendências em novos materiais e manufatura de automóveis	38
Quadro 2 – Relação da série de normas ISO 14000	45
Quadro 3 – Formas de reciclagem simplificada	71

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Número de recicladoras por grupo de atividade, região e estados em 2004	15
Tabela 2 – Distribuição percentual dos estabelecimentos de reciclagem e da população por região	15
Tabela 3 – Posição da pesquisa do IRMP do Brasil em 2003	17
Tabela 4 – Índice de reciclagem mecânica de plástico pós-consumo, em t/ano	18
Tabela 5 – Aquisições, melhorias e baixas no ativo imobilizado das empresas industriais (valores em R\$ 1.000,00)	19
Tabela 6 – Produção mundial de autoveículos	22
Tabela 7 – Evolução da distribuição regional da frota nacional de veículos	22
Tabela 8 – Evolução da composição do automóvel em 1950, 1990 e 2006	33

Sumário

Apresentação	
1 INTRODUÇÃO	11
2 A RECICLAGEM AUTOMOTIVA COMO UM SETOR EM FORMAÇÃO: SITUAÇÃO MUNDIAL E NACIONAL	13
3 EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA E AMBIENTAL DO AUTOMÓVEL	27
3.1 Evolução tecnológica dos materiais automotivos	29
3.2 A evolução dos plásticos no automóvel	38
3.3 Impactos sobre a reciclabilidade: aspectos técnicos e econômicos	39
3.4 Logística reversa	41
4 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E NORMAS TÉCNICAS	44
4.1 Diretiva europeia sobre veículos em fim de vida	46
4.2 Panorama nacional da legislação brasileira (sobre veículos e reciclagem)	48
5 TENDÊNCIAS DA RECICLAGEM	51
5.1 Ecoconcepção: conceitos e práticas	51
5.2 Processos atuais: tipos de reciclagem	53
5.2.1 Etapas da reciclagem de veículos	55
5.3 Cenários para o futuro	59
5.4 Perspectivas para o Brasil	61
6 COMPONENTES E PROCESSOS CRÍTICOS PARA RECICLAGEM AUTOMOTIVA	63
6.1 A reciclagem de baterias	63
6.1.1 Método hidrometalúrgico	66
6.2 A reciclagem e reutilização de pneus	69
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
Referências	77

Apresentação

Com o intuito de disseminar os resultados da aplicação do Modelo SENAI de Prospecção em setores industriais, temos o prazer de disponibilizar o *Estudo sobre tendências tecnológicas da Reciclagem de veículos em fim de vida: um setor em formação*.

Este estudo constitui uma atividade de monitoramento e é resultado da continuidade da aplicação do Modelo SENAI de Prospecção no setor de Máquinas e Equipamentos.

O estudo objetivou conceituar a indústria de reciclagem através de suas possibilidades industriais, legislações e gargalos produtivos. Além disso, o estudo busca identificar os atores envolvidos e suas inter-relações, bem como as mudanças estruturais e tecnológicas nos setores interligados, notadamente o automobilístico.

Espera-se que este estudo possa ser mais um importante instrumento de informação sobre o mercado de trabalho, a educação profissional e os serviços tecnológicos para empresas e profissionais do setor, entidades representativas de empregadores e de trabalhadores, bem como para a tomada de decisão quanto à formulação de políticas de formação profissional.

José Manuel de Aguiar Martins

Diretor-Geral do SENAI/DN

1 Introdução

O presente estudo faz uma análise ampla da conjuntura técnica e econômica da atividade de reciclagem ligada ao setor automotivo, focalizando os impactos da regulamentação ambiental e das mudanças tecnológicas ligadas aos materiais e processos de produção. Mostra como a reciclagem vem se constituindo como um novo setor industrial com boas perspectivas de se tornar parte da cadeia de fornecedores de materiais automotivos. Identifica as formas de organização e o perfil tecnológico e profissional desse setor tanto em nível mundial como no Brasil. Na realização desse estudo, foram consultados profissionais de empresas e especialistas do setor automotivo para se formar um quadro compreensivo da política e das práticas de reciclagem atuais e conhecer as principais tendências e perspectivas futuras, a médio e longo prazos. A principal conclusão é que o Brasil precisa investir na qualidade da reciclagem de veículos e componentes automotivos, principalmente plásticos, para melhor aproveitar e valorizar a reciclagem desse material na cadeia automotiva, acompanhando a tendência mundial.

2 A reciclagem automotiva como um setor em formação: situação mundial e nacional

A reciclagem vem se organizando nacional e mundialmente como uma atividade econômica e, como tal, está se tornando um setor importante em termos de geração de renda, de emprego e de tecnologia. Como todos os demais setores da vida econômica e industrial, ele vem sendo objeto de forte regulamentação técnico-econômica e ambiental. As recicladoras valorizam os produtos em fim de vida e os materiais neles contidos e vêm conquistando um mercado com amplas perspectivas de crescimento e de globalização, exigindo esforços diferenciados de organização, de acordo com a natureza dos produtos e dos materiais envolvidos.

Reciclar produtos e componentes em fim de vida para recuperar os materiais e a energia neles contidos é uma tendência mundial irreversível. Na Europa já está em vigor há 5 anos uma Diretiva do Conselho Europeu sobre reciclagem de veículos em fim de vida (*Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council, of 18 September 2000, on end-of life vehicles*) que estabeleceu a responsabilidade das montadoras pela reciclagem e tratamento final dos resíduos provenientes de veículos em fim de vida (VFV).

Outro tipo de regulamentação européia que vem promovendo a organização da cadeia da reciclagem é o chamado “Livro Verde” da Comissão Européia do Meio Ambiente (2001) que preconiza a Política Integrada de Produtos (PIP), cujo objetivo principal é favorecer a emergência e crescimento de um mercado europeu para “produtos verdes”. Na França o Ministério do Meio Ambiente e a Agência do Meio Ambiente e Energia (ADEME) trabalham há mais de quinze anos na promoção e difusão do uso da Análise de Ciclo de Vida nos projetos de produtos e serviços industriais. No Brasil o reflexo dessa legislação e as resoluções do CONAMA sobre resíduos sólidos, pilhas, baterias e pneus já começam a fazer efeito sobre essa nova cadeia produtiva.

De uma maneira geral pode-se dizer que a reciclagem é uma atividade tão antiga quanto a própria metalurgia. Na idade média, por exemplo, as armaduras e armas dos vencidos eram recicladas pelos vencedores por razões econômicas. Mas a noção de economizar os recursos naturais do Planeta só surgiu no último quarto do século XX, e em menos de 20 anos passou a ser uma atividade industrial com vantagens econômicas, ambientais e sociais. Atualmente a reciclagem é uma importante forma de economia, geração de empregos e renda e melhoria da qualidade dos processos industriais. Ela é uma atividade moderna em franca expansão em todo o mundo e, como tal, vem sendo bastante supervisionada, em termos técnicos, e regulamentada, em termos ambientais, até mais do que as empresas de ramos tradicionais da produção de matérias-primas, como a siderurgia, a metalurgia e a petroquímica. O mercado de material reciclado, das chamadas matérias-primas secundárias, sofre a pressão da concorrência dos preços das matérias-primas primárias. Esse mercado precisa então se organizar para garantir um material competitivo em qualidade e preço.

O reconhecimento de que essa atividade já assume importância nacional está no fato de que ela já faz parte da classificação nacional das atividades econômicas (CNAE) utilizada pelas estatísticas do IBGE desde 2003. A Pesquisa Industrial Anual – Empresas 2003-2004 – registrou a existência de 491 empresas exclusivamente dedicadas à reciclagem em 2003 com 540 unidades locais¹. Esses números cresceram cerca de 24% em um ano, enquanto o total de empresas industriais, considerando todos os setores, cresceu apenas 4%. Assim, com 613 empresas e 652 unidades locais, em 2004, o setor de reciclagem apresentou um dinamismo tal que justificou seu detalhamento por grupo de atividade, a saber: reciclagem de sucatas metálicas e reciclagem de sucatas não-metálicas. O primeiro totalizou 111 estabelecimentos no país, e o segundo, 424. O total do pessoal ocupado nos dois grupos chega quase a 15 mil pessoas, das quais cerca de 70% estão no grupo das sucatas não-metálicas. Esses dados mostram ainda uma grande concentração dessa atividade na região Sudeste, contudo, essa situação pode se alterar em menor período de tempo do que as pesquisas do IBGE são realizadas, devido ao grande dinamismo do setor. A Tabela 1 mostra a distribuição regional em 2004 dos estabelecimentos industriais cuja principal atividade é a reciclagem, ou seja, as chamadas “recicladoras”:

¹ Estabelecimentos industriais com endereços distintos, mesmo que pertencentes à mesma empresa.

Tabela 1 – Número de recicladoras por grupo de atividade, região e estados em 2004

Regiões	Sucatas metálicas	Sucatas não-metálicas	Total
Norte	-	-	11
Centro-Oeste	-	-	33
Nordeste	-	-	60
Sul	36	199	235
Sudeste	75	225	311
TOTAL	111	424	652

Fonte: IBGE, PIA – Empresas (2004).

A Tabela 2 revela uma maior concentração da atividade de reciclagem na região Sudeste, seguida do Sul e do Nordeste, que juntos detinham quase 93% dos estabelecimentos existentes em 2004. Na mesma tabela, comparando-se a distribuição regional da população brasileira com a dos estabelecimentos de reciclagem, pode-se observar o grau de intensidade da reciclagem por região. Neste caso a maior força dessa atividade se encontra na região Sul, com 36% das recicladoras para menos de 15% da população do país. Como região de menor força relativa está o Nordeste, com quase 30% da população e menos de 10% das empresas de reciclagem. A região Sudeste, apesar de ser a mais importante do país em termos econômicos, mantém-se em torno da média de participação populacional, com 47% dos estabelecimentos e 42% da população.

Tabela 2 – Distribuição percentual dos estabelecimentos de reciclagem e da população por região

Regiões	% Empresas A	% População B	Grau de reciclagem A \leftarrow \Rightarrow B
Norte	2,0 %	7,7	Fraco
Centro-Oeste	5,1 %	6,9	Médio
Nordeste	9,2 %	28,0	Fraco
Sul	36,0 %	14,8	Forte
Sudeste	47,7 %	42,6	Médio

Fonte: IBGE PIA – Empresas (2004) e PNAD (2003).

Assim as regiões podem ser classificadas segundo a intensidade da atividade de reciclagem. Para mostrar o peso relativo que essa atividade, propõe-se aqui distinguir três níveis:

1. **Fraco** – quando o percentual de recicladoras A for muito menor que o da população (**A<B**)
2. **Médio** – quando o percentual de recicladoras estiver próximo ao da população (**A = B**)
3. **Forte** – quando o percentual de recicladoras for muito maior que o da população (**A>B**)

O forte grau de intensidade da reciclagem do sul do país pode ser explicado pelo pioneirismo da região em termos de política ambiental já nos anos 80, quando Curitiba foi a primeira cidade brasileira a implantar um programa de coleta seletiva e reciclagem denominado *Lixo que não é Lixo*. Em renovadas campanhas anuais, a cidade vem educando a população para separar os materiais a serem descartados. Isso resultou em uma mudança cultural em favor da reciclagem e do reaproveitamento de materiais. Segundo a Prefeitura, Curitiba é hoje a cidade brasileira com um dos mais altos índices de separação – 20% do que é gerado vai para a reciclagem, e estima-se que o aproveitamento máximo esteja em torno dos 38% do lixo total. Essa iniciativa foi seguida no início dos anos 90 por diversos municípios da região Sudeste, que, pelo seu peso econômico, assumiu nos anos 2000 a liderança em termos de volume de produção, que atingiu em 2004 cerca de 27,7 toneladas a um valor de transformação industrial de quase R\$ 302 milhões (IBGE - PIA Empresa e PIA Produto), já representando 1% do valor da transformação industrial total, referente a 37 setores de atividade, segundo a CNAE.

Outra característica que pode se depreender das informações do IBGE é a predominância da reciclagem de sucata não-ferrosa, em termos de número de estabelecimentos. Isso pode ser explicado, em parte, pela classificação assumida pela pesquisa, que classifica as empresas e suas unidades locais (estabelecimentos) segundo a natureza de sua atividade principal. Portanto, empresas dos segmentos siderúrgico e metalúrgico, mesmo que parte de sua produção seja realizada através de sucata metálica, não são consideradas recicladoras, no sentido estrito do termo.

Por outro lado não se pode deixar de reconhecer que os avanços tecnológicos na reciclagem de plásticos foram importantes, tanto nacional

como internacionalmente, e que tiveram reflexo direto no Brasil no aumento da comercialização desse tipo de sucata. O dinamismo desse setor é tal que em 2004, ano base 2003, foi realizada uma pesquisa intitulada **Elaboração e Monitoramento dos Índices de Reciclagem Mecânica dos Plásticos no Brasil (IRMP)**, com abrangência nacional e metodologia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os resultados completos podem ser obtidos no *site* http://www.plastivida.org.br/reciclagem/pes_mercado.htm.

Tabela 3 – Posição da pesquisa do IRMP do Brasil em 2003

Número de empresas	492
Faturamento	R\$ 1,3 bilhão
Capacidade instalada	1,06 milhão de toneladas
Produção	780 mil toneladas/ano
Nível operacional	73,6%
Número de empregos diretos	11.500

Fonte: Plastivida *web site*, consultado em 30/08/2006.

Para o cálculo do IRMP foram pesquisadas 492 empresas (tabela 3), cujos dados de produção foram consolidados por região e cruzados com a geração total de plásticos em cada região, totalizando ambos os resultados para o país. O motivo de a pesquisa do IRPM ter registrado um número mais elevado de recicladoras de plásticos do que toda a categoria de reciclagem de sucata não-metálica da PIA - Empresas 2004 deve-se ao fato de que o IBGE, segundo já foi mencionado, só classifica como recicladoras as empresas que se dedicam à transformação industrial de sucata como atividade principal, enquanto a IRPM considera também as empresas verticalizadas que se dedicam à triagem e comercialização de sucata.

Segundo os resultados dessa pesquisa, o índice de reciclagem mecânica de plásticos no Brasil é de 16,5%, só perdendo para a Alemanha e para Áustria. Mas como ressalta a análise feita pela Plastivida, com uma estrutura adequada de coleta seletiva esse índice poderá ser ampliado em 26,4%, o que colocaria o país em primeiro lugar, superando os índices atuais da Alemanha e da Áustria, hoje com 31,1% e 19,1% respectivamente. Na distribuição relativa desse índice em termo regional destaca-se em primeiro lugar a região Sul, com 26,2%, bem acima da média nacional, seguida da Sudeste, com 19,2%. Contudo, em termos

absolutos, o primeiro lugar na reciclagem de plásticos pós-consumo é da região Sudeste, com 58% do volume total de plásticos reciclados, seguida pela região Sul, com 25%, e pela região Nordeste, com 14,5%.

Tabela 4 – Índice de reciclagem mecânica de plástico pós-consumo, em t/ano

Tipo de resíduo plástico	Centro-Oeste	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Brasil
PET	0,0	0,0	27,3	62,7	47,2	39,3
PEAD	15,1	0,0	12,9	24,0	18,2	16,6
PVC	0,0	0,0	21,3	28,8	14,7	16,5
PEBD/ PELBD	9,0	0,0	4,3	25,4	15,4	13,2
PP	4,9	0,0	6,7	6,8	10,7	8,2
PS	0,0	0,0	0,0	13,1	5,4	4,7
Outros tipos	0,0	0,0	0,0	7,8	5,5	4,0
TOTAL	6,2	0,0	10,7	26,2	19,4	16,5

Fonte: extraída do site da Plastivida, consultado em 31/08/2006.

O dinamismo do segmento de plásticos está refletido na PIA - Produto 2004 do IBGE, onde ele é o único material destacado entre reciclagem de sucata metálica e de sucata não-metálica. O item "granulação e recuperação de plástico" consta da classificação da PIA de produto denominada "Prod-list", composta de cerca de 4.000 itens, elaborada a partir da nomenclatura do Mercosul (NCM) e ordenada por classe da CNAE de predominância de origem do produto, identificada pelo código de oito dígitos 37.20.90.20, onde "37" corresponde à reciclagem; "20", à sucata não-metálica; e "90", ao serviço de reciclagem de sucata não-metálica. Os plásticos, isoladamente, representaram 13% do segmento de não-metálicos, que por sua vez representou 56% do total das informações do ramo Reciclagem como um todo.

Outro indicador do potencial de crescimento do setor é o quadro das aquisições, melhorias e baixas no ativo imobilizado de suas empresas em 2004. O segmento de reciclagem de sucatas não-metálicas se destaca com 84,5 % do número de aquisições e melhorias, que, entretanto, só representam 30,3% do valor dessas aquisições. Em termos de valor, o segmento de sucatas metálicas representa 69,7% do total dos recursos investidos pelo setor na aquisição e melhorias de bens imóveis e equipamentos. Contudo, o número de baixas

no ativo imobilizado inverte essa situação com a predominância numérica do segmento de não-metálicas, 75,6%, largamente sobrepujada pelo peso do valor dessas baixas no setor de sucatas metálicas, com 92,8%. A Tabela 5 apresenta essas informações.

Tabela 5 – Aquisições, melhorias e baixas no ativo imobilizado² das empresas industriais (valores em R\$ 1.000,00)

	Aquisições e melhorias				Baixas no ativo imobilizado			
	Nº	%	Valor	%	Nº	%	Valor	%
Reciclagem	161	100,00	47.357	100,00	45	100,00	11.680	100,00
Sucatas metálicas	25	15,5	32.986	69,7	11	24,4	10.840	92,8
Sucatas não-metálicas	136	84,5	14.371	30,3	34	75,6	839	7,2

Fonte: IBGE PIA – Empresas (2004).

