



### MISSÃO INSTITUCIONAL

A Missão do Centro de Tecnologia Mineral CETEM é desenvolver tecnologia para o uso sustentável dos recursos minerais brasileiros.

### O CETEM

O Centro de Tecnologia Mineral é um instituto de pesquisas, vinculado ao Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, dedicado ao desenvolvimento, à adaptação e à difusão de tecnologias nas áreas minero-metalúrgica, de materiais e de meio ambiente.

Criado em 1978, o Centro está localizado no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, na Cidade Universitária, no Rio de Janeiro e ocupa 20.000 m<sup>2</sup> de área construída, que inclui 22 laboratórios, 3 usinas-piloto, biblioteca especializada e outras facilidades.

Durante seus 29 anos de atividade, o CETEM desenvolveu mais de 720 projetos tecnológicos e prestou centenas de serviços para empresas atuantes nos setores minero-metalúrgico, químico e de materiais.

Ministério da  
Ciência e Tecnologia



# SÉRIE INOVAÇÃO E QUALIDADE

## Eco-concepção para a qualidade da reciclagem do aço e do alumínio automotivos

HELOISA VASCONCELLOS DE MEDINA





## **SÉRIE INOVAÇÃO E QUALIDADE**

**Eco-concepção para a qualidade da  
reciclagem do aço e do alumínio automotivos**

## **PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA**

**Luiz Inácio Lula da Silva**

**José Alencar Gomes da Silva**

Vice-Presidente

## **MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

**Sérgio Rezende**

Ministro da Ciência e Tecnologia

**Luís Manuel Rebelo Fernandes**

Secretário Executivo

**Avílio Franco**

Secretário de Coordenação das Unidades de Pesquisa

## **CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL**

**Adão Benvindo da Luz**

Diretor do CETEM

**Ronaldo Luiz Correa dos Santos**

Coordenador de Processos Metalúrgicos e Ambientais

**Zuleica Carmen Castilhos**

Coordenadora de Planejamento, Acompanhamento e Avaliação

**João Alves Sampaio**

Coordenador de Processos Minerais

**Antônio Rodrigues de Campos**

Coordenador de Apoio à Micro e Pequena Empresa

**Arnaldo Alcover Neto**

Coordenador de Análises Minerais

**Cosme Antonio de Moraes Regly**

Coordenador de Administração

# **SÉRIE INOVAÇÃO E QUALIDADE**

ISSN 1980-2978    ISBN 85-7227-240-7

**SIQ-01**

## **Eco-concepção para a qualidade da reciclagem do aço e do alumínio automotivos**

### **Heloisa Vasconcellos de Medina**

Pesquisadora do CETEM, Economista, Doutora em Engenharia de Produção pela COPPE/UFRJ, com Pós-Doutorado em Ecologia Industrial na UTT - Université de Technologie de Troyes na França.

**CETEM/MCT**

2006

# SÉRIE INOVAÇÃO E QUALIDADE

**Maria Alice Cabral de Goes**

Editor

**Heloisa Vasconcellos de Medina**

Subeditora

## CONSELHO EDITORIAL

Fernando Freitas Lins (CETEM), Roberto Rodrigues Coelho (CETEM), Elen Vasques Pacheco (IMA/UFRJ), Rupen Adamian (UFRJ) e Sydney Teylor (CEFET).

A Série Inovação e Qualidade divulga trabalhos nas áreas de metrologia, normalização, regulamentação técnica, avaliação da conformidade, inovação e tecnologias de gestão voltados ao aumento da competitividade de produtos e serviços das empresas brasileiras dos setores minero-metalúrgico e de materiais. A série aborda aspectos relevantes relacionados ao processo de pesquisa e desenvolvimento, com ênfase em: gestão do conhecimento (documentação e difusão de informação); gestão da qualidade; modelos de reconhecimento (acreditação, certificação); validação de resultados; rastreabilidade; métodos estatísticos; inovação tecnológica; e indicadores.

O conteúdo deste trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

**Jackson de Figueiredo Neto**

Coordenação editorial

**Thatyana Pimentel Rodrigo de Freitas**

Revisão

**Ana Sofia Mariz**

Capa e Edição eletrônica

---

Medina, Heloisa Vasconcellos de

Eco-concepção para a qualidade da reciclagem do aço e do alumínio automotivos/Heloisa Vasconcellos de Medina.  
— Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007.

74p. (Série Inovação e Qualidade, 01)

1. Qualidade dos produtos 2. Indústria automobilística.  
3. Reciclagem de aço. 4 Alumínio automotivo I. Centro de Tecnologia Mineral. II. Título. III Série.

CDD – 338.6048

---

## AGRADECIMENTOS

*A autora agradece à CAPES pela bolsa de pós-doutorado na França que tornou possível esse trabalho; ao CREIDD – Centre de Recherche et d’Etudes Interdisciplinaires sur le Developpement Durable da UTT – Université de Technologie de Troyes – que acolheu esse estágio; e à Daniel FROELICH, diretor do ensam Chambéry, pelo convite para participar do projeto CR2A – Conception et Recyclage de L’acier et de l’Aluminium.*





# **SUMÁRIO**

**RESUMO/ABSTRACT ▶ 8**

**1 | INTRODUÇÃO ▶ 11**

**2 | A PROBLEMÁTICA DA RECICLAGEM DOS METAIS ▶ 15**

**3 | ECO-CONCEPÇÃO E RECICLAGEM ▶ 20**

3.1 | Eco-concepção: conceitos, normas técnicas e práticas ▶ 21

3.2 | Reciclagem de veículos em fim de vida (vfv) ▶ 23

**4 | O CR2A: UM ESTUDO SOBRE ECO-CONCEPÇÃO PARA MELHORIA DA QUALIDADE DO AÇO E ALUMÍNIO AUTOMOTIVOS RECICLADOS ▶ 29**

4.1 | Limitações do aço automotivo reciclado ▶ 32

4.2 | Limitações do alumínio automotivo reciclado ▶ 34

4.3 | Cenários futuros do CR2A para a reciclagem de vfv ▶ 37

**5 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS ▶ 41**

**6 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ▶ 45**

**ANEXO: LEGISLAÇÃO EUROPÉIA SOBRE VEÍCULOS EM FIM DE VIDA ▶ 51**

## RESUMO

Este livro faz um relato sucinto do Projeto CR2A: *Concepção e Reciclagem de Aço e Alumínio na Indústria Automobilística*, estudo de caso realizado na França, do qual a autora participou como colaboradora especial a convite do Diretor do ENSAM – Chambéry – Ecole National d’Arts et Métiers – Professor Daniel Froelich, coordenador geral do projeto, e foi financiado pela ANVAR<sup>1</sup> – *Agence Nationale de Valorisation de la Recherche*. A equipe permanente do projeto contou ainda com a participação do Professor Dominique Millet e do doutorando Goran Radulovic, ambos da ENSAM Paris, e de Yann Leroy, doutorando da ENSAM-Chambéry.

