

# O DESAFIO DA RECICLAGEM DE PLÁSTICOS AUTOMOTIVOS

**Diego Cunha Malagueta**

Bolsista de Inic. Científica, Eng.Mecânica , UFRJ

**Heloisa V. de Medina**

Orientador, Engº. de Materiais, M. Sc.

## RESUMO

*Esse trabalho é resultado de um estudo sobre reciclagem de plásticos automotivos e mostra como esses novos materiais vêm substituindo os metais em diversas funções no automóvel. Eles fizeram parte das soluções técnicas para redução do consumo de energia, de combustíveis e de matérias-primas em nome da preservação dos recursos naturais, mas passaram a ser a grande*

*preocupação ambiental pela baixa reciclabilidade e pelo aumento do volume de plásticos descartados provenientes de veículos em fim de vida. Mostra ainda como esses materiais evoluíram em seus processos de fabricação e de reciclagem, e conseguiram, pelo menos em parte, até o momento, sobrepujar esse desafio.*

## INTRODUÇÃO

Os plásticos automotivos são novos materiais, surgidos em fins dos anos 60, que inicialmente substituíram madeira, e outros materiais naturais de acabamento, e, em duas décadas apenas, avançaram tecnicamente, adquirindo resistência térmica e mecânica semelhante aos metais. Foram chamados de plásticos de engenharia, e passaram das funções acessórias para as semi-estruturais, em seguida para as estruturais, até chegarem, como atualmente, aos componentes mecânicos. Eles fizeram parte das soluções técnicas para redução do consumo de energia, de combustíveis e de matérias-primas em geral em nome da preservação dos recursos naturais não renováveis e passaram contudo a ser a grande preocupação ambiental por sua baixa reciclabilidade e conseqüente aumento significativo do volume de plásticos descartados provenientes de veículos em fim de vida. Mostra ainda como as pesquisas e desenvolvimentos tanto em materiais plásticos como em seus processos de fabricação e de reciclagem, conseguiram em parte, até o momento, sobrepujar esse desafio. Esse estudo destaca ainda

os aspectos técnicos da reciclagem desses plásticos que não apenas substituíram os metais em vários usos no automóvel mas também pegou emprestado suas técnicas de separação e reciclagem. Em conclusão observa-se que produtos em fim de vida como os automóveis serão no século XXI transformados em minas de matérias primas secundárias em nome da preservação do planeta pelo uso mais sustentável possível de seus recursos naturais não renováveis. E a tecnologia mineral num sentido amplo e o tratamento de minérios num sentido estrito têm um importante papel nesse cenário em transformação.

## **1. BREVE HISTÓRICO DA EVOLUÇÃO DOS PLÁSTICOS NO AUTOMÓVEL**

A partir da década de 70, uma série de fatores influenciaram a indústria automobilística acelerando sua evolução técnica, o aumento das vendas decorrente da globalização do setor e o conseqüente aumento da poluição pelo número de veículos em circulação; o crescimento da consciência ecológica dos consumidores; a melhoria tecnológica dos materiais existentes e o desenvolvimento de novos materiais, incluindo novas ligas metálicas, novos polímeros e compósitos. A crise do petróleo trouxe a necessidade da diminuição do peso dos automóveis, com o objetivo final de diminuir o consumo de combustível, o que foi possível através, principalmente, da substituição de peças metálicas por plásticas, sem acarretar perda de qualidade e de segurança.

Essa evolução dos materiais representou avanços técnicos importantes na indústria automobilística, mas também trouxe novos problemas. Diferentemente dos metais, que possuem excelente reciclabilidade, os plásticos não tinham essa característica, e passaram a ser um dos principais problemas do descarte de veículos. Para contornar a situação tantos os materiais plásticos como suas técnicas de reciclagem foram melhoradas através de pesquisas e desenvolvimentos tecnológicos.

Introduzidos inicialmente nos EUA nos fim dos anos 60, sua participação cresceu entre 1960 e 1970, de 11 para 45 Kg num carro médio; no entanto seu uso maior era em funções decorativas e de acabamento interior. (Clean Air Act da Califórnia em 1975) Foram incentivos na busca de maior durabilidade, maior eficiência e menor emissão de gases

O ferro e o aço ainda representavam, em 1995, 67,5% do peso do automóvel médio contra 7,7% dos plásticos e 5,8% do alumínio De 1978 a 1990 houve uma substituição crescente de aço por plásticos o que reduziu o peso médio

do automóvel de 1588Kg para 1316 Kg.<sup>1</sup> Os plásticos atingiram quase 8% do peso total do veículo em 1992, mas essa participação estabilizou-se até 1996<sup>2</sup>, embora as previsões em 1990 admitissem dobrar esse valor nos próximos dez anos.