Quanto à origem da sucata para reciclagem, três tipos de produtos são especialmente volumosos: as embalagens, os produtos elétricos e eletrônicos e os veículos. Entre esses, as embalagens foram o primeiro grande impulso dessa atividade no Brasil, notadamente pelo alto valor da sucata de latas de alumínio para bebidas. A reciclagem de embalagens e a de pequenos produtos eletrodomésticos podem ser ampliadas pela coleta seletiva. Já a linha de eletroeletrônicos de uso doméstico, comercial ou industrial requerem uma organização logística e uma coleta seletiva especial. Contudo, no caso de produtos manufaturados complexos, tais como veículos e eletroeletrônicos, a reciclagem não é tão simples. Um grande esforço de coordenação entre pequenas, médias e grandes empresas e uma boa gestão dessa cadeia produtiva são exigidos para reciclar adequadamente esses produtos.

A melhor perspectiva de crescimento para a reciclagem como setor econômico está na indústria automotiva e nos veículos em fim de vida, que têm grande conteúdo de material em volume e diversidade. Esse setor já vem se organizando em nível mundial e mesmo no Brasil, pressionado pela legislação ambiental e de responsabilidade social das empresas. Contudo, hoje há ainda pouca qualidade no material automotivo reciclado, o que o impede de retornar a suas funções iniciais, que é uma das mais fortes tendências internacionais do setor.

² Ativo imobilizado é tudo que constitui o patrimônio físico da empresa: imóveis e instalações.

A reciclagem de veículos e de autopeças é essencialmente uma atividade transversal e que se realiza tanto interna como externamente ao setor automotivo. Na verdade é preciso construir uma nova cadeia baseada numa logística reversa e da qual participam montadoras e seus fornecedores, assim como empresas de outros setores potenciais consumidores dos materiais reciclados. Fazem parte também dessa rede associações de classe, organizações patronais, agências governamentais e centros de pesquisa e universidades.

Além disso, o setor automotivo é um setor múltiplo e sem fronteiras que, a um só tempo, recebe e transmite inovações em relação aos demais e vem mantendo parcerias estreitas e permanentes entre produtores de materiais, fabricantes de autopeças e montadoras. Tais parcerias não raro ultrapassam as fronteiras nacionais, na busca de soluções de menor impacto ambiental.

Essas parcerias têm gerado inovações tecnológicas e ambientais amplas, que têm alterado o conceito do automóvel e de sua produção. Os novos modelos dos anos 90 já incorporaram, em toda sua cadeia produtiva, materiais e processos de menor impacto ambiental. Como não existe solução universal para um produto complexo como o automóvel, todas as etapas de produção têm que ser monitoradas, da fabricação de materiais à montagem final. Os chamados *carros verdes* devem sair de *fábricas verdes*, nas quais todo o ciclo de produção e de vida do produto é planejado e gerenciado de forma a evitar qualquer impacto ambiental.

Outro aspecto que tem favorecido o tratamento da dimensão ambiental pela indústria automobilística é a redução do número de plataformas. É a chamada diversificação aparente, que se baseia em uma tendência já irreversível de utilização de mesmas peças, sistemas e materiais de forma consorciada por vários modelos. Esse esquema, chamado de plataformas integradas, ou consorciadas, facilita a desmontagem com ganhos de tempo e de escala de produção, que se constituem em gargalos importantes à viabilização econômica da reciclagem.

A questão é complexa, pois o projeto de um veículo envolve horizontes de tempo de médio a longo prazo (mais de 20 anos), e as técnicas e os processos de produção e de reciclagem evoluem constantemente, o que exige um

monitoramento permanente das tendências tecnológicas. O cenário é portanto de incertezas, e as soluções de projeto têm que ser flexíveis e adaptáveis a essa evolução, que sem dúvida será fortemente marcada pelo componente ambiental.

As montadoras sabem que, de agora em diante, é preciso inovar sempre para produzir de forma “mais limpa”, utilizando materiais e processos menos poluentes e mais recicláveis. Essa inovação, por sua vez, segundo Pahl e Behitz (apud NAVEIRO; MEDEIROS, 2000), pode variar desde o emprego pleno de novas tecnologias até a seleção e combinação de princípios conhecidos em diferentes graus. Assim, para esses autores, o projeto pode resultar original, quando envolver inovação radical; adaptativo, quando implicar ajuste de sistemas já conhecidos, ou ainda rotineiro, quando apresentar apenas uma melhoria do produto, por alterações morfológicas ou em seus componentes e materiais. Em qualquer dessas mudanças pode-se encontrar a variável ambiental, pela redução de materiais ou energia contida e/ou a melhoria da reciclabilidade do produto ao fim de sua vida. No Brasil, como no resto do mundo, a indústria automotiva é um setor-chave na geração de produto, renda e emprego; portanto todas essas mudanças têm que ser feitas de forma articulada com a estratégia de negócios das empresas. Em 2005, a produção automotiva brasileira atingiu 2,5 milhões de veículos, registrando mais uma vez uma produção recorde, ainda que com uma utilização média de cerca de 70% da capacidade instalada. Mesmo sendo parte integrante de um mercado altamente globalizado, o setor automotivo brasileiro apresenta especificidades técnicas importantes a considerar, como o álcool combustível e o carro popular com motor de 1.000 cilindradas.

A indústria automotiva do Brasil ocupa o 9º lugar na produção mundial de veículos, entre 52 países produtores representados na OICA (*Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles*), e o 1º lugar na América Latina (ANFAVEA 2004 e OICA 2005), com um total de 2.528.300 unidades em 2005. Algumas categorias atingem níveis ainda mais importantes, como o 3º lugar na produção mundial de ônibus, com 35.266 unidades, e o 6º na de caminhões, com 117.892 ainda em 2005 (Tabela 6).

Tabela 6 – Produção mundial de autoveículos

Ano / Posição no ranking mundial	Total Brasil	Total mundial
1998 / 10°	1.586.291	51.902.126
1999 / 12°	1.356.714	56.258.892
2000 / 10°	1.691.240	58.374.162
2001 / 10°	1.817.116	56.304.925
2002 / 11°	1.791.530	58.994.318
2003 / 10°	1.827.791	60.663.225
2004 / 9°	2.317.227	64.498.220
2005 / 9°	2.528.300	66.465.408

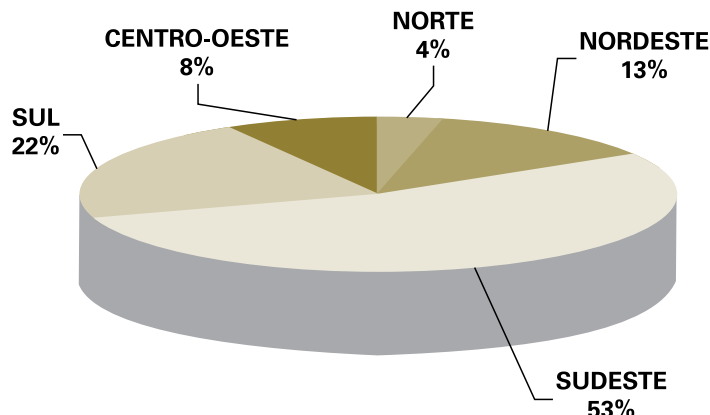
Fonte: Anuário ANFAVEA, (OICA, <http://www.oica.net/htdocs/Main.htm>).

Uma característica do mercado de veículos automotores no Brasil é seu perfil altamente concentrado nas regiões Sudeste e Sul do país, em parte fruto da própria implantação dessa indústria no Brasil nos anos 50 nessas regiões, com uma divisão marcante entre a produção de automóveis em São Paulo e a produção dos demais veículos automotores, como ônibus e caminhões e máquinas agrícolas no sul. Contudo, esse perfil vem se alterando não só do ponto de vista da produção (Figuras 1 e 2), mas também do ponto de vista do mercado consumidor, conforme mostram a Tabela 7 e o Gráfico 1. Registra-se uma queda contínua da participação da região Sudeste na distribuição regional da frota de veículos nos últimos 10 anos – cerca de 60% em 1993 para 53% em 2005 – em prol das regiões Norte e Nordeste principalmente.

Tabela 7 – Evolução da distribuição regional da frota nacional de veículos

Regiões	1993	%	1999	%	2003	%
Norte	453.945	2,00	919.218	2,84	1.184.259	3,23
Centro-Oeste	1.779.353	7,85	2.538.963	7,86	3.013.952	8,22
Nordeste	2.323.368	10,26	3.631.465	11,24	4.448.287	12,13
Sul	4.573.380	20,19	6.682.022	20,68	7.928.580	21,63
Sudeste	13.525.604	59,70	18.546.978	57,38	20.083.423	54,79
TOTAL	22.655.650	100,00	32.318.646	100,00	36.658.501	100,00

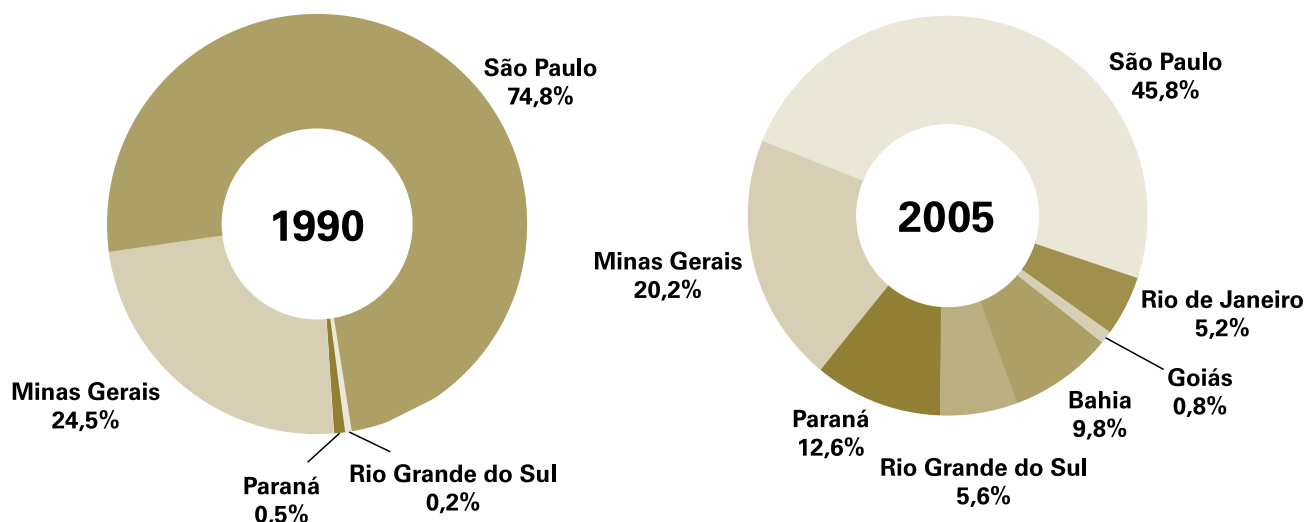
Fonte: DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito (dez. 2005).

Gráfico 1 – Total de veículos por região – posição em dezembro/2005

Fonte: DENATRAN (www.denatran.gov.br).

Segundo o DENATRAN, o total da frota em dezembro de 2005 no país era de 42.071.961 veículos de todos os tipos (ônibus, caminhões e automóveis). Quanto à idade, cerca de 32% tinham mais de 15 anos de uso e 47,11% tinham mais de 10 anos, o que é considerado muito elevado para as categorias de ônibus e caminhões.

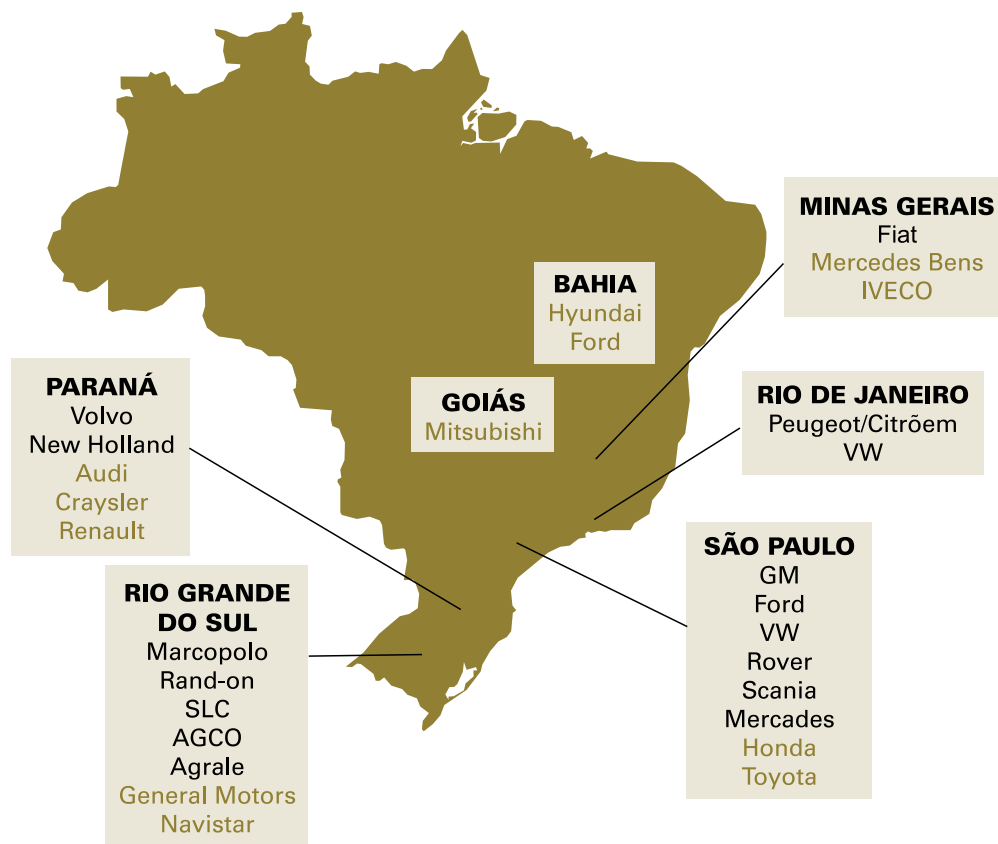
Nos anos 90, com o objetivo de descentralizar a produção e gerar incentivos locais, a política industrial dos estados e o acordo automotivo brasileiro levaram à criação de pólos industriais automotivos nos estados do Rio de Janeiro, Paraná e Rio Grande do Sul (PSA, VW Caminhões, Mercedes, Renault e VW-Audi e a GM no RS). Os estados da Bahia e de Goiás também receberam novas fábricas (BA – Ford; GO –Hyundai e Mitsubishi).

Figura 1 – Localização das montadoras no Brasil

Fonte: ANFAVEA (Anuário 2005).

Atualmente 23 montadoras mundiais estão presentes no país e apenas 2 das 15 novas fábricas instaladas após 1995 foram localizadas no estado de São Paulo conforme indicado no mapa da Figura 2, que mostra em vermelho as novas montadoras que se instalaram no país nos anos 90, indicando uma distribuição menos concentrada na região Sudeste, mais especificamente em São Paulo, o berço da indústria automotiva brasileira.

Figura 2 – Localização das montadoras no Brasil



Fonte: Projeto Cars/PADCT (1997).

A preocupação ambiental também já estava presente nas novas unidades que se instalaram no Brasil nos anos 90, tanto nos novos modelos, mais recicláveis, quanto na reengenharia dos processos de fabricação, com tecnologias mais limpas. A quantidade de peças feitas com materiais recicláveis não cessa de aumentar, e os projetos de novos veículos, já prevendo sua desmontagem ao final de seu ciclo de vida, vêm igualmente facilitando a reciclagem e remanufatura de peças e sistemas. O Clio II, com o qual a Renault iniciou sua produção no Brasil em 1999, foi projetado para ser 95% reciclável, antecipando-se às exigências da Legislação Européia sobre Veículos em fim de vida – DE 2000/53/EC – que estabeleceu essa taxa como meta para 2015.

Na verdade, a questão da reciclagem automotiva está inscrita num cenário maior onde se situam a produção de materiais e de autopeças, a montagem de subsistemas, a montagem final do veículo, a manutenção, reparos e troca de peças, e a reciclagem ao fim da vida útil dos componentes e do próprio veículo. A reciclagem está sendo organizada mundialmente de forma global, ou seja, ao longo de todo o ciclo de vida do produto, resultado de legislações e normas ambientais cada vez mais restritivas quanto ao destino final de rejeitos e resíduos industriais.

3 Evolução tecnológica e ambiental do automóvel

A relação entre o automóvel e o meio ambiente é complexa e envolve a busca de soluções múltiplas e compartilhadas por todos os atores envolvidos, desde a prevenção/minimização dos resíduos até a reciclagem/reaproveitamento. Mas qualquer busca de solução tem que considerar *a priori*:

- o grande volume de resíduos que o automóvel representa;
- a grande diversidade de materiais presentes em seus componentes;
- a toxicidade de alguns elementos químicos desses componentes;
- a extensão e globalização de sua cadeia produtiva;
- o crescimento mundial de seu mercado consumidor;
- a rápida evolução recente de suas tecnologias e de seus materiais (MEDINA, 2003).

Além disso, é preciso ter em conta que a complexidade do automóvel, produto múltiplo composto em média de cerca de 20 mil componentes – autopeças – dos mais diversos materiais, mantém-se por toda a sua vida e mesmo depois, o que obriga à busca de soluções alternativas e diversas para cada uma de suas partes constituintes, da produção à recuperação de suas matérias-primas. Assim, a gestão da relação do automóvel com o meio ambiente pressupõe o acompanhamento e análise de todo o seu ciclo de vida. Quando um veículo atinge o fim de sua vida útil, por exemplo, há partes que ainda podem ser reutilizadas ou recuperadas. O automóvel não se desgasta uniformemente. Há, portanto, uma hierarquia, ou ordem de prioridade, de problemas a resolver, em que no primeiro grupo estão, sem dúvida, os pneus e as baterias (MEDINA, 2003).