A introdução aborda a dimensão ambiental no desenvolvimento de projetos de produtos industriais e os conceitos de desenvolvimento sustentável, eco-concepção e ciclo de vida dos materiais. O segundo item trata da problemática da reciclagem dos metais, com ênfase na situação do aço e do alumínio automotivos, mostrando as principais inovações e seus impactos na reciclagem.

---

1 A ANVAR conhecida como “Agence française de l’innovation” que, entre 1981 e 2004, pertencia ao Ministère de la Recherche e, recentemente, foi incorporada à recém criada All – Agência de Inovação Industrial – cujo estatuto foi estabelecido em 25 de agosto de 2005 por decreto do Ministro da Economia da França.

## ABSTRACT

This book presents a resumed version of a one-year case study on how can eco-design helps to improve the quality of recycled steel and aluminum for automotive uses. This study entitled CR2A: *Conception et Recyclage de l’Acier et de l’Aluminium dans l’Industrie Automobile*, was conducted by the ENSAM Ecole Nationale Supérieure d’Arts et Métiers in Paris France sponsored by ANVAR<sup>2</sup> – *Agence Nationale de Valorisation de la Recherche*. It was part of the author project of post-doctorate in which she had been involved from March to December 2004 invited by Prof. Daniel FROELICH head-chief of the project researcher team integrated by Prof. Dominique Millet, and by the doctorate students Yan Leroy and Goran Radulovic.

The organization of the book is as follows: an introduction presenting an overview of the environmental dimension of industrial product design, followed by a brief view of the metals recycling problems highlighting steel and aluminum parts from end of life vehicles – ELV – at the second chapter. The third chap-

---

2 The ANVAR, the former French Agency for Innovation, from 1981 to 2004, was attached to the Ministry of Research, and was recently incorporated to the new All – Agency for Industrial Innovation – since the 25th August 2005, at French Ministry of Economy.

O terceiro apresenta a eco-concepção como uma nova abordagem de desenvolvimento de projetos, que incorpora a questão ambiental na criação de novos produtos e mostra como essa abordagem pode ser aplicada aos materiais, às autopeças e ao próprio automóvel. O quarto resume e analisa os principais aspectos do estudo de caso desenvolvido pela equipe do CR2A apontando os problemas encontrados na reciclagem do aço e do alumínio automotivos que afetam a qualidade do material recuperado, mostrando como eles podem ser evitados, ou atenuados, pela eco-concepção do material ou da peça. Apresenta ainda os cenários futuros para eco-concepção e reciclagem de autopeças em aço e alumínio elaborados no âmbito do mesmo estudo. Finalmente, são destacadas as principais conclusões e recomendações do estudo quanto à eco-concepção das peças em aço e alumínio para uso automotivo, a fim de melhorar a qualidade da reciclagem, permitindo assim uma maior utilização desses materiais reciclados em novos modelos de automóveis, aumentando a eficiência técnica e a competitividade econômica desse mercado.

O objetivo geral desse projeto foi fazer preconizações técnicas para a eco-concepção de autopeças de alumínio e de aço para melhorar a qualidade dos materiais reciclados, de modo a permitir que eles sejam reutilizados no automóvel, em proporções maiores e cres-

ter apresenta the eco-design concept as a new approach and shows how it has been used on materials, on auto parts, and on vehicles conception. The fourth one resumes and analyses the main problems on steel and aluminum recycling from illustrated the CR2A case study. Finally, the fifth chapter presents some CR2A concluding remarks and recommendations for ecodesigning steel and aluminum parts to improve the quality of these materials recovering.

The main goal of this study was to settle some technical recommendations for steel and aluminum parts eco-design in order to assure the recycled material quality for automotive uses. The background of the project was that of the continuous improvement on metals alloys, which are making more complex the task of ELV dismantling and materials sorting, as well as requiring extra care on design for recycling at the project level.

**Keywords:** recycling quality, eco-design, automotive steel and aluminum.

centes. O avanço tecnológico contínuo dos materiais, as novas ligas metálicas, os compósitos de matriz metálica e as associações do tipo aço/cobre no automóvel vêm tornando mais complexos não só os materiais e os sistemas automotivos mas também a separação e recuperação, através da reciclagem dos metais contidos nas peças de reposição e nos veículos em fim de vida, além de comprometer a qualidade do material recuperado.

**Palavras-chave:** qualidade da reciclagem, eco-concepção, aço e alumínio automotivos.

# 1 | INTRODUÇÃO

Desde a última década do século xx, a dimensão ambiental passou a integrar a concepção de novos produtos industriais ao lado da qualidade (iso 14000 e 9000), somando-se aos tradicionais critérios técnicos e econômicos de projeto de produto. Os limites da atividade de projeto foram assim expandidos para abranger todo o ciclo de vida do produto numa abordagem denominada eco-concepção ou eco-design. O tripé básico de todo projeto de produto – custo, qualidade e prazo – foi ampliado para receber mais um componente: a sustentabilidade ambiental, inicialmente representada pela reciclabilidade e pela economia de energia.

O conceito de Desenvolvimento Sustentável, definido como “o desenvolvimento que responde às necessidades básicas da população atual sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender as suas”, embora tenha surgido em 1987, no chamado Relatório Brundtland, teve sua maior divulgação mundial somente em 1992 na II Conferência Mundial do Meio Ambiente no Rio de Janeiro – World Summit Rio 92. Segundo Ignacy Sachs, um dos formalizadores do conceito, o desenvolvimento sustentável é também resultado da complexificação dos modelos de desenvolvimento econômico que passaram a adquirir dimensões sociais, culturais, políticas e ambientais ao lado da econômica *de per se*. Enfim, esse conceito é resultado da busca de modelos mais centrados no homem, que respeitam as diferenças socioculturais e políticas das nações e ao mesmo tempo tentam garantir a viabilidade econômica e o equilíbrio ecológico do planeta.