A evolução dos materiais automotivos nos últimos 30 anos revela um decréscimo dos materiais ferrosos em proveito do alumínio e dos plásticos. Contudo os plásticos de fato são uma denominação genérica de uma família muito diversificada, onde o polipropileno tornou-se o mais importante.<sup>3</sup>

## **2. CLASSIFICAÇÃO DOS PLÁSTICOS AUTOMOTIVOS**

Os polímeros podem ser classificados em dois grupos básicos: os termoplásticos e os termorrígidos. Os termoplásticos têm certas características semelhantes aos metais, o que possibilita a produção destes através de processos tradicionais como a laminação, injeção e extrusão. Isso só é possível devido aos termoplásticos poderem ser aquecidos e resfriados por seu ponto de fusão/solidificação sem que ocorram reações químicas. De maneira diferente se comportam os termorrígidos quando submetidos a variações de temperatura, ao ser aquecido eles também se fundem, mas em seu interior ocorrem reações químicas que os transformam numa estrutura reticulada, infusível e insolúvel.

Em relação a sua aplicabilidade é possível classificá-los em plásticos de uso geral e plásticos de engenharia. À categoria plásticos de engenharia pertencem os termoplásticos, amplamente utilizados no automóvel, por apresentarem módulo de elasticidade alto a altas temperaturas, serem leves, não corrosivos, fáceis de fabricar e processar, terem alta tenacidade e bom isolamento térmico. Assim os termoplásticos são capazes de substituir os metais e suas ligas nos processos de fabricação de peças e montagem do automóvel. Contudo esses materiais não cessam de evoluir quanto às suas propriedades químicas e mecânicas, para atender às mais estritas exigências de qualidade, segurança e durabilidade para utilização em componentes

---

1 Dados da SAE publicados na: Automotive Engineering May 1992, p53.

2 Em 7,7% em 1995 segundo Bragg citado à paginas 113.

3 Neste mesmo artigo Maeder (1997) afirma, à página 4, que só no Renault Laguna podem ser encontrados 56 tipos de plásticos em 592 peças.

automotivos que necessitem das mais variadas propriedades. Alguns exemplos desses usos são mostrados no quadro 1 a seguir:

<b>Material</b>	<b>Utilização</b>
Policarbonato	pára-choques, calotas, suporte para retrovisores
Poliamida 6 com 30% de fibra de vidro	componentes estruturais
Misturas de policarbonato + ABS	freios, componentes semi-estruturais
Co-polímeros: Poliamida 6.12	pára-lamas, painel de instrumentos
Polipropileno	pára-choques, caixas de bateria
PMMA	Setas, pisca alerta, luzes traseiras (lanterna e freio)
Pehd	Reservatórios ( água, óleo de freio etc)
PVC	revestimento do motor e de cabos
ABS, espuma de PU e filme de PVC, PVC, PUR, ABS	painel de instrumentos, freios ABS (principal componente)

### **Quadro 1: Principais Usos dos Plásticos em Automóveis**

**Fonte:** DURAND, C. La valorisation des vehicules hors d'usage-Determination des applications de l'électricité dans ce secteur, enjeu économique et difficultés techniques. 1995. Tese (pós-graduação) – ISIGE (Institut Supérieur de l'Ingénierie et de la Gestion de l'Environnement – Ecole des Mines de Paris, Paris.

Porém essa ampla utilização em partes estruturais e componentes mecânicos e peças de acabamento leva também ao uso de processos de fixação diversos que dificultam a desmontagem para reciclagem. Assim desde o projeto inicial das peças e do automóvel a escolha dos materiais tem que estar orientada para a reciclagem. No caso dos plásticos isso é especialmente importante porque eles não costumam apresentar boa compatibilidade entre si para serem reciclados em conjunto, além de que podem ser contaminados por processos de fixação da peça por cola ou adesivos químicos. O quadro 2, extraído de Medina e Sédilleau 2001, resume as normas adotadas pela Renault na seleção de materiais plásticos em seus projetos de automóveis visando otimizar a compatibilidade química entre os diferentes plásticos automotivos para facilitar sua reciclagem em grande volume.