Contudo, essa hierarquia não é linear. Há situações que exigem soluções mais urgentes, e outras que, mesmo sem urgência, são mais importantes e cujos processos de reciclagem tem que ser desenvolvidos e monitorados no sentido de se buscar tecnologias mais limpas. A priorização em função do grau de toxicidade já vem sendo objeto de legislação, e materiais tóxicos, tais como o amianto, os metais pesados e o cloro já foram ou estão sendo substituídos progressivamente.

Inovar em soluções técnicas que harmonizem o automóvel e sua indústria com o meio ambiente tornou-se, portanto, imprescindível e, em alguns casos, também urgente. Os problemas do transporte rodoviário e dos automóveis nas cidades vêm se agravando pelo crescimento econômico e concentração populacional. Dentre esses impactos o mais visível é o descarte de produtos em fim de vida; portanto, o indicador mais utilizado em projetos de produtos industriais (de eletrodomésticos a automóveis) para minorar esse impacto é a taxa de reciclabilidade. Essa taxa já foi definida em grandes linhas pela legislação européia sobre produtos em fim de vida de forma a permitir sua incorporação aos critérios utilizados na seleção de materiais e processos. Isso permite que se integre a componente ambiental no desenvolvimento de produtos industriais. Conseqüentemente as empresas vêm detalhando e adaptando essa orientação geral em normas internas para novos projetos de produtos (MEDINA 2005). É a chamada, em prática de projeto, ecoconcepção.

Mas o problema é complexo e difícil de ser equacionado. Em alguns casos pode-se chegar a paradoxos nos quais a solução encontrada para um problema ambiental crie ou agrave outros. Nos novos materiais há muitos exemplos desse tipo. Os plásticos, de um lado, tornaram os carros mais leves e assim reduziram o consumo de combustível; do outro lado, trouxeram problemas técnicos e econômicos para a reciclagem. Assim, mesmo a substituição de materiais tradicionais por novos teve que ser cuidadosamente analisada desde o início e durante todo o desenvolvimento do projeto, pois a vantagem em termos de meio ambiente de um material isoladamente pode se perder ao longo da cadeia produtiva do automóvel (MEDINA, 2003).

3.1 Evolução tecnológica dos materiais automotivos³

O automóvel é originalmente um objeto técnico-mecânico que, em fins do século XIX, se diferenciou das carruagens não só pelo motor à combustão interna mas pelos novos usos de materiais tradicionais metálicos ou orgânicos, como o aço e a madeira, e pelas inovações como os pneus de borracha, que fizeram a grande diferença, em termos de conforto, entre esses dois meios de transporte. Sua melhor definição é portanto um produto múltiplo, constituído dos mais diversos materiais. Além dos metais, que representam ainda hoje 75% de um automóvel, existem ainda mais de 50 tipos de plásticos e outras famílias de materiais menos numerosas, como os vidros, os têxteis, as tintas etc., que, associados a diferentes tecnologias, processos de produção, de tratamento e de montagem, conferem a este produto extrema complexidade. Atualmente todos os materiais constituintes do automóvel são recicláveis, embora apenas cerca de 75% dele em média seja efetivamente reciclado, o que coincidentemente corresponde a sua fração metálica.

A indústria automobilística vem enfrentando o desafio da sustentabilidade ambiental com inovações tecnológicas amplas, que têm alterado o conceito do automóvel e de sua produção. Os novos modelos desde o final dos anos 90 já vêm incorporando, em toda sua cadeia produtiva, materiais renováveis, recicláveis e reciclados, além de processos de menor impacto ambiental. Esses novos materiais, contudo, fazem parte do que Clark e Fujimoto (apud MEDINA 2001) chamam de “inovações invisíveis”, ou seja, aquelas que o cliente não vê, ou não valoriza, senão indiretamente pela vantagem que representam. Mas nem por isso essas inovações são menos importantes do ponto de vista da evolução tecnológica do produto e de sua indústria. Ao contrário, os novos materiais participam de uma estratégia de inovações globais que ultrapassa as fronteiras das fábricas de automóveis. E neste novo século uma parte importante dessas inovações pode ser classificada como “inovações ambientais” e fazem parte de uma estratégia mais global de desenvolvimento sustentável de toda a cadeia produtiva de veículos automotores.

A cada novo projeto, tem-se a impressão de que os veículos e seus modelos de produção são reinventados. De uma indústria de montagem puramente

³ Versão atualizada de Medina 2001, Série CETEM Estudos e Documentos N° 48 “Inovação em Materiais na Indústria Automobilística.

metal-mecânica, completa e verticalmente centralizada, as montadoras vêm se transformando em coordenadoras de uma rede intersetorial, complexa e integrada de grandes grupos industriais produtores de materiais e de autopeças que chegam a ser, por vezes, mais poderosos que as próprias montadoras. Esses grupos, pertencentes principalmente aos setores químico e eletrônico e que passaram a fazer parte da cadeia automotiva, são, por exemplo, Pechynei, GE Plastics, Omnium Plastic, Krupp Hoecht Automotive, Dow Automitive, Siemens Automotive Systems, Delphi Automotive, ITT Automotive etc. Em parceria, as diversas especialidades são compartilhadas e novos conhecimentos são colocados à disposição das montadoras para projetos cada vez mais inovadores. Todos os setores, sejam tradicionais ou avançados, aumentam suas atividades de P&D em redes de cooperação contínua e global, que impulsionam a evolução do automóvel em ritmo cada vez mais acelerado.

A evolução dos materiais automotivos é o resultado de várias inovações e desenvolvimentos tecnológicos frutos de avanços científicos em diversas áreas do conhecimento. Elas só foram reunidas e industrializadas em conjunto em fins do século XIX. Na verdade, ao longo de um século o automóvel vem incorporando ao seu perfil metal-mecânico as contribuições da engenharia elétrica, da eletrônica, da química e da ciência e engenharia de materiais. Assim, a difusão de novas ligas metálicas, dos plásticos e dos compósitos, inicialmente desenvolvidos para a indústria aeroespacial, confere aos veículos atuais um perfil de alta tecnologia em termos de segurança, conforto e desempenho. Mesmo que a evolução dos materiais automotivos tenha sido lenta nos primeiros 70 anos de existência do século XX, nos últimos 30 tem acontecido de forma acelerada tanto em mudanças incrementais como radicais do ponto de vista da inovação. Mesmo os materiais tidos como tradicionais, como o aço, vêm sendo objeto de pesquisa e de inovações contínuas, que afetam de algum modo sua reciclabilidade.

Os plásticos apareceram com força nos anos 70 nas primeiras tentativas de tornar o carro mais leve, buscando a redução do consumo de combustível diante das crises do petróleo de 1973 e 1976. Seguiu-se então uma década de rápidas conquistas, começando pelo interior do veículo e carroceria, passando depois aos novos acessórios ligados aos componentes eletroeletrônicos. Em 15 anos os plásticos dobraram sua participação no peso total dos veículos mas não mantiveram esse ritmo de crescimento por diversas razões, entre as

quais dificuldades técnicas ligadas à qualidade e confiabilidade na fabricação da peça, na montagem, no tratamento dos materiais e na incorporação da peça de plástico ao sistema e à montagem final do veículo.

Superadas as dificuldades iniciais, com resistência reforçada e às vezes com características de condutibilidade elétrica similares aos metais, os plásticos se impuseram com vantagens técnicas e econômicas, tanto em funções estruturais como mecânicas.

Além disso, os plásticos fizeram notáveis progressos não só quanto à qualidade, mas também quanto à reciclabilidade. Hoje todos os plásticos automotivos são recicláveis e em grande parte efetivamente reciclados. Alguns deles, como o polipropileno (PP), por exemplo, vêm sendo reincorporados aos novos veículos de forma crescente. Enfim, do ponto de vista ambiental, pode-se dizer que foram os plásticos os que mais se desenvolveram através da redução de seu grau de toxicidade, aumento de sua reciclabilidade mecânica e valorização energética em produtos em fim de vida. Atualmente diversos plásticos fazem parte dos chamados ecomateriais, que são materiais ecoconcebidos, ou seja, biodegradáveis ou recicláveis, e sem substâncias tóxicas.

Por outro lado, a resposta dos metais não se fez esperar, e vieram os aços especiais, as ligas leves de titânio ou magnésio, o alumínio de maior resistência mecânica e os novos processos de sinterização. Na indústria automobilística é cada vez mais extensivo o uso da metalurgia do pó para fabricação de peças mecânicas e de partes estruturais (sedes de válvulas, guias de cilindros e sistemas de transmissão), simplificando os trabalhos de montagem pela redução das operações de usinagem nas montadoras. Enfim, os metais se tornaram também mais leves e eficientes para as novas funções que vêm sendo incorporadas a cada novo modelo de automóvel. Já o emprego de cerâmicas em funções mecânicas está bem mais atrasado do que se esperava há alguns anos. Apesar de já fazerem parte dos motores de veículos especiais produzidos em pequenas quantidades e a preços bastante elevados, elas aguardam ainda desenvolvimentos que as tornem técnica e economicamente viáveis em grande escala.

Outro grande impulso para a geração e incorporação de novas tecnologias e novos materiais foi dado pela eletrônica embarcada, que imprimiu um ritmo

mais acelerado às inovações automotivas e um perfil mais inovador aos veículos. Mas por outro lado trouxe problemas para a manutenção, desmontagem e a reciclagem de peças e do próprio veículo ao final de suas vidas. Os exemplos de componentes dessa linha são numerosos: sensores que comandam sistemas de segurança passiva ou ativa⁴ ou acessórios que geram maior conforto como vidros elétricos, direção hidráulica, ar condicionado, até as mais novas possibilidades de sensoreamento remoto para orientação dos motoristas ou mesmo para a condução dos veículos totalmente computadorizados, hoje ainda encontrados somente em protótipos de *concept cars*.

É bem verdade que houve uma retomada do aumento de peso dos carros no final dos anos 80 devido principalmente aos equipamentos de segurança. A composição de um automóvel médio nos anos 50 e 90 comparada com a média nacional de veículos de última geração é mostrada na Tabela 8, na qual se verifica a diversificação de materiais e a retomada de peso.

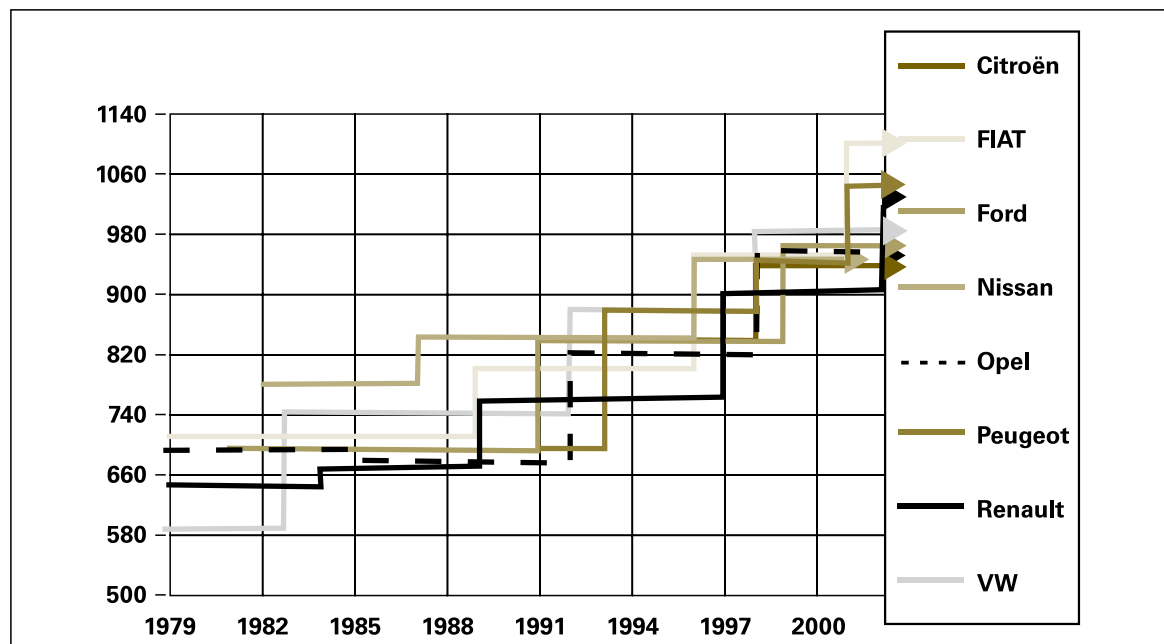
O aumento de peso tem se generalizado e acentuado. Segundo Maeder, Diretor de Engenharia de materiais da Renault, após 1984 cada modelo que substitui o anterior pesa, em média, 100Kg a mais que seu predecessor, de qualquer marca. Na década de 1990 todos os veículos médios ultrapassaram a barreira de uma tonelada e, atualmente, estão em torno de 1.300 quilos. Entre as funções responsáveis por essa tendência estão: em primeiro lugar, o conforto acústico e térmico, respondendo por 50% desse sobrepeso; em segundo lugar vêm a segurança e o tamanho dos veículos, representando cada uma em média 20% deste; e, finalmente, o atendimento às exigências ambientais vem sendo responsável pelos restantes 10% do aumento da massa dos veículos. A Tabela 8 e a Figura 3 ilustram essa situação. A primeira mostra a composição média dos veículos mundiais nos anos 50 e 90 e a de um veículo nacional atual. A segunda faz uma comparação entre essa evolução nas montadoras européias.

⁴ Segurança passiva refere-se à prevenção, como freios ABS, e segurança ativa é acionada no choque, como *air bag* e cintos.

Tabela 8 – Evolução da composição do automóvel em 1950, 1990 e 2006

Materiais	Anos 50		Anos 90		2006	
	Kg	%	Kg	%	Kg	%
Metálicos	1290		793		1213	
Ferro/Aço		79,5		69,7		69,0
Alumínio		0,0		4,7		7,3
Cobre		1,3		1,5		0,6
Outros		6,9		4,3		2,7
Não-metálicos						
Plásticos		0,0		7,0		12,0
Termoplástico						8,0
Termorrígido						1,9
Elastômero						1,7
Outros						0,4
Fluidos		5,0		5,6		2,7
Diversos⁵		7,3		6,9		6,7

Fontes: Anos 50 e 90 Kiperstok (2000), 2006 – informações obtidas pelos autores junto a montadoras no Brasil em setembro de 2006.

Figura 3 – Evolução do peso dos veículos entre 1979 e 2000

Fonte: Gerard Maeder (2005).

⁵ Vidro, borracha, tecidos, madeira, couro.

Contudo, essa tendência é cuidadosamente monitorada em termos de consumo de combustível e compensada pelas melhorias no desempenho dos motores. Isso se dá com a entrada de novos materiais cerâmicos ou compósitos ou mesmo plásticos, em funções estáticas como a das juntas de silicones e mancais de Teflon. Substituindo a tradicional borracha, eles garantem uma maior estanqueidade entre as partes do motor, aumentando sua durabilidade e seu desempenho.

Assim, em um projeto automotivo não é só o material que interessa: é preciso pensar ao mesmo tempo em todas as mudanças necessárias em seu entorno. Do tratamento do material, passando pela fabricação da peça até sua entrada na linha de montagem final, que é ainda um espaço de domínio técnico da metalurgia, tudo tem que ser detalhadamente projetado, e por vezes isso exige uma série de inovações globais e de capacitações técnicas específicas. Novos perfis profissionais surgem decorrentes de processos de produção chamados de especialização flexível. Consorciam-se peças, sistemas e fornecedores e produzem-se diversos modelos em uma mesma plataforma, como é o caso do Golf e do Audi A3, ou do novo Fusca e do novo Passat. O perfil do profissional dessa nova indústria deve ser tão especializado e flexível quanto seus modelos e processos de produção.

Um estudo realizado por uma associação francesa ligada à indústria, a *Association pour l'Emploi des Cadres* (APEC)⁶, conclui que esse processo de simplificação acontece em dois níveis: no nível organizacional, ou da produção, interno às fábricas, e no nível dos produtos, ou externo, no âmbito dos fornecedores de peças e de materiais. No nível do produto, assiste-se à transformação do setor como um todo no sentido da hibridização de uma indústria originariamente mecânica e que incorpora novos materiais, novas tecnologias e novos modos de produção em parcerias cada vez mais amplas. Essa evolução tem levado à destruição de postos e funções tradicionais e à criação de novos postos e novas qualificações. Nesse contexto, as peças em novos materiais que chegam à linha de montagem já se apresentam como conjuntos ou sistemas completos, economizando várias operações industriais e simplificando a montagem final. Em suma, os novos materiais são, no fundo,

⁶ A APEC foi criada em 1966 e representa os quadros de empregados das empresas do setor privado na França. O estudo citado foi publicado em 1997 sob o título *Les métiers de L'Automobile*.

os grandes responsáveis pelas novas qualidades e características dos carros atuais: lazer, trabalho e respeito ao meio ambiente. Para atender a isso, tem-se uma grande necessidade de aços especiais, de alumínio, de magnésio; de plásticos, cerâmicas e todas as composições que podemos fazer com eles, que são os materiais ditos compósitos, ou conjugados. Esses progressos foram fruto de uma evolução contínua que, sem a menor dúvida, revolucionou o produto automóvel.

Atualmente, a tendência mais marcante da difusão de novos materiais na indústria automobilística é a da concepção integrada do material/produto/processo. Ou seja, hoje, mais do que nunca, os materiais estão sendo projetados para os automóveis para além da simples absorção de inovações geradas em outras áreas, setores e/ou funções. Eles se apresentam sob a forma de transferência de tecnologias muitas vezes de difícil e demorada adaptação à realidade industrial do automóvel.