Reciclagem e desenvolvimento sustentável são expressões frequentemente associadas e apresentadas como solução para minorar o nível de degradação alcançado pelo planeta. A reciclagem é vista por muitos como uma prática necessária e suficiente para se atingir um modelo de produção sustentável. O conceito de desenvolvimento sustentável, por sua vez, tem na prática da reciclagem seu braço mais forte para lutar contra o desequilíbrio ecológico causado pela produção industrial. Essa associação, por mais lógica que

pareça, não é, contudo, simples de ser realizada na prática. Na realidade, não há uma correlação direta entre esses dois termos, que são bem mais complexos do que parecem ser à primeira vista.

A reciclagem participa do desenvolvimento sustentável na medida em que propicia uma economia substancial de energia na produção de materiais e uma significativa redução da extração de recursos naturais não-renováveis. Contudo, os processos de reciclagem podem ser tão ou mais danosos ao meio ambiente e à saúde humana quanto os processos de produção de matérias-primas primárias. Além disso, considerando a energia contida nos produtos elaborados a partir de matérias-primas virgens, a recuperação de materiais para usos menos nobres representa um retrocesso na cadeia produtiva de agregação de valor desses materiais, configurando um desperdício dos recursos naturais primários. Nesse sentido, a reutilização de plásticos de engenharia como material de escritório ou de embalagem e destes como utensílios de limpeza em geral são exemplos desse retrocesso. Outros exemplos são ainda: gabinetes de computadores e de impressoras que viram lápis ou canetas, plásticos automotivos que se transformam em embalagens para lubrificantes, ou mesmo alumínio de motores que são reciclados junto com metais ferrosos para usos diversos na construção civil.

Atualmente dois pontos são centrais para os princípios do desenvolvimento sustentável. O primeiro é desenvolver processos e tecnologias limpas para reciclagem e o segundo é buscar fechar o ciclo de vida dos materiais, reintroduzindo-os no sistema produtivo como matéria-prima secundária o mais próximo da função/produto a que pertencia originariamente. O melhor exemplo desse tipo de reciclagem é o das latas de alumínio, que retornam para produção de novas latas a uma taxa de mais de 90%, em contraposição ao alumínio automotivo que até o momento presente não apresenta níveis de qualidade suficientes para retornar aos motores dos automóveis. O aço, por sua vez, retorna à carroceria dos veículos em proporções insuficientes e variáveis entre 60%, no Brasil, e 35%, na França, segundo informações dos grandes produtores de

cada país.<sup>3</sup> As causas dessa diferença podem ser encontradas no desenvolvimento de novos projetos automotivos que exigem novas ligas e novos processos de produção de materiais. As soluções devem ser buscadas junto às montadoras e aos seus fornecedores que participam desses projetos.

Para melhor compreender as dificuldades do tratamento das questões ambientais dentro dos projetos de veículos, dois professores da Ecole de Mines de Paris, Abrassart e Aggeri (2002), realizaram um estudo de caso sobre eco-concepção, ciclo de vida do produto e gestão ambiental na indústria automobilística. Nesse estudo eles indagaram a engenheiros e projetistas de montadoras francesas se o acesso a uma base completa de informações, para seleção de materiais e processos baseados na ACV – Análise do Ciclo de Vida – seria suficiente para transformar as práticas de projeto no sentido de incorporar componentes ambientais no desenvolvimento do produto. Pelas respostas obtidas, os autores concluíram que nem as informações nem os recursos da informática asseguram as mudanças necessárias ou esperadas. Na verdade, esses recursos auxiliam a tomada de decisão ao longo do projeto, embora não sejam suficientes para que mudanças amplas, como a incorporação da questão ambiental, ocorram. Além disso, eles puderam identificar, pelas mesmas respostas, que alguns problemas técnicos do desenvolvimento do produto hoje limitam o avanço da reciclabilidade dos veículos, assim como o aumento da incorporação de material reciclado em novos modelos de automóveis. Dentre os principais obstáculos à eco-concepção, o custo, a qualidade e a segurança foram apontados pelos especialistas entrevistados neste estudo como fatores fundamentais de decisão, tanto na seleção de materiais como em todas as demais fases do projeto.

Assim, uma vez que a reciclagem pode vir a degradar as propriedades originais do material, este poderá ser rejeitado para reúso no mesmo produto ou deslocado para usos menos nobres. Desse modo, é

---

3 Informações fornecidas em entrevistas da autora com representantes do Grupo Gerdau no Brasil e da Arcelor na França.

fundamental conhecer e acompanhar os processos de reciclagem de vFv – Veículos em Fim de Vida – para melhor assegurar a qualidade dos materiais recuperados, sejam eles orgânicos, como plásticos e compósitos, ou inorgânicos, como os metais e suas ligas.

No estudo de caso realizado no âmbito do projeto CR2A, cujos resultados estão resumidos no quarto item, foram constatadas situações críticas para a qualidade da reciclagem dos aços e do alumínio automotivos. Os principais problemas detectados foram analisados e soluções foram buscadas no nível da eco-concepção, tanto do automóvel, por parte das montadoras, como das peças e de seus materiais, por parte dos produtores de aço e de alumínio. O objetivo maior do projeto foi contribuir para a melhoria da qualidade do material recuperado permitindo assim uma maior valorização no uso dessas matérias-primas secundárias.

Mesmo considerando que a reciclagem *de per se* não garante a sustentabilidade ambiental e que nem sempre é a melhor escolha a ser feita para reduzir os impactos do automóvel sobre o meio ambiente, selecionar os materiais recicláveis e processos compatíveis com a reciclagem é parte fundamental de projetos orientados para o meio ambiente, ou seja, eco-concebidos. A eco-concepção permite, dessa forma, antecipar problemas na desmontagem do produto e assim buscar soluções que viabilizem a separação dos materiais com ganhos ambientais e de qualidade.