	ABS	PA	PC	PE	PMMA	POM	PP	PBT	PVC	PC + PBT	ABS+ PC
ABS	1										
PA	2	1									
PC	2	3	1								

PE	3	3	3	1							
PMMA	1	3	2	3	1						
POM	3	3	3	3	3	1					
PP	3	2	3	2	3	3	1				
PBT	2	2	1	3	3	2	3	1			
PVC	2	3	3	3	1	2	3	2	1		
PC + PBT	2	2	1	3	2	2	3	1	2	1	
ABS + PC	1	2	1	3	2	3	3	2	2	2	1

**Quadro 2: Compatibilidade química dos plásticos automotivos**

Fonte: Norma Renault 00-10-060/ "Conception en vue du Recyclage", Section Normes et Cahiers des Charges, Service 0807, Direction des Etudes, Renault Automobile, 1994.

Legenda: 1: Boa Compatibilidade; 2: Compatíveis sobre certas condições; 3: Incompatíveis.

### **3. ASPECTOS TÉCNICOS DA RECICLAGEM DE PLÁSTICOS AUTOMOTIVOS**

Ao fim de sua vida útil, os plásticos têm tecnicamente um vasto leque de opções para a sua reciclagem, porém na prática estas soluções em nível industrial são bem mais limitadas e complexas.

Para se conseguir o melhor aproveitamento possível do lixo plástico deve-se equilibrar o uso de diferentes técnicas de reciclagem levando-se em conta a viabilidade econômica de cada uma delas, resultando na melhor opção para o meio ambiente tecnicamente viável. Deve-se também fazer um balanço energético do despejo e da reciclagem dos plásticos para verificar se a reciclagem é a melhor solução para o ecossistema em cada caso.

A mais simples forma de reciclagem é a reutilização dos componentes, às vezes necessitando de reparos para manter suas propriedades a fim de exercer as mesmas funções de forma satisfatória. Essa é sem dúvida a mais ecológica das opções, no entanto limitada por um número de vezes de reuso no qual o material mantém suas características, e por uma evolução tecnológica e estética natural na indústria automobilística que tornam esses componentes obsoletos.

Para a reciclagem dos materiais propriamente dita, é necessária a prévia separação dos diferentes plásticos que compõe as várias peças a base de polímeros de um carro. Porém apenas em alguns casos, os componentes

são feitos de um único e puro plástico(sem pinturas, resinas, óleos...), e apenas nesses casos o componente pode ser reciclado diretamente sem risco de perder as propriedades que possuía antes do processo. Como esses componentes são minoria, é preciso recorrer aos processos de separação por tratamento químico além da separação física que pode ser feita mecânica ou manualmente. A escolha da forma de separação também depende dos processos e técnicas utilizados na montagem do automóvel, que condicionará assim o tempo de desmontagem, que será mais caro quanto mais longo tornando a reciclagem menos competitiva em termos econômicos.

A separação manual é mais eficaz no que diz respeito a purificação do material. Logo, é a mais indicada em casos onde há presença de sujeira, óleos e outros fluidos, ou seja, contaminantes; e também quando há diferentes plásticos em pequenos volumes e não compatíveis para serem reciclados em conjunto.

A separação mecânica é eficaz quando existem diferenças significativas entre valores de certas propriedades que permitam uma separação rápida e apurada. Nos plásticos a única tecnologia existente é a separação através da densidade. Após serem triturados, os dejetos plásticos são imersos em um fluido onde os menos densos bóiam e os mais densos afundam. Nesses casos são empregados com sucesso os mesmos métodos utilizados para separação de metais, como a flotação por exemplo.

Existem vários métodos de reciclagem e rotas tecnológicas disponíveis e em desenvolvimento, cabe às empresas produtoras de material e recicladoras a escolha do melhor ou mais indicados de acordo com: os seus objetivos, a legislação vigente, a tecnologia disponível e a viabilidade econômica.

A reciclagem mecânica se aplica tanto para plásticos misturados como para um único tipo. Aproveitando o lixo pós-industrial ou o pós-consumo, transformando os plásticos em grânulos para serem utilizados como matéria prima secundária na produção de novos plásticos direcionados a itens de menor qualidade como: sacos de lixo, embalagens não alimentícias, mangueiras... e diversos acessórios de automóveis.