Contudo, essas tendências não se realizam senão através de um processo de seleção e substituição de materiais que vem se tornando cada vez mais complexo, seja pela crescente ampliação da gama de opções (hiperescolha), seja pelo aumento dos fatores (técnicos, econômicos e sociais) envolvidos. As novas formas de organização do trabalho, aprendizagem e gestão de projetos e da produção têm potencializado o impacto de novas tecnologias, das novas técnicas de fabricação de peças e de montagem, aumentando a complexidade da escolha de materiais automotivos. No que se refere à seleção e a evolução de materiais automotivos, Maeder et Giosa (1998) destacam que:

- O material que começa na extração mineral deve retornar ao meio ambiente após diversas transformações e usos industriais.
- O material é um elemento de um sistema que interage com toda a linha de produção e o que interessa não é o material em si, mas a função deste na peça.
- Como elemento de um sistema interativo, o material deve passar por avaliações complexas para ser aceito pelo conjunto.

— A evolução dos materiais automotivos nos últimos 30 anos revela um decréscimo dos materiais ferrosos em proveito do alumínio e dos plásticos.

De uma maneira geral todos os novos materiais vêm sendo obtidos por uma complexa combinação de materiais metálicos, plásticos ou cerâmicos, ditos “primários”, os quais servem de matéria-prima ao desenvolvimento de ligas e compósitos de melhor desempenho, mais leves e de menor impacto ambiental. Uma miríade de composições diferentes podem ser hoje nanoestruturadas⁷ para fabricação de novas ligas metálicas, de novos polímeros e de uma multiplicidade de revestimentos que vão atender às novas funções dentro dos veículos.

É nesse sentido que se pode falar em uma especialização crescente dos materiais para fins automotivos. É toda uma categoria de **materiais projetados** (*engineered materials*) que estão sendo adaptados para o uso automotivo. O alumínio de uso comercial, por exemplo, é contemporâneo do automóvel; ambos datam do final do século XIX, mas só depois de quase um século aquele metal passou a ser pesquisado e aperfeiçoado para uso pela indústria automobilística em larga escala. Hoje os materiais automotivos são desenvolvidos quase que sob medida para o automóvel segundo as especificações constantes de cada novo projeto. Essa tendência é também resultado das alianças e parcerias que estão na base da estratégia de inovações globais que a indústria automobilística vem adotando para o século XXI.

Essa estratégia de concepção global do automóvel em engenharia simultânea e com auxílio de *softwares* como CAD e CAM vem também propiciando a criação de modelos com maior “aceitabilidade ambiental”. Atualmente diferentes montadoras produzem veículos em versões elétricas ou híbridas para funções urbanas específicas, como vigilância de parques e locais de diversão pública, ou mesmo distribuição de pequenas cargas.

Assim, assiste-se, através das novas formas de projeto, de organização da produção e de desenvolvimento de novos materiais automotivos, a uma busca de vantagens conjugadas em termos de melhorias nas aptidões para manufatura e para reciclagem. Os novos modelos são concebidos dentro da lógica do DFA

⁷ Estruturadas em nível molecular.

e DFD (*Design for Assembly and Design for Disassembly*), podendo-se dizer que as principais tendências estão, de algum modo, associadas a um desses quatro pontos:

- Conceção e desenvolvimento de novos materiais para fins automotivos.
- Necessidade de reconcepção de peças e sistemas para maior integração de funções.
- Engenharia simultânea e simulação como instrumentos para a concepção integrada do material, processo e produto final.
- Pesquisa, desenvolvimento (P&D) e engenharia de materiais dirigidos ao atendimento de exigências ambientais.

Finalmente, nossa experiência no monitoramento das tendências dos novos materiais automotivos nos permite afirmar que hoje não há um candidato único à substituição do aço e que a escolha se faz de forma cada vez mais aberta entre vários materiais, como alumínio, plásticos ou materiais conjugados de matriz polimérica e reforços de fibras vegetais. Essa multiplicidade de escolha altera o perfil não só do produto como das qualificações profissionais envolvidas tanto no nível do projeto como na fabricação das peças e nas operações de montagem final. O quadro 1 resume os perfis de materiais e de manufatura do automóvel.

Quadro 1 – As tendências em novos materiais e manufatura de automóveis

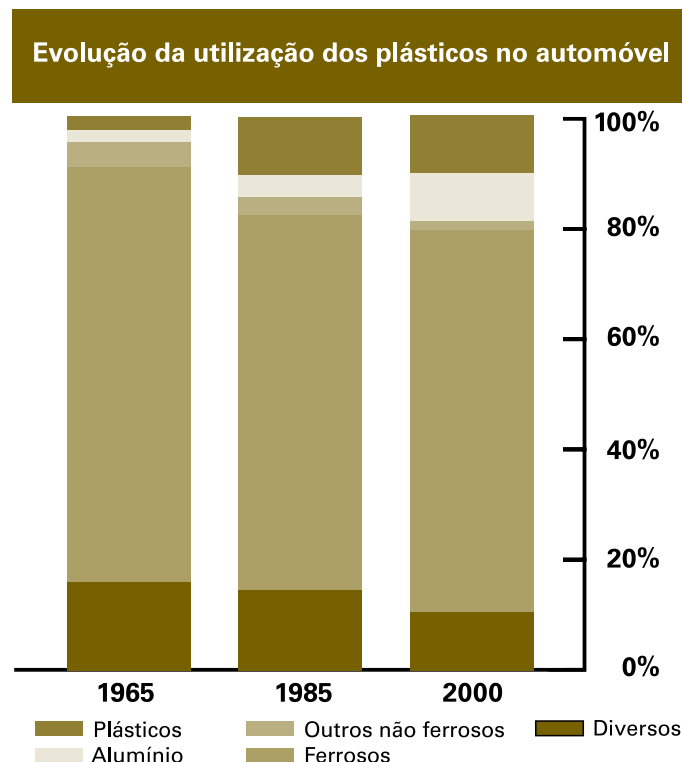
Em baixa	Em alta
1. Conjunto finito de critérios para seleção de materiais, com peso nos fatores econômicos.	1. Ampliação dos critérios para seleção de materiais com peso crescente nos fatores sociais e ambientais.
2. Substituição isolada de materiais, peça por peça.	2. Substituição integrada de sistemas ou conjuntos.
3. Grande número de peças, componentes e de procedimentos de montagem.	3. Redução dos procedimentos de montagem por integração de peças em sistemas/conjuntos.
4. Produção complexa e especializada em diversas plataformas.	4. Produção simplificada e multi-especializada com compartilhamento de plataformas.
5. Processos de fabricação tradicionais tanto para o material quanto para as peças.	5. Novas tecnologias, novos processos e novos materiais com maior eco-eficiência.
6. Escolha única de materiais para cada peça entre metal, plástico, ou cerâmica.	6. Multiescolha de materiais; diversas opções para a mesma peça; predomínio dos compósitos.
7. Uso intensivo, nos automóveis, de materiais de baixo conteúdo tecnológico e grande impacto ambiental.	7. Automóveis fazem uso extensivo de materiais com grande diversidade, alto conteúdo tecnológico e baixo impacto ambiental.
8. Concepção tradicional do produto automóvel em fases e subsistemas.	8. Engenharia Simultânea integrando as fases e facilitando a ecoconcepção.

Fonte: Medina 2001.⁸

3.2 A evolução dos plásticos no automóvel

Os plásticos estão em segundo lugar na composição média dos automóveis, com 12 a 15% da massa total. O polipropileno (PP) responde por 50% da categoria, com cerca de 6% do peso dos veículos e vem sendo amplamente usado na carroceria em funções semi-estruturais ou estruturais, mecânicas, em dutos e tanques de combustível. Segue-se o ABS e, em menor escala, a Poliamida (PA), para funções vítreas, e o Poliuretano (PU) de alta densidade para acabamentos externos e internos. Essa progressão vem se verificando em todos os produtos: automóveis, caminhões e ônibus. A Figura 4 compara a posição dos plásticos com metais ferrosos e não-ferrosos e alumínio na Europa.

⁸ Série CETEM Estudos e Documentos N° 48 "Inovação em materiais na indústria automobilística", disponível no [site www.cetem.gov.br](http://www.cetem.gov.br).

Figura 4 – Evolução da utilização dos plásticos no automóvel

Fonte: www.autovinyle.fr (consultado em 2004).

3.3 Impactos sobre a reciclabilidade: aspectos técnicos e econômicos

Tecnicamente, uma vez reciclados, os materiais automotivos perdem em parte suas propriedades iniciais e passam a ter que ser reutilizados em funções menos nobres no automóvel ou até mesmo fora da indústria automobilística. No caso dos plásticos, essa perda é mais significativa, mas ela contudo existe também nos metais mais utilizados, como o aço e o alumínio. Mesmo quando há uma desmontagem adequada, contaminantes dos processos de tratamento e montagem – como tratamento anticorrosão de chapas, soldas e colas, além do próprio *design* das peças – dificultam e encarecem a separação e recuperação.

Nesse sentido a eliminação de substâncias tóxicas nos materiais automotivos é o primeiro passo para a melhoria da reciclabilidade, o que já vem acontecendo de forma progressiva em nível mundial. São exemplos disso a substituição de amianto por silicone em juntas de cabeçote, as tintas e vernizes

à base de água (sem chumbo), os metais com cobertura poliméricas ou mesmo os compósitos metal-polímeros em substituição a tratamentos anticorrosão com cromo ou zinco, entre outros.

No caso dos plásticos, a complexidade e diversidade crescentes, resultado da rápida evolução tecnológica, vêm exigindo um esforço de pesquisa e desenvolvimento em novos processos de reciclagem e em novas blendas que garantam a qualidade do material recuperado. A evolução dos equipamentos (moldes e injetoras), sistemas de automação e de metrologia também foram responsáveis por uma melhoria sensível do controle dimensional da fabricação das peças de acordo com as especificações do projeto. Isso permite uma maior utilização de matéria-prima reciclada em novos produtos.

Na verdade, os especialistas das montadoras e fornecedores são unânimes em afirmar que, em geral, a qualidade do material plástico reciclado no Brasil ainda não permite sua reutilização no setor automotivo.

Economicamente, à exceção dos metais e de alguns plásticos, os materiais automotivos, por sua grande variedade de composição e usos, acabam apresentando volumes reduzidos e pouco rentáveis para reciclagem. É o caso dos compósitos, dos plásticos reforçados com fibras vegetais ou de vidro, dos tecidos, dos couros, dos componentes eletrônicos, entre outros. No caso de VFV (veículos em fim de vida), mesmo a carcaça metálica vem sendo reciclada junto com os mais diversos produtos – de mobiliário e eletrodomésticos a embalagens. O problema de volume para tornar economicamente eficiente uma reciclagem de qualidade é ainda mais acentuado no caso dos plásticos, uma vez que diversas famílias de plásticos coexistem nos veículos e até em um mesmo componente. Uma solução possível, neste caso, seria uma separação prévia por família de plásticos. Mas ela só seria viabilizada pela marcação das peças plásticas, seguindo-se as ISO 14020, 14021, 14022 e 14023, que estabelecem os princípios, os termos, os símbolos e metodologia para rotulagem ambiental. No caso de veículos e autopeças, esse procedimento já foi adotado pelas montadoras e seus fornecedores por força de exigências da regulamentação europeia principalmente. Como as empresas do setor automotivo no Brasil seguem os critérios ambientais das matrizes, mesmo os modelos projetados no exterior, para produção no Brasil, mantêm as mesmas características estruturais dos que são produzidos lá. As peças e componentes são nacionalizadas sem

alterações nas características básicas, e a marcação é uma delas, uma vez que os carros produzidos em uma determinada unidade devem ser capazes de ser exportados para outros países.

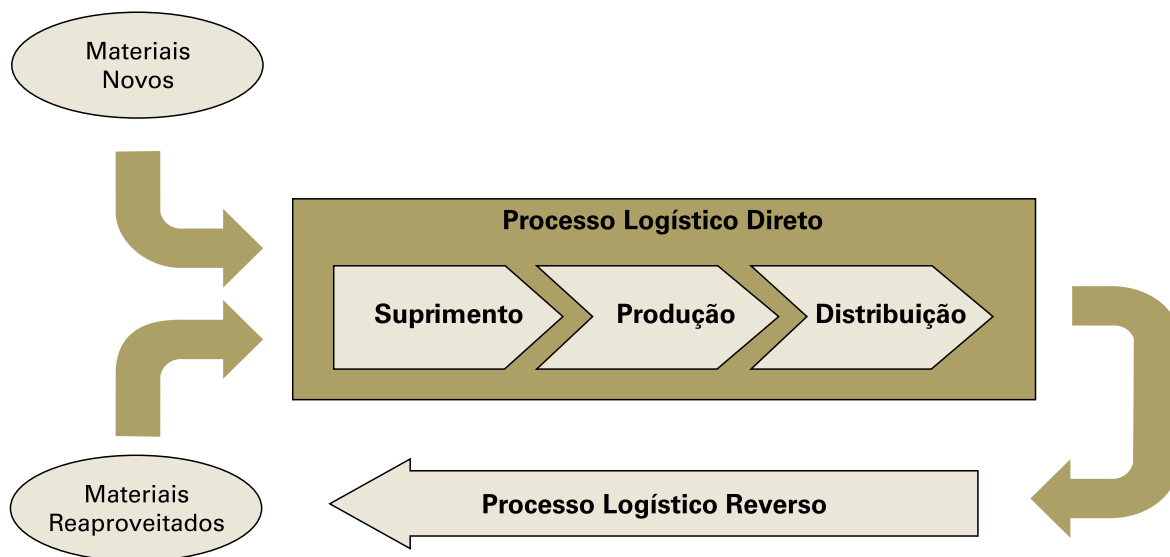
Já no caso dos eletrodomésticos e eletrônicos, as empresas são mais independentes e as matrizes exercem um controle apenas econômico, ficando a cargo da engenharia local projetar os produtos. Nesse setor as exigências da legislação internacional não têm a mesma força que no setor automotivo. Assim, em princípio, os plásticos de veículos, eletrodomésticos e computadores são similares e poderiam ser reciclados juntos. Contudo, os tipos de plástico (PO, PA, PU, ABS PET etc.) teriam que ser identificáveis para separação prévia até dentro de um mesmo produto, pois a mistura entre eles degrada o material reciclado a ser obtido ou exige uma separação química posterior à trituração. Esse processo encarece e torna mais complexo o processo de reciclagem.

Enfim, para serem reutilizados em veículos, os materiais provenientes de processos de reciclagem devem guardar suas propriedades iniciais para atender a exigências de segurança e de desempenho bastante rígidas. E essa reutilização tem crescido em países desenvolvidos, como a França, graças a processos químicos de separação e reciclagem mais seguros em termos de qualidade do material recuperado.

Dessa forma, os carros produzidos no Brasil por multinacionais européias atendem também à legislação da comunidade européia, incluindo a marcação de peças plásticas, a eliminação de substâncias tóxicas e a melhor aptidão à desmontagem, entre outros fatores que fazem parte da prática do *ecodesign*. Porém, ainda não há no Brasil uma estrutura industrial e tecnológica capaz de aproveitar esse potencial, o que acarreta um grande desperdício em termos de ganhos técnicos, econômicos e ambientais para a reciclagem.

3.4 Logística reversa

A logística reversa objetiva tornar possível o retorno dos bens ou de seus materiais constituintes ao ciclo produtivo ou de negócios. Ela é operacionalizada através de canais de distribuição denominados de pós-consumo, ou de pós venda, cujos fluxos gerais envolvem retorno de mercadorias, desmanche, reuso ou reciclagem. A Figura 5 a seguir ilustra a questão.

Figura 5 – Processo de logística reversa – esquema geral

Fonte: Própria.

Os canais de pós-venda são aqueles nos quais produtos defeituosos ou encalhe são retornados ao fabricante para destinação final. Os canais de pós-consumo são constituídos pelo fluxo reverso de produtos ou seus materiais constituintes originados no descarte dos produtos e que de alguma forma retornam ao ciclo produtivo. Os produtos descartados podem ser reciclados, reutilizados ou remanufaturados.

O desmanche de um produto é caracterizado por um processo industrial de desmontagem no qual os seus componentes em condições de uso ou de remanufatura são separados de partes ou materiais para os quais não existem condições de revalorização.

Um dos produtos de maior interesse para a reciclagem é o automóvel, para o qual as empresas vêm aplicando os princípios do *design for assembly* e do *design for disassembly*. Esses princípios simplificadores do projeto do veículo procuram reduzir o número de componentes do veículo e, ao mesmo tempo, facilitar a sua desmontagem e a identificação dos materiais das peças.

O mercado de desmanche de veículos está em franca expansão, e equipamentos estão sendo produzidos especialmente para este fim.

4 **Legislação ambiental e normas técnicas**

A criação de uma legislação ambiental no Brasil passa por uma evolução histórica que tem início logo após a participação do Brasil na Conferência de Estocolmo em 1972. A partir desse evento o governo federal criou a Secretaria Especial do Meio Ambiente, em 1973, e em meados da década de 70 começou a vigorar a questão ambiental no país. Data dessa época a conceituação de poluição industrial e a permissão para que estados e municípios pudessem estabelecer o controle de qualidade ambiental sobre as empresas. Da mesma forma, o decreto 76.389/75 estabeleceu penalidades para infrações à lei, assim como benefícios fiscais para as empresas.

Em 1981 foi criado o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) pela lei 6.938/81, tendo sido instituído o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) como órgão consultivo e deliberativo que dispõe sobre a política nacional do meio ambiente. O papel fundamental do CONAMA é assessorar, desenvolver estudos e propor, ao governo, diretrizes e políticas para o meio ambiente.