## 2 | A PROBLEMÁTICA DA RECICLAGEM DOS METAIS

Tradicionalmente, os metais, ao contrário dos plásticos, podem ser reciclados indefinidamente quase sem perda de suas propriedades, mesmo se, por vezes, a separação por grupos de ligas se torne necessária para atender aos padrões de qualidade mais exigentes, como os da indústria automobilística. Nesse caso a reciclagem torna-se mais complexa, o que vem exigindo uma evolução tecnológica *pari passo* de materiais e processos de reciclagem. De fato, a qualidade final de um material reciclado e sua rentabilidade, ou produtividade, no jargão econômico, estão estreitamente ligadas à qualidade da matéria-prima secundária a ser recuperada a partir de sucata industrial ou de peças e produtos em fim de vida.

As ligas e os revestimentos (ou tratamentos superficiais), que fazem parte da composição dos materiais metálicos automotivos para atender às especificações técnicas do projeto das peças e do veículo, podem tornar difícil ou mesmo impossível a separação de seus elementos constituintes pelos processos atuais de reciclagem. Assim, os metais de segunda fusão, as chamadas matérias-primas secundárias, provenientes de material reciclado, podem se desvalorizar em relação aos metais de primeira fusão, dita matéria-prima primária ou virgem. Mesmo que entre metais as incompatibilidades sejam menores do que entre os plásticos e não impeçam sua reciclagem, nas novas ligas elas vêm se intensificando e afetando, em maior ou menor escala, a qualidade final do material recuperado. Certos elementos, como, por exemplo, o cobre contido no aço, além de se degradarem têm a tendência de se acumularem a cada vez que passam por um processo de reciclagem. Situação idêntica acontece com o alumínio, quando associado ao zinco ou ao silício. Situações como estas são cada vez mais frequentes e numerosas em função da evolução tecnológica dos metais para enfrentar a concorrência dos plásticos de engenharia. Os aços ligados, as chamadas ligas leves, mesmo atingindo a resistência mecânica desejada na primeira fusão, ou primeira vida, sofrem inevitavelmente perdas em suas características originais após a reciclagem, no caso das ligas leves, pela presença do magnésio, por exemplo.

Na verdade o desempenho funcional de um material, para cada aplicação, deriva em primeiro lugar da funcionalidade intrínseca do material, ou seja, das propriedades resultantes de sua composição química, responsável pelas características primárias do material; e, em segundo lugar, das características secundárias adquiridas através de tratamentos de superfície e de processos de conformação que o material básico sofre a fim de tornar um material adequado para ser utilizado em determinada peça ou sistema no automóvel. No primeiro caso concorrem para o desempenho funcional do material a pureza e textura das partículas, e, no segundo, as tecnologias e as condições de processamento utilizadas. Portanto, os avanços tecnológicos nos materiais, como materiais nanoestruturados, por exemplo, ou nos processos de montagem do automóvel, terão impacto positivo e direto sobre a evolução da funcionalidade dos materiais automotivos.

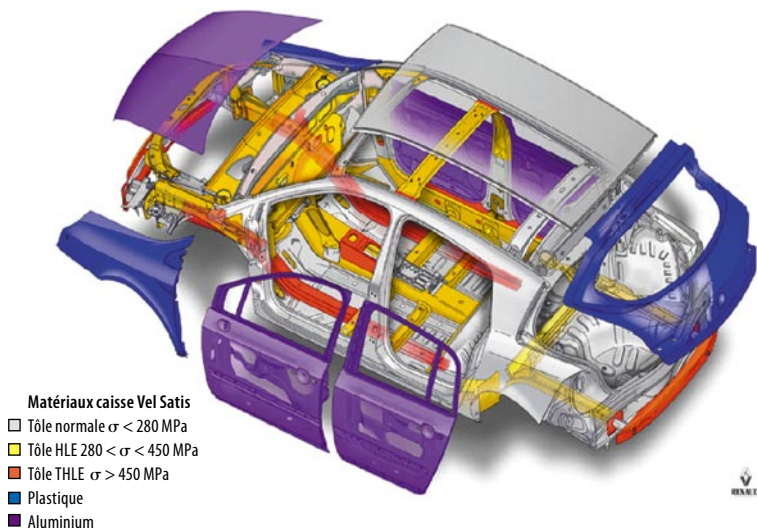
Assim, a despeito das denominações genéricas como plástico, alumínio e mesmo o aço, os materiais dos automóveis de hoje estão longe de poderem ser considerados indiferenciados ou *commodities*. Pelo contrário, eles são especializados ditos funcionais, nanoestruturados e evoluem com o automóvel e a globalização de seu mercado, a qual vem acelerando a difusão dessas inovações. A tendência de especialização funcional dos materiais, que agora se intensifica, já se anunciava desde a década de 1980, com o advento das regulamentações ambientais e os desenvolvimentos da eletrônica em âmbito mundial. Assim, conceitos como materiais evolutivos, parcerias clientes-fornecedores, pesquisa consorciada, etc. já vinham sendo relacionados à dinâmica da substituição de materiais na indústria automobilística há mais de duas décadas.

Para se ter uma idéia dessa evolução e da diversificação de composições de materiais no motor de um automóvel há, atualmente, cerca de 160 peças ou elementos que são feitos de aproximadamente 60 nuances de metais, dentre os quais encontram-se 40 tipos de aços e 7 ligas de alumínio diferentes. Como exemplo, pode-se citar algumas peças mecânicas utilizadas no motor Renault K4M 16 válvulas, que conta em sua composição com não menos que 60 materiais

metálicos de diversas nuanças e mais de 20 materiais orgânicos (Revue R&D Renault “Dossier Matériaux dans tous leurs états” N° 17, Juillet 2000). Dentre outros bons exemplos destacam-se:

- ▶ as bielas em aço c70 de uma composição química tão específica que podem ser consideradas como um material feito sob medida;
- ▶ o cabeçote em alumínio A5U3, com 5% de silício e 3% de cobre;
- ▶ os pistões em alumínio A512, com 12% de silício, 1% de cobre e 1% de níquel.

Mesmo sem abrir o capô de um automóvel pode-se constatar, pela carroceria dos modelos de luxo, a magnitude da diversidade e complexidade dos materiais automotivos utilizados hoje. No Vel Satis da Renault, por exemplo, o aço comum de carroceria é utilizado apenas nas estruturas laterais e pára-lamas traseiros, enquanto o capô e as portas são de alumínio, os pára-lamas dianteiros e o porta-malas são de plástico. Dois novos tipos de aço à deformação programada foram introduzidos nas estruturas dianteiras de solo e traseira, a fim de absorver impactos em caso de acidente.