A reciclagem química reprocessa os plásticos as suas formas mais básicas, monômeros, permitindo o retorno desses às refinarias e centrais petroquímicas para a produção de novos produtos. As principais vantagens desse processo são a reciclagem de misturas de plásticos e compósitos que podem assim retornar ao ciclo produtivo como matéria prima secundária com qualidade suficiente para fornecer produtos de alto padrão. Apesar de

parecer simples, esse tratamento é extremamente complexo e demanda muita energia e reagentes químicos, comprometendo a eficiência da reciclagem em relação às vantagens que pode trazer à preservação ambiental.

A reciclagem energética geralmente é a última das opções, mas em muitos casos a única recomendada. Os plásticos são usados como combustível para a obtenção de energia elétrica, recuperando assim parte da energia contida nesses materiais. Representando essa energia muitas vezes um significativo percentual da consumida pela fábrica. Em contrapartida, esse processo emite poluentes na atmosfera, o que requer um planejamento do tratamento desses resíduos.

#### **4. A EVOLUÇÃO DA RECICLAGEM DE PLÁSTICOS**

Alguns exemplos, como os que apresentaremos a seguir, de reciclagem de autopeças mostram a evolução da reciclagem dos plásticos automotivos. Esses casos foram relatados na primeira fase desse estudo realizada em 2002 por Denny E. B. Gomes.

O pára-choque em geral, tem uma vantagem, é composto por quatro materiais (ferro, cobre, e dois tipos de plásticos), o que facilita a desmontagem e fornece uma quantidade significativa para a reciclagem. Porém depois de triturado, a pintura representa de 2,4 a 2,7% do peso dos dejetos de PP, e deve passar por processos para a redução desse percentual a 0.1% antes de ser direcionado a fabricação de novos pára-choques. Segundo estudo feito pela Mitssubishi, o custo da reciclagem por kilo de um pára-choque com pintura varia de 160% a 370% do custo de um pára-choque sem pintura, dependendo do tratamento feito para a retirada da pintura.

O painel de bordo é um desafio a indústria da reciclagem. Este componente é formado por uma enorme variedade de peças de diferentes materiais e tamanhos. Sua complexidade dificulta a reciclagem desde a sua desmontagem, feita manualmente e disponibilizando uma quantidade pequena de cada tipo de plástico em um espaço de tempo insatisfatório. Segundo avaliações presentes no artigo, "Designing for material separation: lessons from automotive recycling", feitas em painéis de diferentes veículos, a reciclabilidade desses painéis ainda não é toda aproveitada em função das limitações tecnológicas e ou econômicas. Por exemplo: em um sedam estrangeiro de luxo de 1994, sua reciclabilidade viável foi estimada em 22%, quando teoricamente este valor poderia ser de até 33%; e em um sedam doméstico de 1993, estes valores seriam respectivamente, 35% e 55%.

O airbag é um bom exemplo de reciclabilidade. Feito de PA6, este airbag já teve um processo de reciclagem desenvolvido especificamente para ele. Através de uma reciclagem química que retorna ao monômero de partida da PA6 é possível produzir PA6 reciclada em escala industrial com uma considerável economia de energia em relação a PA6 virgem. Como seu destino é um produto direcionado a proteção da vida dos passageiros, a PA6 reciclada foi submetida aos mesmos testes que a PA6 virgem e teve seus resultados dentro da mesma faixa, garantindo uma qualidade igual a do produto virgem.

Contudo mesmo se a evolução das técnicas de reciclagem e dos próprios materiais vem tornando os plásticos automotivos cada vez mais recicláveis em termos tecnológicos poucos plásticos são efetivamente reciclados e reutilizados em autopeças. Isso ocorre, na maioria dos casos, devido a falta de viabilidade econômica para reciclagem. Veremos a seguir alguns exemplos de reintrodução de plásticos reciclados no automóvel.

Mesmo sendo poucos os plásticos reciclados, essa quantidade é suficiente para estar em qualquer lugar a nossa volta, seja nos eletrodomésticos, na indústria alimentícia, nos automóveis...