A partir da regulamentação da Política Nacional do Meio Ambiente, em 1990 (decreto 99.274/90), uma série de leis, decretos-leis, resoluções, etc. foram elaboradas. Em um levantamento feito em 2000 no estado de São Paulo, contamos 15 leis federais, 10 decretos-leis, 10 decretos estaduais, 13 resoluções do CONAMA, 12 leis estaduais, 8 decretos estaduais e 6 atos da Procuradoria Geral de Justiça.

Esses instrumentos estabeleceram padrões de poluição, limites de emissão de CO₂, controle do uso dos recursos naturais, incentivos econômicos e o controle de produtos desde o seu lançamento no mercado até a sua desativação. As normas relativas ao ciclo de vida dos produtos são as que interessam diretamente a este trabalho e serão detalhadas em seguida.

As normas sobre gestão ambiental tiveram origem na Europa; normas do British Standards Institution no Reino Unido, da AFNOR na França, da NNI na Holanda e da AENOR da Espanha foram integradas pela International

Standardization Organization (ISO), que lançou em 1996 a família de normas da série 14000.

As normas ISO 14000 estão separadas em normas para processos e produtos. As normas ligadas a processo e já aprovadas são: duas para Sistema de Gerenciamento Ambiental (14001 – Especificação e Diretrizes para Uso; 14004 – Diretrizes Gerais sobre Princípios, Sistemas e Técnicas de Apoio) e três de Diretrizes para Auditoria Ambiental (14010 – Princípios Gerais; 14011 – Procedimentos de Auditoria, Auditoria de SGA; e 14012 – Critérios de Qualificação para Auditores Ambientais). As outras normas e documentos-guias referentes a produtos estão em diferentes estágios de desenvolvimento.

Quadro 2 – Relação da série de normas ISO 14000

Grupo de Normas	Norma	Título da Norma
Gestão Ambiental Subcomitê SC1	ISO 14000	Guia para os Princípios, Sistemas e Técnicas de Gestão Ambiental
	ISO 14001	Sistemas de Gestão Ambiental – Especificações e Diretrizes para Uso
	ISO 14004	Sistemas de Gestão Ambiental – Diretrizes Gerais sobre Princípios, Sistemas e Técnicas de Apoio
Auditoria Ambiental Subcomitê SC2	ISO14010	Diretrizes para Auditoria Ambiental – Princípios Gerais de Auditoria Ambiental
	ISO14011	Diretrizes para Auditoria Ambiental – Procedimentos de Auditoria
	ISO14012	Diretrizes para Auditoria Ambiental – Critérios de Qualificação para Auditores Ambientais
	ISO14014/15	Diretrizes para revisões ambientais iniciais
Rotulagem ambiental Subcomitê SC3	ISO14020	Rotulagem ambiental – princípios básicos
	ISO14021	Rotulagem ambiental – termos e definições
	ISO14022	Rotulagem ambiental – símbolos
	ISO14023	Rotulagem ambiental – metodologia para testes
	ISO14024	Rotulagem ambiental – guia prático do programa
Avaliação de desempenho ambiental Subcomitê SC4	ISO14031	Metodologia de avaliação de desempenho ambiental
Análise do ciclo de vida Subcomitê SC5⁹	ISO14040	Análise do ciclo de vida – princípios gerais e códigos de práticas
	ISO14041	Análise do ciclo de vida – análise de inventários
	ISO14042	Análise do ciclo de vida – análise dos impactos
	ISO14043	Análise do ciclo de vida – análise de melhorias
Termos e definições Subcomitê SC6	ISO14050	Gestão Ambiental – vocabulário
Aspectos ambientais em normas para produtos Grupo de trabalho especial	ISO14060	Princípios para inclusão de aspectos ambientais em normas para produtos

Fonte: dos Santos (2001).

⁹ No âmbito do Comitê 5, a partir do ano de 2006, a série foi compactada em apenas duas normas, a ISO 14040 e a ISO 14044. A primeira engloba os princípios e a estrutura da ACV (ISO, 2006a), enquanto a segunda reúne os requisitos e diretrizes (ISO, 2006a).

4.1 Diretiva europeia sobre veículos em fim de vida

A Diretiva 2000/53/CE de 18/09/2000 relativa a veículos em fim de vida (VFV), foi publicada no diário oficial da União europeia em outubro de 2000 com validade imediata, e sua implantação nos países membros vem sendo avaliada através de relatórios e grupos de estudos anuais para as revisões, alterações e complementações necessárias. Ela já foi efetivamente complementada pelas Decisões nº 2001/753/CE; nº 2002/151/CE; nº 2002/525/CE; nº 2003/138/CE; e nº 2005/63/C e seu anexo sobre substâncias tóxicas e de uso restrito, revisto duas vezes.

Em suas considerações iniciais destacam-se as seguintes diretivas como mais relevantes para o contexto brasileiro, pois são as que vêm tendo efeito sobre nossa cadeia automotiva:

— (11) *É importante aplicar medidas preventivas a partir da fase de projeto dos veículos, sobretudo sob a forma de uma redução e controle das substâncias perigosas nos veículos a fim de evitar a sua liberação para o ambiente, facilitar a sua reciclagem e evitar a necessidade de eliminação de resíduos perigosos. Deverá ser proibida principalmente a utilização de chumbo, mercúrio, cádmio ou cromo 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 atualmente analisando o impacto ambiental do PVC. Com base nestes trabalhos, a Comissão apresentará propostas adequadas quanto à utilização do PVC, principalmente no que diz respeito aos veículos.*

— (13) *Os requisitos para a desmontagem, a reutilização e a reciclagem dos veículos em fim de vida e dos respectivos componentes devem ser integrados na fase de projeto e produção de novos veículos.*

— (14) *Deve ser incentivado o desenvolvimento dos mercados de materiais reciclados.*

— (15) *Devem ser criados sistemas adequados de recolhimento, a fim de garantir que os veículos em fim de vida sejam eliminados sem danos para o ambiente.*

A partir dessa e de outras considerações de caráter geral, a Diretiva estabelece em seu Artigo 1º os seus objetivos em relação à reciclagem de VFV e à redução dos impactos ambientais existentes ao longo da cadeia produtiva dos veículos, ou seja, o ciclo de vida dos veículos.

A presente diretiva 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 econômicos intervenientes durante o ciclo de vida dos veículos e, sobretudo, dos operadores diretamente envolvidos no tratamento de veículos em fim de vida¹⁰.

E finalmente, em seu artigo 7º, as metas de reutilização e reciclagem a serem atingidas até 2015:

— *No mais tardar até 31 de Dezembro de 2006, a reutilização e a valorização de todos os veículos em fim de vida devem ser aumentadas para um mínimo de 85% em massa, em média, por veículo e por ano. A reutilização e a reciclagem devem ser aumentadas, dentro do mesmo prazo, para um mínimo de 80% em massa, em média, por veículo e por ano.*

— *No mais tardar até 1º de Janeiro de 2015, a reutilização e a valorização de todos os veículos em fim de vida devem ser aumentadas para um mínimo de 95% em massa, em média, por veículo e por ano. Dentro do mesmo período, a reutilização e a reciclagem devem ser aumentadas para um mínimo de 85% em massa, em média, por veículo e por ano.*

¹⁰ Versão portuguesa, adaptada, disponível no [site europa.eu.int/comm/environment/waste/elv_index.htm](http://site.europa.eu.int/comm/environment/waste/elv_index.htm).

4.2 Panorama nacional da legislação brasileira (sobre veículos e reciclagem)

O Brasil foi mesmo o único país do mundo que incluiu a questão ambiental em sua Constituição Federal, em 1988. A regulamentação através de leis complementares e das Resoluções do CONAMA tem sido lenta e ainda incompleta. Em relação aos veículos automotores, apenas as emissões, os pneus e as baterias foram até agora tratados e com uma defasagem de mais de 10 anos. Foi somente em 1998, através da Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, que o governo qualificou de crime as ações contra o meio ambiente. Ela define como crime contra o meio ambiente:

Art. 54: “Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora: Pena - reclusão, de um a quatro anos, e multa”. § 2º, V “Se o crime ocorrer por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos. Pena - reclusão, de um a cinco anos.”

Art. 60. “Construir, reformar, ampliar, instalar ou fazer funcionar, em qualquer parte do território nacional, estabelecimentos, obras ou serviços potencialmente poluidores, sem licença ou autorização dos órgãos ambientais competentes, ou contrariando as normas legais e regulamentares pertinentes.”

Nesses casos os produtores tornaram-se responsáveis pela reciclagem de seus produtos em fim de vida por regulamentações do CONAMA que fazem parte das exigências para a autorização de funcionamento dessas indústrias. A fiscalização é realizada pelos órgãos ambientais estaduais sem maiores dificuldades, uma vez que são setores oligopolizados, ou seja, formado por poucas e grandes empresas.

Em relação a veículos automotores, a regulamentação do CONAMA dispõe apenas sobre pneus, baterias e emissão de substâncias tóxicas. Sobre pneus, a Resolução CONAMA Nº 258/1999 determina que “as empresas

fabricantes e as importadoras de pneumáticos ficam obrigadas a coletar e dar destinação final ambientalmente adequadas aos pneus inservíveis” – Data da legislação: 30/06/1999 – Publicação *DOU*: 02/12/1999. O artigo 3º estipula os seguintes prazos e condições:

I - a partir de 1º de janeiro de 2002: para cada quatro pneus novos fabricados no país, ou importado, o fabricante deve dar destinação final a um pneu inservível;

II - a partir de 1º de janeiro de 2003: para cada dois pneus novos fabricados no país, ou importados, os fabricantes e importadoras deverão dar destinação final a um pneu inservível;

III - a partir de 1º de janeiro de 2004:

a) para cada um pneu novo fabricado no país ou pneu novo importado, as empresas fabricantes e as importadoras deverão dar destinação final a um pneu inservível;

b) para cada quatro pneus reformados importados, de qualquer tipo, as empresas importadoras deverão dar destinação final a cinco pneus inservíveis;

IV - a partir de 1º de janeiro de 2005:

a) para cada quatro pneus novos fabricados no país ou pneus novos importados, as empresas fabricantes e as importadoras deverão dar destinação final a cinco pneus inservíveis;

b) para cada três pneus reformados importados, de qualquer tipo, as empresas importadoras deverão dar destinação final a quatro pneus inservíveis.

No caso das baterias, a reciclagem do chumbo é economicamente vantajosa, uma vez que o Brasil não produz chumbo primário desde 1996, mas,

contudo, essa reciclagem passa pelas mesmas fases e problemas da produção primária com risco de contaminação dos trabalhadores e do meio ambiente. Assim a coleta, transporte e reciclagem de baterias usadas passaram a ser regulados pelo CONAMA a partir de 1999, pela **Resolução N° 257/1999**, que estabelece que pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos sigam procedimentos de reutilização, reciclagem e tratamento ambientalmente adequados. Dispõe ainda em seu artigo 3º que os estabelecimentos que comercializam os produtos descritos no art. 1º, bem como a rede de assistência técnica autorizada pelos fabricantes e importadores desses produtos, ficam obrigados a aceitar dos usuários a devolução das unidades usadas cujas características sejam similares às aquelas comercializadas. O Brasil deixou de utilizar chumbo como aditivo na gasolina desde 1978. Nessa época também foram fixados os limites máximos aceitáveis de chumbo no sangue e no meio ambiente. A partir do início dos anos 90, os óxidos de chumbo foram substituídos nas tintas e pigmentos (era usado para a cor amarela), e a partir de 1997, seguindo a convenção da Basiléia, o CONAMA proibiu a importação de baterias usadas e em 1999 regulamentou a coleta e transportes destas em todo o território nacional.

Um Programa de Renovação da Frota e Reciclagem de Veículos Automotores (PRRVA) está em discussão na Câmara Federal há mais de 10 anos, o qual propõe, com base no sistema de inspeção veicular anual, o seguinte esquema que foi incluído nos Projetos de Lei N° 1.016 e 2.254/1999, 4.709/2001, 1.590 e 2.796/2003 e 4.937/2005.

5 Tendências da reciclagem

Sob pressão de uma regulamentação ambiental que se amplifica, desde emissões veiculares à reciclagem de veículos em fim de vida, e de normas técnicas que evoluem não apenas no sentido da proteção do meio ambiente, mas também da saúde humana – interdição de substâncias tóxicas, controle e tratamento de rejeitos e emissões industriais – a indústria automobilística vem fazendo avanços significativos nos campos da pesquisa, da produção e do projeto orientados para o meio ambiente.

5.1 Ecoconcepção: conceitos e práticas

A ecoconcepção, mais do que um conceito, é um processo de mudança ou de evolução da atividade de projeto que passa a incorporar o meio ambiente como uma das variáveis consideradas em todas as fases do desenvolvimento do produto. Na Europa essa nova forma de projetar tem permitido às empresas atender às exigências da legislação ambiental e até mesmo antecipar-se a elas.

Na prática a ecoconcepção está baseada no conceito de ecoeficiência e vem sendo adotada por empresas do mundo inteiro. Seu intuito é mostrar que seus sistemas de produção, produtos e serviços têm *performances* econômica e ambiental corretas. Nesse sentido, a empresa minimiza o consumo de matérias-primas primárias, substituindo-as por matérias-primas secundárias, concentrando esforços em pesquisas para diminuir a toxicidade dos componentes de seus produtos e aumentar sua vida útil, além de buscar reduzir seu consumo industrial de energia elétrica.

Atualmente na Europa a existência de normas técnicas sobre materiais e processos de produção e de reciclagem e de Diretivas da Comissão Européia sobre veículos em fim de vida (instrumentos legais e normativos da Comissão Européia, aprovados pelo Parlamento Europeu) tem levado as empresas do setor automotivo a adotarem e desenvolverem abordagens ambientais do tipo *Design for Environment* (DFE), *Design for Recycling* (DFR) e *Design for Disassembly* (DFD) na concepção de seus produtos.

No caso da indústria automotiva, para que as exigências das legislações ambientais fossem traduzidas em critérios técnicos a serem incorporados ao projeto de novos veículos, foi necessário um trabalho contínuo de equipes de apoio ao projeto compostas por especialistas de diversas áreas que atuam interna e externamente às montadoras.

Exemplo atual desse esforço é o caso dos membros do projeto *Eco-design Interactive Tool* (EDIT), coordenado pela Federação Francesa de Plasturgia, que visa criar ferramentas de ecoconcepção específicas para o setor automobilístico. Como exemplo pode-se citar um *software* que rastreia as substâncias contidas em autopeças ao longo do ciclo de vida destas, permitindo uma melhor valorização via reciclagem ao fim da sua vida útil. Outro exemplo é o *software* OPERA (*Overseas Project for Economic Recycling Analysis*) para analisar os fatores que afetam a reciclabilidade de uma peça ou de um material.

Além do auxílio da informática, o ecodesign conta ainda com um trabalho sistemático de análise dos materiais e dos processos de montagem no sentido do estabelecimento de parâmetros e normas técnicas para que os critérios ambientais estejam presentes nas diversas fases dos projetos.

Como resultado dos diferentes grupos de estudo, foram gerados diversos dispositivos de gestão, tais como um guia de preconizações técnicas – para concepção orientada por questões ambientais centrais ao automóvel, como as emissões de gases e o grande consumo de materiais não-renováveis. Em seguida, essas preconizações geraram normas técnicas, como a 00-10-060, de 1998, sobre a concepção orientada para a reciclagem em 2000, o estabelecimento do Programa sobre Gestão do Ciclo de Vida do Automóvel até chegar ao estágio atual.

Assim, de alguma forma, todos os modelos que são anualmente reprojatados incorporam inovações ambientais importantes ligadas à reciclabilidade dos materiais ou à substituição de substâncias tóxicas ou ainda à “desmontabilidade” do veículo. Contudo, essa transição entre o projeto como atividade eminentemente técnico-econômica, concepção tradicional, para um processo de desenvolvimento de um produto com responsabilidade social, ecoconcepção, é um processo complexo e amplo que exige um envolvimento de toda a cadeia produtiva do automóvel, desde grandes produtores de materiais

automotivos e de autopeças até os fornecedores de setores complementares, como de materiais elétricos, eletrônicos e têxteis, entre outros. Ou seja, a base de dados necessária à incorporação de fatores ambientais aos parâmetros técnicos que orientam o projeto de um veículo deve passar por todo o ciclo de vida do automóvel, o que requer informações externas às montadoras.

Além disso, há também problemas no nível técnico interno, relativo ao desenvolvimento do produto propriamente dito, que limitam o avanço da reciclabilidade dos veículos, assim como o aumento da incorporação de material reciclado em novos veículos. Fatores como custo, a qualidade e a segurança continuam sendo fundamentais nas tomadas de decisão em todas as fases do projeto.

Por outro lado, um passo importante para melhorar a reciclabilidade do automóvel seria facilitar a sua desmontagem, ou seja, pensar na desmontagem já no projeto, tanto no que diz respeito ao *design* das peças e sistemas quanto em relação à seleção dos processos de fixação e montagem. A propósito da desmontagem dos VFV, a Diretiva Européia sobre Reciclagem de VFV menciona em suas considerações iniciais:

(24) A fim de facilitar a desmontagem, 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 desmontagem, principalmente as relativas aos materiais perigosos.

(25) A elaboração de normas européias 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 comitê competente. Ao elaborar essas normas, a Comissão terá em conta, se for caso disso, os trabalhos em curso neste domínio nas instâncias internacionais competentes.