Fonte: Palestra proferida por Gerard Maeder – Diretor de Engenharia de Materiais do Technocentre Renault, a convite da SAE-RJ, na UERJ, em 25/03/2006.

FIGURA 1 – Materiais da Carroceria do Vel Satis 2005

No estudo de caso realizado sobre a qualidade do aço e do alumínio automotivos reciclados, buscou-se identificar e analisar os problemas que esses materiais apresentam após a reciclagem e que podem impedir ou dificultar sua reutilização pela indústria automobilística. A questão central era: como enfrentar os efeitos da introdução contínua de novos materiais no automóvel sobre a reciclagem de peças e veículos em fim de vida? Em um produto de fabricação em massa e com grande volume e diversidade de materiais como o automóvel, à medida que a evolução tecnológica de seus materiais avança, sua reciclagem também se torna mais complexa e difícil, afetando a qualidade dos materiais recuperados, como no caso das novas ligas de alumínio, dos compósitos de matriz metálica ou polimérica e das associações diversas entre aço e cobre.

Tecnicamente hoje todos os materiais que entram na composição do automóvel são recicláveis, mas os metálicos, que ainda representam em média 70% do peso de um carro, permanecem sendo os mais intensamente reciclados em todo o mundo. Isso porque a reciclagem dos metais é a que traz maior vantagem econômica, quer no processo de recuperação/separação, quer seja na qualidade dos novos produtos feitos a partir do material secundário obtido (MEDINA e GOMES, 2002). Desse modo, a reutilização em novos veículos do aço e do alumínio automotivo reciclado teria também um grande impacto positivo na sustentabilidade ambiental da indústria automobilística e representaria uma valorização maior para a reciclagem.

Nesse sentido os fabricantes de automóveis vêm trabalhando em conjunto com seus fornecedores, com produtores de matérias-primas, dos setores químico e siderúrgico, e com indústrias de reciclagem em novos projetos de automóveis mais recicláveis, para tornar os processos e a cadeia da reciclagem economicamente mais competitivos.

No automóvel, além das incompatibilidades entre elementos constituintes, as ligas metálicas são também contaminadas pelos processos e substâncias de revestimento ou tratamentos superficiais.

Devido a isto, muito pouco desse material recuperado retorna ao automóvel. Segundo informações obtidas junto às empresas do setor siderúrgico, como mencionado anteriormente, as taxas de reaproveitamento do aço de segunda fusão ou secundário no automóvel ficam em torno de 60%, no Brasil, e de 35%, na França, enquanto o alumínio é sempre desviado para outros usos menos nobres, como construção civil ou embalagens. A Tabela 1 a seguir mostra a evolução da participação da reciclagem no consumo total de metais, como o ferro, o alumínio, o cobre, o chumbo e o zinco, para todos os usos industriais entre 1980 e 2000.

**TABELA 1 – Consumo das principais matérias-primas minerais na França em 1980 e 2000: participação da reciclagem no consumo total de metais**

	Metal consumido em Kt		Total reciclado	Participação do reciclado	Comércio internacional de metal primário		
					Exportação	Importação	Saldo
<b>Ferro</b>							
1980	26.700	10.700		40%	2.800	400	2.400
2000	24.400	12.700		52%	4.500	3.200	1.300
<b>Alumínio</b>							
1980	790	200		25%	60	70	-10
2000	1.340	415		31%	300	160	140
<b>Cobre</b>							
1980	630	175		28%	120	40	80
2000	800	170		21%	220	90	130
<b>Chumbo</b>							
1980	230	130		57%	20	45	-25
2000	275	185		67%	60	60	0
<b>Zinco</b>							
1980	400	70		18%	30	50	-20
2000	460	110		24%	50	50	0

Fonte: Extraída de Chiffres-clé des matières premières minérales – Edition 2000-2001, baseada em informações das seguintes fontes: Fédération des Minerais et Métaux, Fédération Française de l'Acier, Syndicat General des Fondateurs de France, Douanes (tradução da autora).

### 3 | ECO-CONCEPÇÃO E RECICLAGEM

A partir dos anos 1990, programas de gestão ambiental mais amplos vêm sendo adotados pelas grandes empresas, nos moldes dos programas de gestão da qualidade dos anos 1980, incorporando desde a adoção de tecnologias limpas até políticas de reciclagem. Assim, normas e padrões para certificação ambiental (ISO 14000) vieram a se somar aos de certificação de qualidade (ISO 9000) como parte de um processo de normalização e regulamentação ambiental, tornando as indústrias, os produtos e os processos cada vez mais controlados em termos de exigências técnicas e em termos de mercado.

O grande desafio que as montadoras estão enfrentando no início do segundo século de vida do automóvel é torná-lo um produto reconhecidamente sustentável em termos ambientais. Para isso, elas vêm trabalhando dentro dos princípios do chamado DFE – Design for the Environment, ou seja, projetando para o meio ambiente, o que significa que todas as considerações ambientais são parte integrante do projeto do produto (automóvel e autopeças), do processo (fabricação de peças e montagem) e das tecnologias a eles associadas (tratamento de materiais, pintura etc). Seguem, portanto, conceitos como o eco-design, DRF (Design for Recycling), eco-eficiência e vêm acompanhando todo o processo de produção através da análise de ciclo de vida do produto (MEDINA e GOMES, 2002).

O eco-design ou eco-concepção é uma nova forma de desenvolver produtos globalmente, ou seja, pensando não apenas na sua produção, venda e consumo mas também nos seus antecedentes materiais (se são renováveis ou recicláveis) e nos seus conseqüentes impactos sobre o ambiente ao fim de sua vida útil. Essa prática começou na década de 1990, como resultado da pressão legislativa e normativa em relação ao meio ambiente. No caso da indústria automobilística, essa abordagem adquire caráter internacional na medida em que se trata de um setor globalizado que produz um bem de alto valor unitário, de longa duração e de grande consumo de material.