Os exemplos mais numerosos pertencem aos produtos considerados menos nobres, como: sacos de lixo, mangueiras, condutas e embalagens não alimentícias. No automóvel estão presentes nos tapetes de forração feitos do mesmo material das embalagens(PET) que assim como tapetes de nylon são reciclados e retornam ao carro exercendo a mesma função. Além disso há uso de materiais reciclados em dutos e reservatórios de água, caixas de baterias e proteção interna de paralamas. Alguns sistemas de refrigeração também utilizam fibras de nylon recicladas.

## **5. CONCLUSÃO: TENDÊNCIAS E DESAFIOS DA RECICLAGEM DE PLÁSTICOS AUTOMOTIVOS**

Mesmo com as melhorias tecnológicas, a grande diversidade dos plásticos ainda traz problemas à reciclagem, porque ela tem que produzir matéria prima secundária com velocidade, qualidade e em quantidade suficiente para poder competir no mercado com as matérias primas primárias disponíveis em larga escala e a baixo preço.

Outro desafio está no processo de fabricação e montagem do veículo, onde os plásticos sofrem contaminação através de tintas, resinas, colas que dificultam e por vezes mesmo impossibilitam a desmontagem para

reciclagem. Para contornar essas limitações, é cada vez mais comum na indústria automobilística, a seleção e marcação dos plásticos para uma identificação imediata, assim como um projeto que não só especifica processos de montagem como de desmontagem também, conhecido como DFR (Design for recycling, projetar para reciclagem).

Um terceiro desafio é acompanhar o ritmo do desenvolvimento tecnológico dos materiais, que vem acelerando o processo de substituição de materiais automotivos. Assim após criar-se tecnologia para reciclagem de determinado material, este pode tornar-se obsoleto, sendo substituído por um material mais moderno, que também deve ser reciclável. Por outro lado, os novos materiais podem ser mais caros e estimularem o consumo de reciclados. Essas variações industriais e de mercado sempre ocorrerão, e cabe aos projetistas, aos engenheiros e às indústrias buscarem as melhores soluções para o meio ambiente economicamente satisfatórias.

A principal conclusão é a tendência irreversível dos plásticos se tornarem cada vez mais complexos, podendo ser chamados de compósitos plásticos, e assim vão ter que passar pelos mesmos processos de tratamento, separação e caracterização que os minerais utilizados na fabricação de materiais metálicos. Assim consideramos que o CETEM desenvolvendo novas tecnologias para tratamento de minérios e processos metalúrgicos poderá em muito contribuir para a recuperação de plásticos de engenharia amplamente utilizados em automóveis e demais produtos industriais de grande consumo como computadores, televisão e eletrodomésticos em geral, que serão vistos neste século como uma mina de matérias primas secundárias.

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

BELLMANN, K; KHARE, A. *European response to issues in recycling car plastics*. Technovation, n. 19, p. 721-734, 1999.

COUTER, S et al. *Designing for Material Separation: Lessons from Automotive Recycling*. Georgia Institute of Technology, EUA, 1996.

DURAND, C. *La valorisation des vehicules hors d'usage-Determination des applications de l'électricité dans ce secteur, enjeu économique et difficultés techniques*. 1995. Tese (pós-graduação) – ISIGE (Institut Supérieur de l'Ingénierie et de la Gestion de l'Environnement – École des Mines de Paris, Paris.

GOMES, D.E.B.; MEDINA, H. V. (Orientadora). *Estudo sobre a reciclagem na indústria automotiva e sua inserção em um ambiente virtual de ensino*. In: XI Jornada de iniciação científica, 2001, Rio de Janeiro, CETEM.

Les matériaux plastiques dans l'automobile. *Disponível em: <<http://www.bls.fr/amatech/Technologie/Plastiques/index.htm>> Acesso em: 8 maio 2000.*

MANO, E. B. *Polímeros como materiais de engenharia*. Edgar Blücher Ltda, São Paulo, Brasil, 1991.

MEDINA H. V. de; SEDILLEAU P. *L'industrie Automobile se Reorganise pour l'ê Recyclage*. In.: anais do IX Rencontre Internationale du GERPISA, Paris, junho 2001.

RICK, U.; JENNY, T; RUSTER, U. *Projeto comprova a viabilidade do uso de resina reciclada em módulos de airbag*. Revista Plástico Industrial, ano IV, n° 46, pp. 26-33, jun. 2002.