5.2 Processos atuais: tipos de reciclagem

Existem diversas formas de se reciclar produtos e materiais. Diferentes tipos de reciclagem são utilizados de acordo com o material ou o produto e com as condições técnica e de mercado. A reciclagem hoje é vista como

uma atividade economicamente organizada e tecnicamente capaz de minorar os impactos ambientais causados pelo descarte de produtos em fim de vida. Segundo o CEMPRE [19], as formas de reciclagem mais utilizadas são a reciclagem energética, química e mecânica, chegando até à reutilização industrial de materiais na cadeia de suprimento das montadoras ou de outros setores industriais.

Reciclagem energética ou valorização energética

A reciclagem energética tem estreita relação com a incineração de resíduos. Ela é feita a partir de uma instalação de combustão de resíduos mas difere da usina de incineração porque gera um produto, a energia (eletricidade e calefação), que pode ser vendido ou reutilizado para abastecer processos. Esse tipo de reciclagem pode ser bastante vantajoso para a indústria, por prover um certo grau de auto-suficiência energética. Esse tipo de reciclagem tem como grande desvantagem a emissão de poluentes na atmosfera, que pode ser minimizada através de uma preocupação prévia com o tratamento desse resíduo. Um exemplo desse processo é a reciclagem de pneus, que será mostrada mais adiante.

Reciclagem química

A reciclagem química visa recuperar compostos químicos que deram origem aos materiais plásticos ou seus compósitos. Isso é possível com a quebra parcial ou total das moléculas dos resíduos plásticos, selecionados e limpos, através de reações químicas. Os materiais obtidos exigem tratamento dispendioso na purificação final. No Brasil, a reciclagem química é feita para o Politereftalato de etila, PET, nos pára-choques de automóveis (PPE¹¹, PA¹², PC¹³, ABS) e nos freios e tanques de combustível (PE¹⁴). O objetivo dessa recuperação dos compostos e substâncias químicas é reutilizá-los como matéria-prima secundária de novos plásticos.

¹¹ Polímeros de Polióxido de Fenileno.

¹² Polímeros de Amido.

¹³ Policarbonatos.

¹⁴ Polietileno.

Reciclagem mecânica

A reciclagem mecânica consiste na redução de tamanho e reprocessamento dos materiais, transformando-os em matéria-prima secundária. Esse tipo de reciclagem fecha o ciclo de reciclagem de um produto, em que ele pode voltar a ser utilizado como matéria-prima para gerar o mesmo produto que fora ou um novo produto, continuando a contribuir com a indústria.

Reutilização industrial ou remanufatura

A reutilização *latu sensu* nada mais é do que a retirada de partes ou peças de um produto que ainda sejam reutilizáveis, com nenhuma ou pouca alteração, ou seja, em um sentido amplo, um novo uso. Exemplos de reutilização são os pneus, que podem ser recauchutados algumas vezes antes de ser considerados inservíveis e ser utilizados nos outros tipos de reciclagem, e peças de automóveis que sofreram acidentes, em que ocorreu a destruição de algumas partes do mesmo mas outras não foram danificadas.

5.2.1 Etapas da reciclagem de veículos

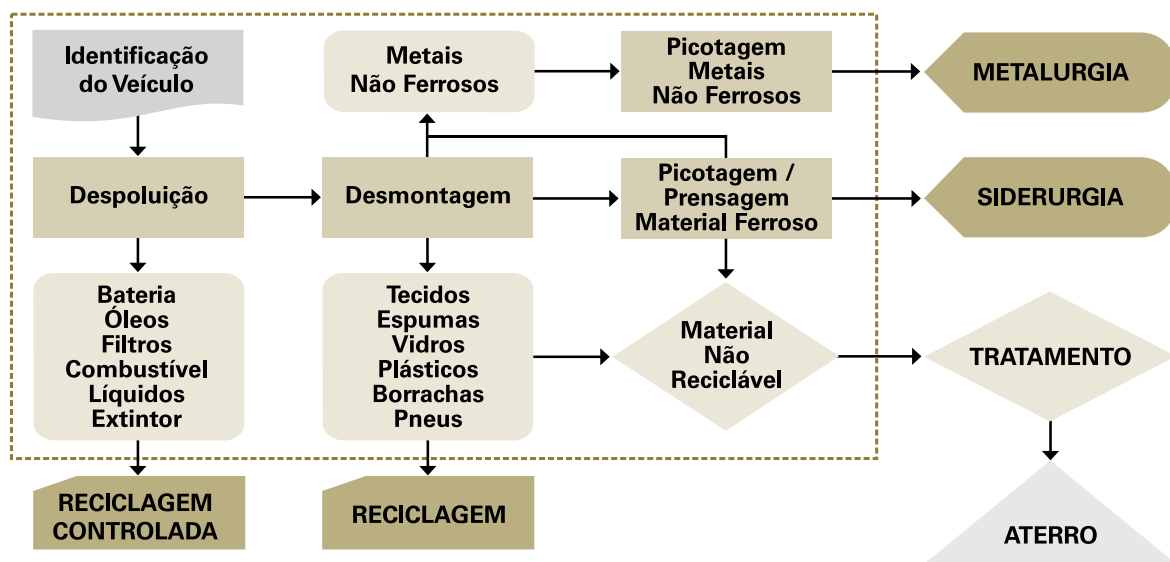
O sistema de preparação para a reciclagem de um veículo em fim de vida propriamente dito envolve, teoricamente, quatro fases:

- Retirada da bateria, do extintor de incêndio e de óleos e fluidos como óleo do motor e do câmbio, óleo do diferencial, óleo de freio e óleo dos amortecedores; filtro de ar, filtro de óleo e de combustível, líquido de arrefecimento do radiador e líquido do pára-brisa (despoluição).
- Retirada das peças que podem ser vendidas como de segunda mão ou re-manufaturadas.
- Desmontagem e/ou retirada de peças ou acessórios (elementos sólidos) para facilitar a prensagem e trituração posterior, como, por exemplo, tecidos, espumas, vidros, plásticos, borrachas e pneus.

Desmontagem das peças metálicas maiores e mais acessíveis para valorizar a reciclagem (separação de materiais por desmontagem). Por exemplo: retirada das partes em alumínio (geralmente capô e portas) e demais partes metálicas da carroceria, como porta-malas, pára-choques, pára-lamas, rodas etc.

Esta seqüência de operações deve ser projetada a fim de se obter o melhor aproveitamento dos materiais na reciclagem e o menor impacto sobre o meio ambiente. A essa seqüência de operações se denomina linha de desmontagem, e é representada de forma esquemática por Joseph H. no *site* <http://www.mma.gov.br/port/conama> (ver detalhes em Medina e Gomes (2003 p. 36-37).

Figura 6 – O caminho do veículo na reciclagem



Fonte: Adaptado por Gomes (2001) da apresentação de Henry Joseph Jr: "Reciclagem de Veículos no Brasil – Estudo das Viabilidades Técnica & Econômica".

Atualmente a tendência mais comum nos países desenvolvidos é que os veículos sejam prensados e triturados logo após a segunda fase, o que dificulta e mesmo impossibilita uma separação mecânica dos diversos materiais, gerando grande quantidade de resíduos de trituração de baixo valor comercial. Essa situação é devida ao alto custo da desmontagem, seja manual ou automatizada, fortemente pressionado pelo fator mão-de-obra. A solução na Europa tem sido buscada por dois caminhos que podem conviver de forma complementar.

O primeiro é de facilitar a desmontagem de peças mais importantes em termos de volume ou material. Nesses casos os materiais mais visados são os

plásticos e o alumínio. Essa solução inclui o desenvolvimento de ferramentas para desmontagem e a própria eco-concepção das peças e dos materiais (substituição de substâncias tóxicas).

O segundo é o de desenvolver os processos de tratamento dos resíduos de trituração de veículos, que seriam prensados e triturados inteiros após a despoluição dos veículos, na qual são retirados basicamente os elementos contaminantes importantes, como fluidos, óleos, filtros, baterias e pneus.

Esses dois caminhos vão determinar, em grande medida, cenários distintos de evolução tecnológica e econômica da reciclagem automotiva. Em termos dos dois maiores produtores de veículos da Europa, França e Alemanha, pode-se dizer que a França vem apostando no primeiro caminho e se preparando para a desmontagem quase total dos VFV. Já a Alemanha está investigando as possibilidades técnicas e econômicas de se explorar a segunda via de prensagem e trituração sem desmontagem e já vem testando em escala piloto um processo orientado para as necessidades do mercado atual de material reciclado denominado VW-Sicon.

OVW-Sicon foi desenvolvido em conjunto na Alemanha pela Volkswagen AG e a Sicon GmbH, com colaboração de outros parceiros ao longo de alguns anos de pesquisa. O princípio básico é o de gerar um fluxo de material a partir de resíduos de Shredders de VFV (veículos em fim de vida), que passam por tratamento e refino especiais até o nível de qualidade requerido para serem reutilizados como matérias-primas secundárias, substituindo a matéria-prima primária. O processo requer um rígido controle dos níveis de emissão, no plano técnico, e amplos mercados consumidores dessas matérias-primas. Segundo Stephan Krinke (KRINKE ET AL 2005), esses mercados já existem para os granulados, fibras e areia. O processo ainda precisa ser implementado e avaliado em escala industrial, mas em testes piloto já se mostrou bastante vantajoso, tanto do ponto de vista técnico como econômico.

Quanto aos aspectos ambientais, foram feitas análises comparativas do ciclo de vida de dois processos: com separação de peças plásticas de mais de 500g de peso e sem a separação. Os resultados, para todos os indicadores do inventário do ciclo de vida (*life cycle inventory* – LCI), foram favoráveis ao processo sem desmontagem. Quanto aos aspectos técnico e econômico, Krinke

et al (2005) sustentam que os ganhos ambientais da separação dos vários tipos de plásticos automotivos seriam muito pequenos comparados ao tempo consumido nas fases de separação. Os autores afirmam ainda que mesmo com crescente emprego de materiais plásticos, ligas e metais não-ferrosos mais leves, o processo é ambientalmente superior à alternativa de desmontagem.

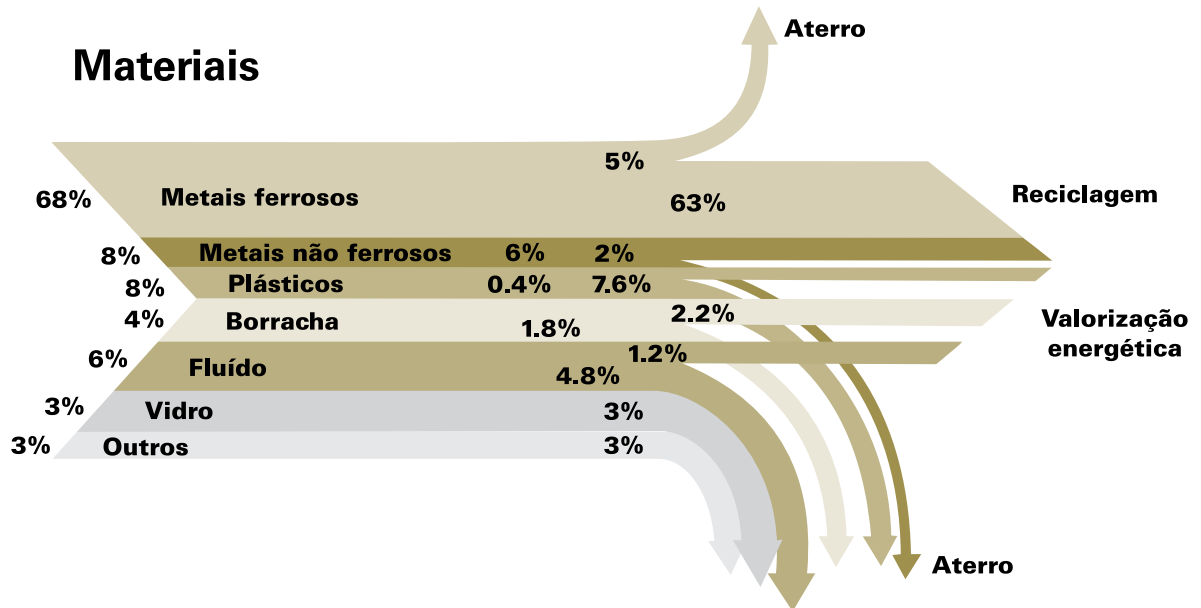
Contudo, contribuíram para essa conclusão premissas importantes e nem sempre realistas e que não podem ser universalizadas, como:

- A utilização exclusiva dos plásticos para recuperação energética (queima).
- Os altos custos de mão-de-obra para desmontagem e separação manual.
- Os altos custos logísticos dessas operações (estocagem, transporte etc.).
- As emissões decorrentes de transporte (a distância entre os diferentes agentes dessa cadeia multiplica o impacto ambiental por um fator 5).

O VW-Sicon é um processo para o tempo presente, pois considera as tecnologias de reciclagem, os materiais e os mercados para os materiais reciclados, caso permaneçam as condições atuais, sem sofrer modificações significativas. Isso não é provável que ocorra em setores de evolução constante como o automotivo, o de materiais e mesmo o de reciclagem. Além disso, as condições tecnológicas e de mercado variam de país para país. No Brasil, por exemplo, o tempo de desmontagem manual não é um fator limitante e é amplamente compensado pela geração de empregos. É uma meta que favorece processos intensivos em mão-de-obra, que não requer altos salários como na Europa¹⁵. A destinação predominante dos materiais automotivos na Europa – a partir de um estudo realizado em Portugal logo após a Diretiva Européia sobre VFV – é mostrada na Figura 7 a seguir.

¹⁵ O SEMIC, salário mínimo na França, está em torno de 1.200 Euros/mês.

Figura 7 – Fluxo dos materiais na reciclagem automotiva



Fonte: Reciclagem dos Materiais Componentes do Veículo Automóvel – Protap.

5.3 Cenários para o futuro

A reciclagem de VFV nos países desenvolvidos é hoje o centro das atenções da gestão ambiental. O que mais preocupa as autoridades europeias e nacionais ligadas à área ambiental é o processo primário de destruição de VFV atualmente – diretamente prensados e triturados para posterior reciclagem ou recuperação dos materiais. Inconvenientes como o barulho e perigos imediatos, como o risco de explosões, somam-se à dispersão de elementos tóxicos tanto na atmosfera quanto nos resíduos sólidos contidos nas escórias dessa primeira etapa da reciclagem automotiva, como metais pesados e outros contaminantes. Os resíduos da trituração dos veículos são o ponto central do problema tanto pela quantidade como pela periculosidade que representam. Após a promulgação da Diretiva Europeia sobre veículos em fim de vida (DE 2000/053), surgiu a necessidade de se aprimorar o processo de reciclagem de veículos e de resgatar sua viabilidade econômica diante dos novos parâmetros ambientais. As montadoras foram instadas a assumir a responsabilidade total sobre seu produto desde a produção até a reciclagem. Parcerias de longo prazo entre montadoras, fornecedores de autopeças e de materiais e recicladores foram estabelecidas para viabilizar essa cadeia como um novo setor. Testes de desmontagem de veículos vêm sendo realizados por todas as montadoras (MEDINA, 2006).

Considerando-se um horizonte de 10 a 15 anos, dependendo do estado atual e das trajetórias a serem adotadas por cada país, pode-se prever a existência de três grandes cenários para a reciclagem automotiva em nível mundial.

Esses cenários partem da manutenção da situação atual até chegar a uma situação-limite ideal. Na primeira predominaria a chamada reciclagem selvagem de VFV, ou seja, com técnicas primárias como a prensagem e trituração. Nesse caso gera-se um grande volume de resíduos, configurando um desperdício de materiais ainda reaproveitáveis. Na situação-limite os VFV seriam idealmente desmontados por completo, seguindo especificações técnicas dos fabricantes, permitindo assim a melhor separação prévia dos materiais por peças e uma reciclagem técnica e economicamente mais eficiente. O resultado, no cenário ideal, seria a obtenção de materiais reciclados de melhor qualidade e maior valor, que encontrariam uma gama mais ampla de aplicações industriais como matéria-prima secundária na própria cadeia automotiva.

Esses são cenários extremos que poderiam ser complementados por um cenário intermediário, onde a desmontagem parcial do veículo seria feita seguindo uma seleção técnica e economicamente orientada no sentido de uma reciclagem ecoeficiente. Os três cenários podem ser resumidos como a seguir.

— Cenário 1: Reciclagem sem desmontagem do veículo: A separação dos materiais seria predominantemente mecânica e realizada após as fases de despoluição, prensagem e trituração. Pode ser também chamado de Cenário Tendencial por ser uma extrapolação simples da situação mais crítica encontrada atualmente e guiado por uma lógica predominantemente econômica.

— Cenário 2: Reciclagem com desmontagem seletiva: O veículo passaria por uma desmontagem parcial de peças selecionadas antes das fases de prensagem e trituração, passando por uma separação manual antes e por uma ou várias separações mecânicas e/ou químicas depois. Nesse cenário as peças desmontadas teriam sido previamente selecionadas no projeto do veículo, e o critério mais usado seria a massa representada pelo peso da peça. Este seria um Cenário de Melhorias Contínuas guiado por uma lógica técnico-econômica.

— Cenário 3: Reciclagem com desmontagem total ou de grande parte do veículo: Nesse cenário o veículo teria um manual de desmontagem e teria sido totalmente projetado para facilitar as tarefas de desmontagem. Esse seria o Cenário Ideal, ou de ruptura com os anteriores, e guiado por uma lógica eminentemente ambiental.

O cenário 1 exigirá menor investimento em mudanças industriais ou tecnológicas que os demais, apostando na permanência do atual estado da arte dos materiais e das tecnologias de reciclagem. Um exemplo de estratégia nesse sentido parece ser o do Grupo Volkswagen com o processo VW-Sicon.