A integração da questão ambiental em projetos de produto representa a consolidação da cultura da racionalidade numa empresa, que passa a gerar produtos concebidos à luz da eco-eficiência, da adoção de tecnologias limpas e da prevenção à geração de resíduos. Portanto, o eco-design assegura que um produto seja proveniente do uso mais racional possível de energia, de água e matérias-primas e pode incluir até estudos sobre biodeterioração e/ou reciclagem de resíduos do processo de produção e dos próprios produtos em fim de vida (MEDINA e GOMES, 2002).

### 3.1 | Eco-concepção: conceitos, normas técnicas e práticas

A eco-concepção, 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 que as empresas atendam às exigências da legislação ambiental e até mesmo se antecipem a elas.

Segundo Jounot (2004, p.81), “a eco-concepção se caracteriza por uma visão global: é uma abordagem multicritério (água, solo, ruído, rejeitos e resíduos, matérias-primas e energia) e multietapas (design, seleção de materiais e de processos, projeto de engenharia, detalhamento do produto, dos equipamentos e técnicas de produção, projeto industrial). Ela ainda leva em conta todas as fases do ciclo de vida do produto, desde a extração de matéria-prima até o tratamento de produtos em fim de vida (...) as expectativas dos consumidores, a viabilidade técnica, os custos, a qualidade e os prazos”.

Na prática, a eco-concepção está baseada no conceito de eco-eficiência, que vem sendo adotado por empresas do mundo inteiro no intuito de 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; concentra 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, três setores estão particularmente visados por essa regulamentação: as embalagens, o automóvel e os equipamentos e produtos eletroeletrônicos. A existência de diretivas européias (instrumentos legais e normativos da Comissão Européia aprovados pelo Parlamento Europeu) para esses setores levou-os a adotar e desenvolver abordagens ambientais do tipo ACV – Análise do Ciclo de Vida – para avaliar os impactos ambientais de seus produtos.

Considerando o alto grau de globalização da indústria automobilística, na qual a eco-concepção já vem sendo praticada por exigência da legislação ambiental nos países sede das montadoras mundiais, pode-se inferir que essa tendência mundial chegará ao Brasil com impacto direto sobre a reciclagem de veículos e autopeças em fim de vida. Na Europa, a existência de normas técnicas sobre materiais e processos de produção e de reciclagem<sup>4</sup> e da Diretiva da Comissão Européia sobre veículos em fim de vida<sup>5</sup> tem levado as empresas do setor automotivo a adotarem e desenvolverem abordagens ambientais do tipo DFE – Design for Environment, DFR – Design for Recycling e DFD – Design for Disassembly, na concepção de seus produtos.

Desse modo, a eco-concepção, resultado, no plano técnico, de um processo de normalização ambiental crescente, inaugurado pela

---

4 Normas associadas à Legislação Européia: NF EN ISO 11469 (agosto 2000) identificação e marcação de produtos de plástico; NF EN ISO 1043-1 (março 2002) Plásticos – Símbolos e termos abrangidos – Parte 1: polímeros de base e suas características especiais; NF EN ISO 1043-2 (janeiro 2002) Plásticos – Símbolos e abreviações – Parte 2: cargas e materiais de reforço; ISO 1629:1995 Borracha e látex – Nomenclatura; NF ISO 22628 (dezembro 2002) que fornece às montadoras uma metodologia geral para a eco-concepção de novos modelos de veículos para facilitar o tratamento desses ao fim de sua vida, com menor impacto ambiental possível. Essa última norma define um método de cálculo para a taxa de reciclabilidade dos veículos.

5 Diretiva 2000/53/CE de 18/09/2000 relativa a VFV (veículos em fim de vida), complementada pelas Decisões n° 2001/753/CE, n° 2002/151/CE, n° 2002/525/CE, n° 2003/138/CE e n° 2005/63/CE.



série ISO 14000 e inspirada nas normas de qualidade da ISO 9000, requer o desenvolvimento de instrumentos específicos, no nível das empresas, que permitam sua inserção nas práticas de projeto. Assim, normas técnicas internas, softwares e bancos de dados sobre materiais e processos devem ser criados ou adaptados para permitir o desenvolvimento e a documentação dos projetos dentro dos princípios básicos da eco-concepção. Enfim, é todo um conjunto articulado de métodos e ferramentas que forma o arcabouço de uma atividade complexa e transversal – o desenvolvimento de um projeto – que necessita ser adaptado para incluir critérios ambientais ao lado dos tradicionais critérios técnicos e econômicos que conduzem os processos de decisão ao longo do projeto.

O escopo do projeto se amplia para englobar todo o ciclo de vida do produto, ou seja, do berço ao túmulo, ou ainda da mina à reciclagem. Assim, o tripé básico de todo projeto de produto – custo, qualidade e prazo – passa a receber mais um componente: a sustentabilidade ambiental, inicialmente representada pela reciclabilidade e pela economia de energia. As montadoras européias já começaram a usar a Acv como apoio à seleção de materiais e vêm, de forma mais ou menos sistemática, introduzindo a reciclabilidade como critério de escolha entre alternativas técnicas equivalentes. Pode-se dizer que o binômio qualidade do produto e do meio ambiente está instalado no núcleo das estratégias das montadoras mundiais. Elas 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.

### 3.2 | Reciclagem de veículos em fim de vida (vfv)

A reciclagem de vfv nos países desenvolvidos é hoje o centro das atenções da gestão ambiental. O que mais preocupa as autoridades européias e nacionais ligadas à área ambiental é o processo primário de destruição de vfv, que vêm sendo 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 a partir dos resíduos sólidos (escórias) dessa primeira etapa da reciclagem automotiva, que contém metais pesados e outros contaminantes. A presença desses resíduos de trituração é o problema mais grave, tanto pela quantidade como pela periculosidade que representam. Entre os resíduos mais problemáticos estão os óleos e espumas que são inflamáveis, baterias, condensadores e sistemas de refrigeração que contêm substâncias tóxicas.

Com o avanço da regulamentação ambiental, nos anos 1980, esforços vêm sendo feitos pelos países desenvolvidos, notadamente na Europa, para evitar maiores contaminações oriundas de resíduos da reciclagem de VVV e para controlar ou reduzir os níveis já existentes. Contudo, as exigências ambientais pesam, do ponto de vista econômico, sobre as atividades de reciclagem de automóveis, elevando seus custos diretos e indiretos. Dessa forma, uma das tendências inicialmente observadas foi uma redução dessa atividade pela exportação de veículos inservíveis para países da Europa do Leste (menos desenvolvidos), onde as peças ainda aproveitáveis eram retiradas e remanufaturadas para serem comercializadas em um mercado de “segunda-mão”, de grande dinamismo naqueles países.