O cenário 2 e 3 são gradações que vão depender tanto das trajetórias de inovação e das estratégias ambientais das montadoras como da evolução da regulamentação ambiental em níveis mundial e nacionais. Nesses cenários, o exemplo mais expressivo é da Renault, que vem se antecipando às exigências da Diretiva Européia e se preparando para legislações mais rígidas, do tipo poluidor pagador.

5.4 Perspectivas para o Brasil

As perspectivas para o Brasil são de caminhar no sentido do cenário Ideal (3) mais facilmente do que os países desenvolvidos. Isso se deve por uma série de fatores típicos da realidade brasileira dentre os quais se destacam:

- 1) Baixo custo da mão-de-obra.
- 2) Baixo investimento imobiliário (terrenos e construções).
- 3) Legislação para concessão de incentivos fiscais e tributários para atividades de reciclagem e para o mercado de reciclados em tramitação na Câmara Federal¹⁶.
- 4) Há um mercado forte para peças usadas e remanufaturadas.

¹⁶ Veja quadro anexo sobre projetos de lei em tramitação na Câmara Federal sobre Reciclagem Automotiva, no total de 40 projetos. Oito deles dispõem sobre concessão de incentivos fiscais ou tributários ao setor.

5) Há mercado para reutilização de partes de carroceira de veículos em fim de vida.

6) Há um forte crescimento do mercado de reciclagem de plásticos.

7) Há uma boa capacidade industrial no setor de produtos metálicos cuja reciclagem não apresenta maiores problemas.

Por outro lado o setor de reciclagem de plásticos não está preparado para uma produção de qualidade, que atenda as exigências do setor automotivo, perdendo assim uma oportunidade que se abre em nível mundial. As carências nesse segmento vão desde os aspectos logísticos da coleta e transporte da sucata até os aspectos produtivos propriamente ditos, como a falta de pessoal treinado para manuseio e separação das peças em fim de vida e identificação dos tipos de plástico. Há também uma falta de laboratórios aptos a fazer análise e validação do material reciclado para novos usos.

No segmento de reciclagem de aço a cargo de grandes grupos siderúrgicos, essa situação vem sendo tratada adequadamente através do programa Orientação para o Fornecimento de Sucata. Ele é um projeto inovador de capacitação em gestão de sucata elaborado em parceria com o Centro Nacional de Tecnologias Limpas/CNTL – Senai/RS. Esta capacitação aprimora o rigoroso controle de qualidade ambiental realizado pela usina no recebimento e na seleção desta matéria-prima (<http://www.gerdau.com.br>).

Outro ponto a assinalar é que a não-desmontagem dos veículos prejudica o aproveitamento da parte metálica, principalmente a não-retirada de peças plásticas, devido ao aumento dos volumes de resíduos de trituração não-utilizáveis pela siderurgia. Isto resulta em verdadeiras montanhas de rejeitos que podem ser vistas nos pátios das siderúrgicas.

6 Componentes e processos críticos para reciclagem automotiva

Como já foi dito anteriormente, os veículos não têm um desgaste uniforme de todos os seus componentes. Algumas peças sofrem reposições ao longo do ciclo de vida do veículo. Dois deles constituem-se em importante problema ambiental por sua toxicidade e por seu volume. São exemplos destes as baterias e os pneus, que duram em média, no Brasil, cerca de três anos. Um terceiro grupo é representado pelos materiais de alto valor econômico para reciclagem, que são as peças de alumínio e os metais preciosos dos catalisadores. Todos esses casos apresentam um atual estado das técnicas de reciclagem que necessitam de grande monitoramento ambiental para não causarem impactos extras sobre o meio ambiente. Os processos de reciclagem de metais não-ferrosos seguem a mesma via (pirometalurgia) de produção primária com substancial economia de energia, mas com igual nível de emissões, de toxicidade, de efluentes e de resíduos sólidos industriais.

Apresentamos a seguir, a título de ilustração, estudos de caso realizados entre 2002-2003 sobre reciclagem de baterias e pneus no Brasil e algumas considerações sobre o caso dos catalisadores. Outra razão para escolha desses exemplos é o envolvimento de centros nacionais de pesquisa no desenvolvimento de tecnologias limpas de reciclagem, como é o caso do CETEM, do Ministério da Ciência e Tecnologia, para baterias e catalisadores automotivos, e do CENPES, da Petrobrás, para pneus.

6.1 A reciclagem de baterias

A produção e reciclagem de baterias são mundialmente reconhecidas como principais fontes de contaminação ambiental e de intoxicação humana por chumbo. O processo tradicional de produção e reciclagem do chumbo por via pirometalúrgica é a causa dessa situação, apesar das melhorias contínuas que vêm sendo introduzidas nos últimos anos.

Baterias automotivas são tecnicamente recicláveis e vêm sendo recicladas em proporções crescentes em todo o mundo. As taxas variam entre 90%, para

os países desenvolvidos da Europa e para os Estado Unidos, e 50%, para países em desenvolvimento e subdesenvolvidos. O Brasil não tem dados oficiais sobre reciclagem de baterias, porém um estudo recente realizado por Trouche e Medina (2003) estimou essa taxa para o Brasil entre 65% e 80%, dependendo da região para o ano de 2002. Esse estudo calculou ainda que essa reciclagem estaria atendendo a 40% do consumo aparente de chumbo nacional naquele mesmo ano, do qual as baterias representavam 80%.

O restante do consumo vinha sendo suprido por importação, uma vez que o Brasil não produz mais chumbo primário desde 1996. O estudo também comparou as duas vias possíveis de reciclagem de chumbo – a pirometalúrgica (tradicionalmente a mais usada no mundo e no Brasil) e a hidrometalúrgica (tida como mais limpa ambientalmente por não gerar emissões e mais eficiente tecnicamente por permitir uma recuperação total). Os principais aspectos desse trabalho são apresentados resumidamente a seguir.

Quanto à toxicologia do chumbo no ser humano, pode-se dizer que as principais vias de absorção são a inalação e a ingestão. A primeira é própria do meio profissional, e a segunda ocorreria na população em geral pela contaminação do meio ambiente (água e solo). Os mecanismos de difusão e fixação não são totalmente conhecidos mas sabe-se que uma grande parte do chumbo é absorvida pelo sangue e em seguida se fixa nos ossos, constituindo-se em um grande risco para crianças. Nessas a contaminação é ainda mais grave, prejudicando o crescimento. O ciclo de vida do chumbo no organismo dura entre 3 e 4 semanas no sangue e entre 20 e 27 anos nos ossos.

Os efeitos da intoxicação por chumbo são: anemia, por baixa produção de glóbulos vermelhos; perturbações do sistema nervoso central (saturnismo) e perturbações do sistema nervoso periférico, por modificação da estrutura e do comportamento dos nervos. Os sintomas mais comuns são falta de força nas mãos e tremores. Além disso, a intoxicação por chumbo afeta o funcionamento dos sistemas digestivo, urinário, genital, endócrino e cardiovascular.

É importante destacar que não existe limite seguro para a contaminação por chumbo, pois sintomas importantes já foram observados em níveis relativamente baixos. E os riscos de contaminação estão presentes em todas as fases de tratamento e reciclagem de baterias usadas, ou seja, na estocagem,

no transporte, no pré-tratamento, na redução do óxido de chumbo e no refino por via pirometalúrgica.

As normas de estocagem e transporte foram estabelecidas de acordo com a Convenção da Basileia, seguida pelo Brasil e regulamentada pelo CONAMA na Resolução 257/1999.

Tecnicamente o chumbo das baterias pode ser reciclado pelo processos pirometalúrgicos tradicionais ou via hidrometalúrgica sem grande diferença em termos de recuperação do metal, isto é, mais de 95%. O processo de refino pirometalúrgico em alto fornos ou fornos rotativos é o mais usado em todo o mundo. No processo tradicional as baterias são prensadas e trituradas, ou picadas, e em seguida são separados seus componentes básicos: chumbo (65%), plástico (5%), ácido sulfúrico (28%) e outros metais (2%). O chumbo é refundido para ser reutilizado na produção de novas baterias, e os resíduos são normalmente dispostos em um aterro industrial.

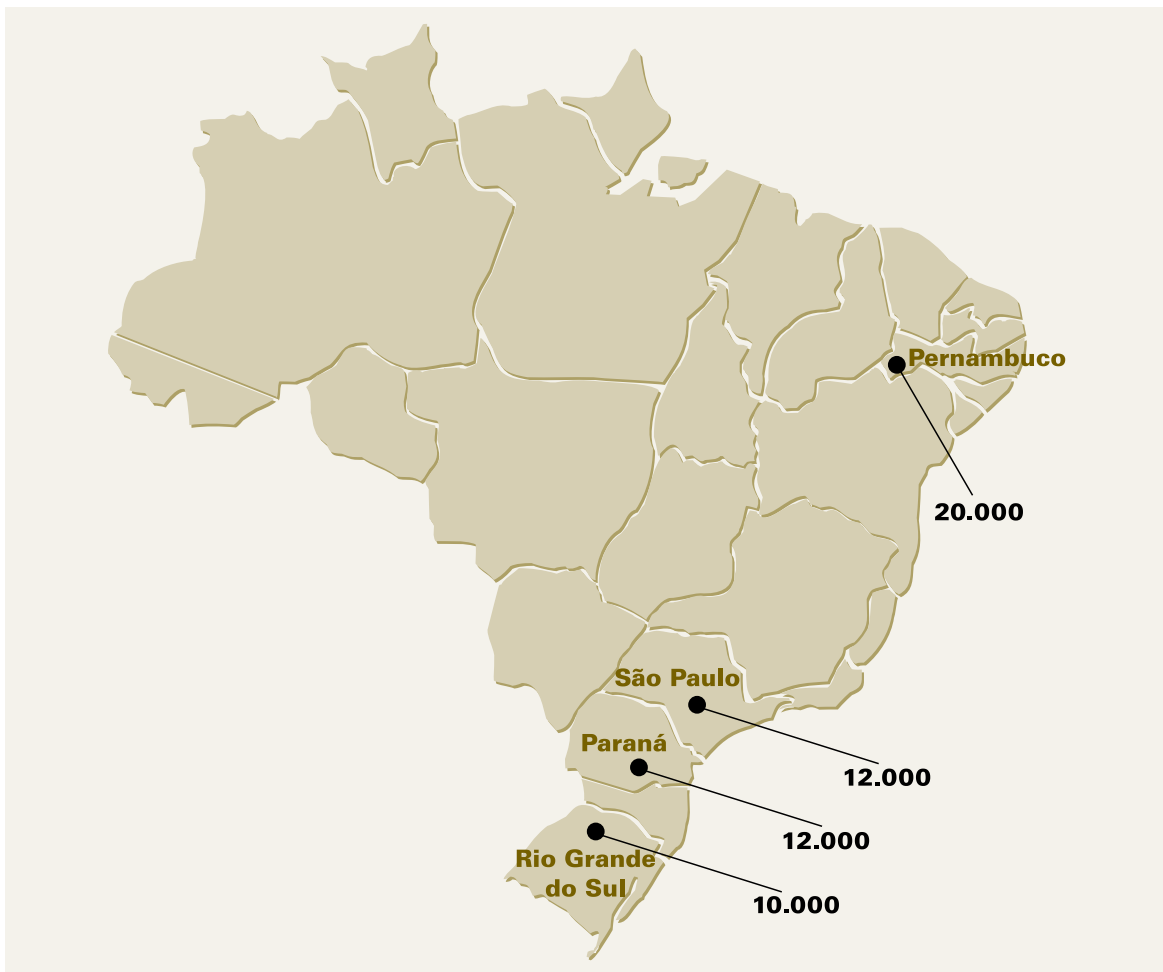
No Brasil, um estudo realizado pelo Instituto de Química da UFRJ e pela FIOCRUZ no Rio de Janeiro, em 2001, forneceu indicadores de contaminação ambiental em áreas adjacentes a essas fontes ditas estacionárias de emissão de chumbo, sob a forma de poeira, afetando a qualidade do ar em torno de um estabelecimento de recarga e reciclagem de baterias da região. Esse estudo encontrou concentrações 50% acima do limite aceitável permitido pela legislação, que é de 1.5 ug Pb.m⁻³. E essa situação ocorreu cerca de 5 anos após o fechamento do estabelecimento.

Entre 1995 e 1999 foram fechadas todas as recicladoras independentes de baterias no estado do Rio de Janeiro e em vários outros pontos do país. O quadro atual de recicladores de baterias à base de chumbo (automotivas e industriais) mostrado no mapa a seguir (Figura 8) reduziu em cerca de 50% a capacidade instalada do setor. A maior empresa produtora e recicladora do país é a Moura Baterias (mais de 22 mil t/ano), localizada em Belo Jardim, no estado de Pernambuco.

Além da Moura restavam, em 2003, a Tonolli em São Paulo, a Tamara no Paraná e a Sulina Metais no Rio Grande do Sul. Em dezembro de 2003 foi licenciada pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São

Paulo (CETESB) a recicladora independente Frey&Stuchi Ltda, que voltou a funcionar depois de investimentos de US\$ 2 milhões em sistemas de tratamento de efluentes e disposição final de resíduos, modernização e logística para atender a 10 grandes empresas automobilísticas do país. A tendência é de que outras empresas médias voltem a funcionar, uma vez atendidas as exigências ambientais.

Figura 8 – Localização dos recicladores de baterias no Brasil



Fonte: Trouche (2003).

6.1.1 Método hidrometalúrgico

O método hidrometalúrgico para produção e recuperação de metais não-ferrosos surgiu da busca de redução de impactos ambientais dessas atividades. Ele é hoje considerado a tecnologia mais limpa disponível em termos técnicos, mas sua viabilidade econômica e industrial ainda não é adequada

para grandes volumes de produção. As usinas existentes (Canadá, Itália, França principalmente) são de produções em torno de 5t/h – cerca de 10 vezes menor do que as usinas pirometalúrgicas.

Tecnicamente a hidrometalurgia é uma tecnologia de processamento químico para dissolução do metal a partir do concentrado primário ou de sucata utilizando água, oxigênio e reagentes sob pressão. Segue-se uma série de tratamentos químicos de separação de elementos e purificação do material até se atingir um metal de alto nível de pureza. Comparado com o processo pirometalúrgico tradicional, a hidrometalurgia é mais eficiente na recuperação dos metais, consumindo menos energia e não gerando resíduos tóxicos.

Os primeiros passos desse método foram dados pelo antigo Bureau of Mines Americano ainda nos anos 70, cujos resultados foram publicados em 1982. As primeiras iniciativas no nível industrial começaram nos anos 90 com a Engitec Technologies SpA, inicialmente com o método CX-EW (1992); depois, com o atual CX compact. A Engitec é uma empresa italiana de engenharia de processos, localizada em Milão, com grande atividade no ramo de produção e reciclagem de metais não-ferrosos. Ela projeta e constrói as usinas com todas as instalações para reciclagem de sucata e resíduos de metais não-ferrosos (<http://www.engitec>).

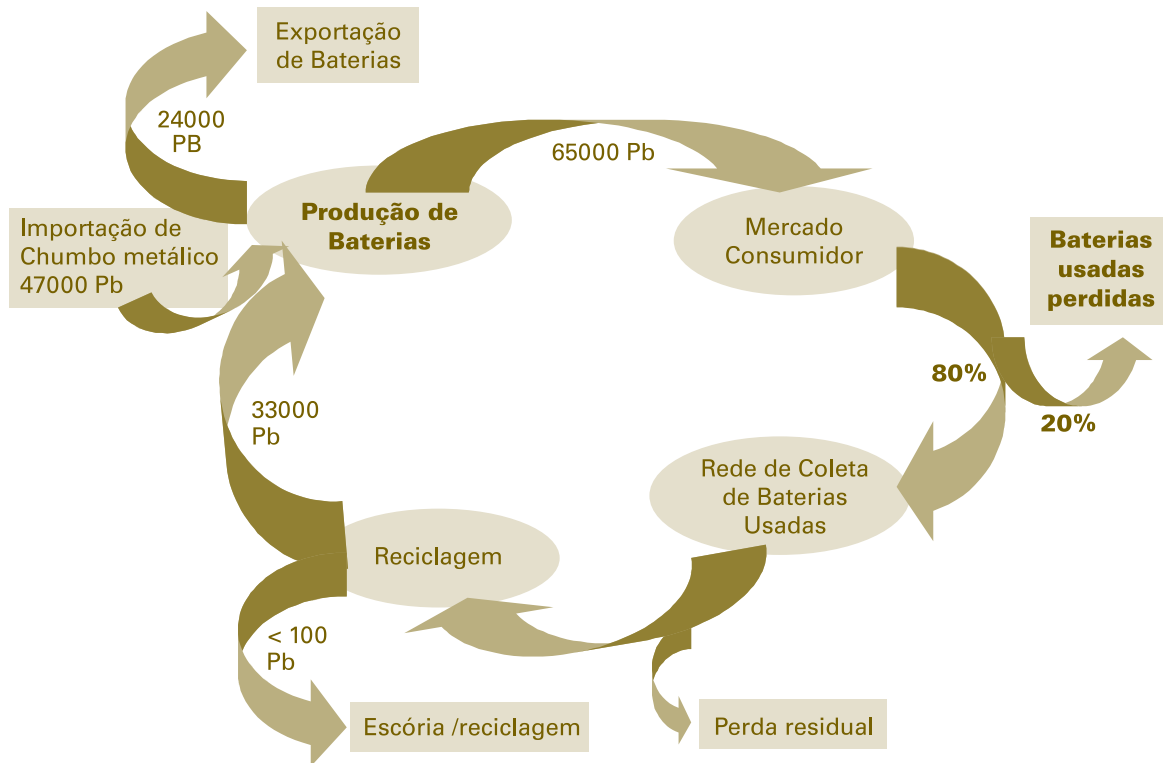
No Brasil o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), ligado ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), vem desenvolvendo estudos para recuperação de chumbo de pilhas e baterias por processos hidrometalúrgicos alternativos desde 1998. O objetivo inicial foi determinar o nível de contaminação existente nos aterros onde esses produtos eram descartados. O segundo passo foi reduzir os impactos ambientais da reciclagem pirometalúrgica desses produtos associando-se uma via hidrometalúrgica para dessulfurização da pasta das baterias em um processo que pode ser considerado híbrido.

Esse projeto do CETEM foi inicialmente motivado pela regulamentação do CONAMA sobre pilhas e baterias no final dos anos 90 (228/97, 235/98, 257/99) e que inclui as baterias automotivas.

Atualmente, o Brasil está passando por uma situação de reestruturação

do setor em bases ambientalmente mais sustentáveis, e com isso a demanda por tecnologias mais limpas e processos de monitoramento e tratamento de rejeitos e efluentes têm crescido. A tendência é de redução ou eliminação das perdas do ciclo representado na Figura 9.

Figura 9 – O Ciclo de produção e reciclagem de baterias veiculares no Brasil



Fonte: Trouche (2003).

Os principais desafios a curto e médio prazo são:

- Implantar e aprimorar o sistema de coleta de baterias em todo o território nacional.
- Minimizar o transporte de baterias usadas, que representa custos e emissões elevados.
- Desenvolver tecnologias limpas para reciclagem.
- Desenvolver tecnologias para tratamento de resíduos, monitoramento e recuperação de áreas contaminadas com metais pesados.

- Responsabilizar os produtores de baterias pelo tratamento ambientalmente correto do produto em fim de vida.
- Adotar o princípio poluidor-pagador.

6.2 A reciclagem e reutilização de pneus

Em 2004 o Brasil produziu cerca de 52 milhões de pneus e 146 mil toneladas de pneus inservíveis cujos destinos finais foram 56,06% para produção de combustível alternativo, 17,65% para laminação, 19,65% para artefatos/matéria-prima e 6,64% para exportação (CEMPRE, ano?).

Ainda segundo o CEMPRE, a produção de pneus e câmaras de ar consomem cerca de 70% da produção nacional de borracha, e sua reciclagem é capaz de devolver ao processo produtivo um insumo regenerado por menos da metade do custo da borracha natural ou sintética. Apesar disso e do alto índice de recauchutagem no país, que prolonga a vida dos pneus em 40%, a maior parte dos pneus inservíveis é destinada à queima como combustível, a chamada recuperação energética. Além disso, a reciclagem economiza energia e poupa petróleo usado como matéria-prima virgem e até melhora as propriedades de materiais feitos com borracha, atendendo às exigências ambientais do CONAMA. Mesmo a queima de pneus para aquecer caldeiras é regulamentada por Resolução do Conama que determina que a fumaça emanada se enquadre no padrão I da escala de Reingelmann para a totalidade de fumaças. Os principais usuários de pneus em caldeiras são as indústrias de papel e celulose e de produtos alimentícios. Em fornos rotativos são as fábricas de cimento, que podem usar até a carcaça inteira e aproveitam alguns óxidos contidos nos metais dos pneus radiais. A queima a céu aberto é proibida em vários países, inclusive no Brasil.

A trituração dos pneus para uso na regeneração da borracha mediante a adição de óleos aromáticos e produtos químicos desvulcanizantes é um dos principais mercados para a reciclagem desse material. Com a pasta resultante deste processo, as indústrias produzem tapetes de automóveis, solado de sapato, pisos industriais e borrachas de vedação, entre outros produtos. No Brasil já há tecnologia em escala industrial que regenera borracha por processo

a frio, obtendo um produto reciclado com elasticidade e resistência semelhantes ao do material virgem. Além disso, essa técnica usa solventes capazes de separar o tecido e o aço dos pneus, permitindo seu reaproveitamento. O pó gerado na recauchutagem e os restos de pneus moídos podem ser aplicados na composição de asfalto de maior elasticidade e durabilidade, além de atuarem como elemento aerador de solos compactados e pilhas de composto orgânico. Há também o processo SIX de transformação em energia, que mistura o pó com o xisto desenvolvido pela Petrobrás e atualmente em uso na usina de produção de gás da Petrobrás no Paraná.

As principais formas de reciclagem de pneus compreendem métodos mecânicos, térmicos, químicos e biológicos. Os métodos mecânicos dividem-se em:

— **Exclusivamente mecânico:** Em autoclaves giratórios, o material recebe o oxigênio, calor e forte pressão. Isso provoca o rompimento de sua cadeia molecular. Pela adição de reagentes químicos forma-se uma massa de borracha, que é moldada ao passar por uma calandra e um gabarito. Em seguida a borracha é revulcanizada, formando matéria-prima secundária sob a forma de fardos de borracha regenerada para ser utilizada em novos produtos.

— **Mecânico associado ao processo criogênico, ou congelamento seguido de tratamento mecânico:** Apresenta como vantagens reduzida manutenção, possibilidade de obtenção de granulometria bastante reduzida, limpeza do produto obtido, a não-emissão de óxidos de enxofre (como principal vantagem econômica) e o reduzido índice de desperdício durante o processo.

Os processos químicos permitem a desvulcanização e a revulcanização da borracha. O processo consiste na separação química dos materiais poliméricos através da quebra das ligações carbono-carbono, carbono-enxofre e enxofre-enxofre que se haviam estabelecido durante a vulcanização.

Por fim, a reciclagem biológica vem sendo estudada nos EUA (desde 1996), após a descoberta de que a bactéria *Sulfolobus acidocaldarius* cresce a pH's de cerca de 2.5 a uma temperatura de 70°C e se alimenta de enxofre. A partir dessa informação foi feito um estudo envolvendo além desta, cinco outras bactérias, às quais se adicionou, durante 7 dias, pó de borracha

proveniente de pneus usados. A sua biodessulfurização foi analisada através de um processo de cromatografia iônica. Os resultados mostraram que a *S. acidocaldarius* foi a mais eficaz, convertendo, em uma semana, cerca de 13.4% do enxofre existente e gerando uma borracha que pode ser adicionada, na razão de 15%, no processo de fabricação de novos pneus, sem perdas (<http://www.agiltec.pt/autorec>).

Além da evolução dos processos de reciclagem, houve uma sensível melhoria das técnicas de manufatura, o que aumentou em muito a vida útil dos pneus. O quadro a seguir mostra resumidamente diversos usos dos pneus em diferentes formas de reciclagem.

Quadro 3 – Formas de reciclagem simplificada

Pneus inteiros	Pneus picados
Uso na agricultura	Engenharia Civil
Barragem para água	Combustível
Proteção para acidentes	Aterros Sanitários
Combustível	Pirólise
Conter erosão do solo	Composto para escória
Proteção para acidentes	Aterros Sanitários

Fonte: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/pneus.htm>.

No Brasil a reciclagem de pneus está regulada por resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que emitiu a resolução CONAMA N° 235, de 7 de janeiro de 1998. Nela os pneus usados são classificados como Classe III – inertes, e a resolução n° 258 determina a responsabilidade, tempo e quantidade para a coleta e reciclagem de pneumáticos, cabendo aos fabricantes e importadores a responsabilidade e aos distribuidores, revendedores e consumidores finais, a co-responsabilidade na coleta, em articulação com o poder público. Pode-se comprovar o funcionamento desse esquema na Comlurb de Campo Grande (dezembro de 2005), através da participação da Michelin no programa de coleta de pneus do município do Rio de Janeiro.

7 Considerações finais

A reciclagem está se tornando um setor importante em termos de geração de renda, de emprego e de tecnologia, fazendo parte da classificação nacional das atividades econômicas (CNAE). Podemos afirmar que reciclar produtos e componentes em fim de vida para recuperar os materiais e a energia neles contidos é uma tendência mundial irreversível e que já está presente em nosso país.

Tem-se, atualmente, registradas nas estatísticas do IBGE 613 empresas com 652 unidades locais empregando cerca de 15.000 pessoas. São 108 empresas de reciclagem de sucatas metálicas e 505 empresas de reciclagem de sucatas não-metálicas. Não estão computadas nessas estatísticas as cooperativas de catadores e empresas de coleta de lixo, que, apesar de envolvidas com a atividade de reciclagem, não são registradas como tal.

Dados levantados junto ao IBGE mostram que há uma maior concentração da atividade de reciclagem na região Sudeste em volume. Porém, relacionando os volumes à população, a região Sul se apresenta como a que mais recicla no país. Três tipos de produtos são especialmente volumosos: embalagens, produtos elétricos e eletrônicos e veículos. Esses últimos são os que apresentam a melhor perspectiva de crescimento.

O Brasil tem uma frota de cerca de 37 milhões de veículos, dos quais 32% têm mais de 15 anos de uso, o que configura uma oportunidade ímpar para o setor de reciclagem automotiva. Existe um projeto de lei em tramitação no Congresso Nacional que prevê a renovação da frota baseado nos resultados da inspeção veicular anual.

O automóvel mudou substancialmente nos últimos trinta anos. O conteúdo metálico nos veículos diminuiu bastante, representando hoje 75% da massa do veículo. A constituição atual de um veículo abrange mais de 50 tipos de plásticos e outras famílias de materiais tais como vidros, borrachas, têxteis, tintas etc. Atualmente todos os materiais constituintes do automóvel são recicláveis, embora apenas 75% dele em média seja efetivamente reciclado, o que coincidentemente corresponde a sua fração metálica.

Os plásticos vêm ganhando terreno nos automóveis, sendo o material que ocupa o segundo lugar na constituição de um veículo, com participação média de 12% a 15% da massa total do veículo. O polipropileno (PP) responde por metade dos plásticos automotivos, seguido pelo ABS, pela poliamida e pelo poliuretano (PU) de alta densidade.

Apesar disso, no Brasil ainda não se emprega plástico reciclado na cadeia reversa de suprimento das montadoras em função de não se poder garantir a qualidade do material reciclado. Situação inversa é observada na França, onde a Renault utiliza cerca de 15kg de plástico reciclado nos seus veículos (dados de 2004, fonte?).

Avanços na legislação europeia determinam que os veículos devem alcançar um índice de reciclabilidade de 85% até o final de 2006 e de 95% até 2015. Como nossos veículos são projetados no exterior pela matriz da montadora ou em sintonia fina com a matriz, pode-se afirmar que temos um enorme potencial a ser explorado em termos de recuperação de materiais engenheirados como os que constituem o automóvel hoje em dia.

Para que isso ocorra é necessário dispor de uma tecnologia apropriada para a reciclagem, o que não é uma barreira de entrada muito forte. Uma boa parte das tecnologias de reciclagem são maduras, de forma que o principal entrave não é tecnológico, mas sim a dificuldade de organização de uma cadeia reversa de suprimento capaz de garantir matérias-primas em sistemas produtivos *just-in-time*.

Entre os cenários previstos para a reciclagem automotiva, a reciclagem com desmontagem seletiva e a reciclagem com desmontagem total são os mais adequados para o Brasil em função do custo da nossa mão-de-obra e dos benefícios ambientais.

Alguns componentes já têm uma cadeia reversa de coleta e transformação organizada, como os pneus e baterias. As baterias atingem índices de 65 a 80% de reciclagem no Brasil, dependendo da região, o que mostra que a recuperação do conteúdo metálico dos produtos se justifica economicamente.

As atividades relacionadas à reciclagem têm vários pontos em comum com as da qualidade. O sistema de gestão ambiental utiliza as mesmas técnicas do Sistema de Qualidade. Substâncias tóxicas precisam de certificação de descarte, as empresas que fazem a disposição final dos resíduos precisam ser certificadas, as informações precisam apresentar consistência e rastreabilidade, etc. A gama de profissionais que trabalhará vinculada à reciclagem é muito ampla, indo desde profissionais de projeto de produto a técnicos especialistas em identificação de materiais.

O Brasil tem boas oportunidades para incrementar a reciclagem de veículos, uma vez que o baixo custo da mão-de-obra – associado à existência de mercado para peças usadas e remanufaturadas e à uma legislação que concede incentivos fiscais – torna favorável o crescimento desse setor.

Por outro lado, o setor de plásticos não está preparado para a produção de matérias-primas recicladas com a qualidade exigida pela indústria automobilística, perdendo uma oportunidade que está aberta em nível mundial. As carências desse segmento vão desde os aspectos logísticos da coleta e transporte da sucata até os aspectos produtivos, como a falta de pessoal treinado para manuseio e separação das peças em fim de vida e identificação dos tipos de plástico. Há também uma falta de laboratórios aptos a fazer análise e validação do material reciclado para novos usos.

No segmento de reciclagem de aço, a situação vem sendo tratada adequadamente através do programa Orientação para o Fornecimento de Sucata, um projeto de capacitação em gestão de sucata elaborado em parceria com o Centro Nacional de Tecnologias Limpas/CNTL – Senai/RS.

O setor industrial da reciclagem automotiva está em formação e poderá crescer bastante, dependendo da evolução da legislação. A formação de um profissional para trabalhar nesse ramo representa a reconfiguração de um conjunto de habilidades dispersas em outras ocupações que podem ser aglutinadas para a formação deste novo profissional.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, R. V. V.; SOARES, P. S. M.; TRINDADE R. E. **Estudo da desulfurização da pasta de bateria automotiva visando a reciclagem de chumbo**: relatório técnico CETEM RT 58/2001. Rio de Janeiro : Centro de Tecnologia Mineral, 2001.

BASEL CONVENTION TECHNICAL WORKING GROUP. **Draft guidelines on the environmentally sound management of lead-acid battery waste**. Report elaborated for the Basel Convention Secretariat. April 2001.

HALADA, K.; YAMAMOTO R. The current status of research and development on ecomaterials around the world. **MRS Bulletin**, p. 871-879, nov. 2001.

KIPERSTOK, Asher. Tendências ambientais do setor automotivo: prevenção da poluição e oportunidade de negócio. **Nexos Econômicos**, CME-UFBA, VII, n. 1, p. 101-113, out. 2000.

KRINKE, S.; BOSSDORF-ZIMMER, B.; GOLDMANA, D. The Volkswagen-SiCon Process: Eco-efficient solution for future end-of-life vehicle treatment. In: PROCEEDINGS OF 13TH CIRP INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIFE CYCLE ENGINEERING, 2006, volume 2, Belgium, p. 359-363.

MARCHETTO, I. A reciclagem do chumbo no Brasil. In: SEMINÁRIO DE RECICLAGEM DE METAIS NÃO-FERROSOS, 2000, São Paulo. **Anais**. São Paulo: ABM Associação Brasileira de Metalurgia, 2000.

MEDINA, H. V. de, GOMES, D. E. B. A indústria automobilística projetando para a reciclagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 5., 2002, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro, 2002.

MEDINA, H. V. de; NAVEIRO, R. M. Le projet GINA: la construction d'un centre virtuel pour la gestion de l'innovation dans l'industrie automobile. In: RENCONTRE INTERNATIONALE DU GERPISA, 10., 2002, Paris. **Anais**. Paris, 2002.

MEDINA, H. V. de; NAVEIRO, R. M. Design for sustainability: tomorrows car encompassing environmental paradigm. In: GERPISA INTERNATIONAL COLLOQUIUM, 11., 2003, Paris. **Anais**. Paris, 2003.

NAVEIRO, R. M. ; MEDINA, H. V. de 2001, Managing the integration between design, research and production in the automobile industry. In : CONFERENCE PROGRAM AND PROCEEDINGS OF THE 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN, University of Bristol, Glasgow. v. 2.

NAVEIRO, R. M; MEDINA, H. V. de. A gestão integrada do projeto de veículos automotivos: o caso da introdução de novos materiais na Renault. **Produto & Produção**, Porto Alegre, n. 3 v. 4, p. 77-95, out. 2000.

MEDINA, H. V. de; SÉDILEAU, P. V. L'industrie Automobile se reorganise pour le Recyclage. In: IX GERPISA INTERNATIONAL COLLOQUIUM, 9., 2001. **Anais**. França, 2001.

QUITÉRIO, S. L. et al. Use of dust and air as indicators of environmental pollution in areas adjacent to a source of stationary lead emission. **Cadernos de Saúde Pública**, FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>.

SANTOS, E. L. dos. **Gestão ambiental nas organizações**: a experiência da Scania Latin America (Unidade Brasil). 2001. Tese (Mestrado em Administração)–PUC, São Paulo, 2001.

TROUCHE, V. G. Le recyclage de Batterie Automobile au Brésil” monographie: Projet de Fin d’Etudes en Génie Productique au L’INSA de Lyon, France., Rapport du stage réalisé au CETEM, Brésil, sous la direction de Heloisa V. de MEDINA, 82 p. 2003

WERNICK, I., THEMELIS, N. J. Recycling Metals for the environment. **Annual Review Energy and Environment**, v. 23, p. 465-497, 1998. Disponível em: <<http://www.AnnualReviews.org>>.

Sites da Internet

ENGITEC Technologies: <http://www.engitec.com>

Greenpeace: <http://www.greenpeace.org>

INFOMET: <http://www.infomet.com.br>

Scielo FIOCRUZ: <http://www.scielo.br>

SENAI/DN

Unidade de Tendências e Prospecção – UNITRAB

Luiz Antonio Cruz Caruso
Gerente-Executivo

Luiz Antonio Cruz Caruso
Marcelo José Pio
Revisão Técnica

SUPERINTENDÊNCIA DE SERVIÇOS COMPARTILHADOS – SSC
Área Compartilhada de Informação e Documentação – ACIND

Gabriela Leitão
Normalização

Maria Clara Costa
Produção Editorial

Ronaldo Santiago
Revisão Gramatical

Xxxxxxxxxxxx
Projeto Gráfico e diagramação



CNI SENAI

*Confederação Nacional da Indústria
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Departamento Nacional*