Em um segundo momento, após a promulgação da Diretiva Européia sobre veículos em fim de vida (DE 2000/053 – vide anexo), surgiu a necessidade de se aprimorar o processo de reciclagem de veículos e de resgatar sua viabilidade econômica diante dos novos parâmetros ambientais. Nesse processo de aprimoramento:

- ▶ 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 foram realizados e/ou patrocinados pelas montadoras, principalmente na França e na Alemanha.
- ▶ Fluidos, baterias e compressores passaram a ser retirados dos ve-

ículos, assim como pneus, vidros, assentos e demais peças mais facilmente retiráveis.

Atualmente, na França, a primeira fase de preparação dos veículos para reciclagem, chamada de despoluição, é operada por “desmanteladores oficiais”<sup>6</sup>, um setor constituído de cerca de 400 empresas credenciadas pelo governo e outras 600 ainda não credenciadas. Contudo, estima-se que nessa fase operem também cerca de 1.500 empresas irregulares, como os nossos chamados “ferros-velhos” ou “sucateiros”. Essa rede prepara os veículos irrecuperáveis – declarados como perda total pelo sistema de seguros ou por seus proprietários – para o início do processo de reciclagem. Esse sistema é operado na França pelos chamados recicladores, que intermedeiam a cadeia entre os desmanteladores oficiais ou não e os produtores de materiais metálicos, plásticos ou cerâmicos, que formam o mercado consumidor dos materiais reciclados. A legislação europeia garante que os chamados desmanteladores, que estão no início da cadeia, recebam os veículos “gratuitamente”, mas cabe aos proprietários arcar com os custos de transporte, quando necessário. A Diretiva Europeia também estabelece que é responsabilidade dos governos de cada país membro “tomar medidas para garantir a criação, por parte dos operadores económicos, de sistemas de recolha, tratamento e valorização de veículos em fim de vida” (DE 2000/053, parágrafo<sup>6</sup> – vide anexo). O sistema de preparação para a reciclagem propriamente dita envolve, teoricamente, quatro fases:

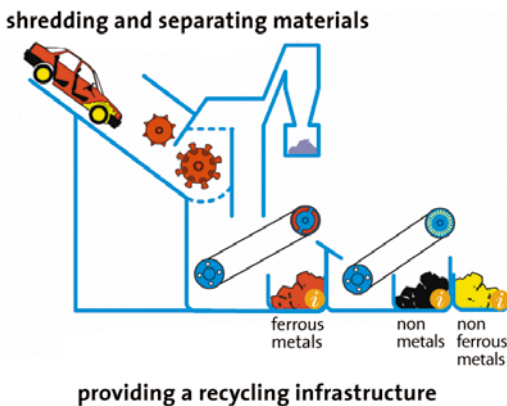
- 1) Despoluição – retirada da bateria, do extintor de incêndio e de óleos e fluidos como: óleo do motor e do câmbio; óleo do diferencial; óleo de freio; óleo dos amortecedores; filtro de ar; filtro de óleo e de combustível; líquido de arrefecimento do radiador; líquido do pára-brisa.
- 2) Retirada das peças que podem ser vendidas como de “segunda-mão” ou remanufaturadas.

---

6 Denominação em português de Portugal.

- 3) 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.
- 4) 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.

Atualmente, a tendência mais comum na França, como nos demais países desenvolvidos é que os veículos sejam prensados e triturados logo após a segunda fase, o que dificulta e mesmo impossibilita uma boa separação dos diversos materiais. A Figura 2 representa didaticamente o esquema ideal de trituração de vfv e separação de materiais retirado do site do Bureau of International Recycling.



Fonte: <http://www.bir.org/aboutrecycling/EoLV/index.asp>

FIGURA 2 – Simulação esquemática da Reciclagem de vfv

Contudo, o sistema atualmente em uso nos países desenvolvidos, que no momento vem atendendo ao mercado de material reciclado para diversas funções fora da indústria automotiva, deve evoluir no futuro próximo no sentido da melhor qualidade, para que o material reciclado possa ser utilizado em novos modelos de automóveis de forma crescente, atendendo assim à Diretiva Européia sobre vfv (DE 2000/053, de setembro de 2000 – vide anexo). Essa

evolução deve atingir tanto o aço como o alumínio, que vem aumentando sua participação no setor, em função da necessidade de redução do peso dos veículos. A introdução do alumínio e do plástico no automóvel tem mostrado uma progressão contínua em substituição a materiais mais densos. Portanto, essa evolução faz parte da busca de redução do peso dos veículos freada após 1990 pelo avanço acelerado da eletrônica embarcada e de novas funções no automóvel. Em média, o conforto acústico e térmico, por exemplo, tem sido responsável por 50% de sobrepeso, seguido da segurança e do tamanho dos veículos, responsáveis por 30% e, finalmente, 20% são devidos a uma seleção de materiais ambientalmente mais correta. O Clio da Renault é um bom exemplo dessa evolução. Sua primeira versão, lançada em 1990, pesava 840 quilos; em 1998, a segunda versão passou a 1006 quilos; e, em 2004, a terceira geração chegou ao mercado como o carro mais silencioso da categoria, porém com cerca de 20% a mais de peso. Essa constatação é válida para todas as marcas, ou seja, todos os veículos médios ultrapassaram a barreira de uma tonelada na década de 1990 e, atualmente, estão pesando em torno de 1300 quilos.

Na verdade, as grandes montadoras mundiais já vêm se preparando para o novo cenário da reciclagem de vfv, antecipando-se mesmo às exigências legais. A Nissan, desde 2000, realiza estudos sobre como otimizar a desmontagem dos vfv, um esquema da linha piloto de desmontagem pode ser visto no site internet [www.nissan.com](http://www.nissan.com). O processo envolve seis etapas básicas:

#### LEGENDA:

- 1) Retirada das peças reutilizáveis.
- 2) Drenagem dos líquidos (óleos e outros fluidos) e retirada das baterias e dos pneus.
- 3) Tratamento dos óleos e outros fluidos, retirada e destruição do CFC do sistema de refrigeração.
- 4) Remoção das demais peças: motor, chapas de proteção, suspensão, sistemas de direção e outras partes reutilizáveis, assim como componentes que contenham chumbo.

- 5) Reciclagem de materiais não-metálicos, como, por exemplo, componentes plásticos e outros materiais que são retirados para reciclagem.
- 6) Reciclagem de metais: os metais são cortados por guilhotinas e separados em: alumínio, aço comum, inoxidável e outros. O tanque de gasolina e o sistema de escapamento são retirados.

## 4 | O CR2A: UM ESTUDO SOBRE ECO-CONCEPÇÃO PARA MELHORIA DA QUALIDADE DO AÇO E ALUMÍNIO AUTOMOTIVOS RECICLADOS

A evolução tecnológica dos materiais, no sentido de incorporar novas funções e integrar as já desempenhadas, configura um cenário, já previsto por especialistas na década de 1980, de hiperescolha de materiais para fins automotivos, que se traduziu na tendência atual de composições multimateriais tanto para autopeças como para veículos. Nesse sentido, os aços ultraleves vêm competindo com o alumínio em funções estruturais, semi-estruturais e até mecânicas<sup>7</sup>, o que vem segurando o ritmo de crescimento da participação do alumínio, que, além disso, continua sofrendo restrições devido ao alto preço em relação ao aço.

Assim, os veículos que vão ser reciclados daqui a 15 ou 20 anos terão em sua composição: metais ferrosos e não ferrosos ligados, aços revestidos de proteção polimérica, compósitos de matriz polimérica com reforço de carga metálica ou de fibras vegetais, além dos chamados monomateriais. Além disso, nos VEV, esses materiais formam uma série de conjuntos: soldados, colados, aparafusados, enfim, montados com emprego de técnicas e insumos que impedem a separação desses materiais e adicionam substâncias contaminantes que impossibilitam uma triagem eficiente. Muitas dessas técnicas de montagem afetam os componentes de forma indelével, impregnanando-os com substâncias estranhas a sua composição. Assim, uma vez prensados e triturados torna-se ainda mais difícil ou mesmo impossível separar seus materiais constituintes básicos.

O estudo de campo do projeto CR2A procurou mapear estas situações em diferentes peças e componentes do automóvel, em ensaios de

---

7 O ULSAB – Projeto *Ultra Light Steel Automotive Body* – uma parceria de longo prazo, foi idealizada em 1994 pelo IISI (International Iron and Steel Institute), atualmente na terceira fase, e que em sua primeira fase, reuniu 35 siderúrgicas de 18 países, incluindo o Brasil, além das montadoras mundiais.

trituração feitos em vfv. Ressalte-se que os vfv utilizados nestes ensaios foram fornecidos por uma recicladora, sendo, portanto, modelos de mais de 15 anos<sup>8</sup>. Os resultados dos testes comprovaram, contudo, a presença dessa diversificação wde materiais já nos anos 1990, pois todas as amostras analisadas acusaram problemas de resíduos de diversos elementos incompatíveis para a reciclagem. O estudo investigou também até que ponto os problemas detectados poderiam ser solucionados através da evolução dos processos de reciclagem, notadamente de melhorias nas etapas de cominuição, como trituração e moagem, para uma melhor concentração do material principal a ser recuperado<sup>9</sup>.

As amostras utilizadas para avaliação da qualidade do produto recuperado foram obtidas depois de trituradas as peças que atendiam aos seguintes critérios:

- ▶ Presença de diferentes tipos de materiais.
- ▶ Junções que não permitiram a separação dos sistemas onde foram montadas.
- ▶ Materiais que se aglomeraram pelo processo de trituração.
- ▶ Existência de frações não homogêneas no material triturado.

O tipo de separação realizada foi manual, com recurso exclusivo de identificação visual de defeitos apresentados do ponto de vista da trituração. Além disso, as junções soldadas ou aparafusadas deveriam estar visíveis e com tamanho suficiente para serem identificados os materiais constituintes que resistiram ao processo de trituração. Essas restrições reduziram substancialmente o número de peças aptas para análise nesse estudo. De três toneladas de resíduos moídos, cerca de 150 kg apresentaram defeitos visíveis

---

8 Esses testes foram realizados no Grupo Gallo Recycling em cinco veículos idênticos, ano 1990, pelos engenheiros Goran Radulovic e de Yann Leroy, sob a supervisão de Daneil Froelich e Dominique Millet. O primeiro carro triturado serviu para limpar o equipamento; dos quatro seguintes foram retiradas as amostras para análise.

9 Foi utilizado um triturador do tipo Zerditor (Lindenman), de 3000 cv, com capacidade de 50 t/h.



após a trituração, mas apenas 25 kg puderam ser analisadas pelas condições da pesquisa.

Em virtude do grande número de defeitos observados nas diversas formas de junção das peças, o estudo elegeu as peças aparafusadas como alvo central das análises, uma vez que seria impossível assegurar a separação manual correta de todas as peças que foram trituradas. A fim de validar os resultados desse primeiro ensaio e avançar um pouco mais nas análises dos processos atuais de reciclagem, foram realizados outros dois testes com veículos semelhantes. Seguindo os mesmos critérios de seleção das amostras do primeiro teste, os objetivos desses novos testes foram:

- ▶ Desmontar os veículos para avaliar o número de junções que representam problemas para a reciclagem, já identificados no primeiro teste.
- ▶ Localizar e caracterizar os diferentes tipos de junções e materiais associados.
- ▶ Determinar o limite, ou ponto crítico de resistência dessas junções à trituração.
- ▶ Completar os testes preliminares identificando as peças com problemas.

Desses dois últimos testes foram selecionados alguns componentes para análise mais aprofundada dos problemas verificados nos ensaios de desmontagem e moagem realizados. Esses componentes foram: cabos, cabeçote do motor, comando de válvulas, motor do limpador de pára-brisa, juntas, embreagem e peças estruturais como pára-choque (a saia é de plástico, mas o suporte é em Aço/Zn) e capô. Quatro desses componentes podem ser vistos nas Figuras 3, 4 e 5, reprodução de fotos extraídas do relatório parcial do projeto referente aos trabalhos de campo realizados pelos engenheiros Goran Radulovic e Yann Leroy, sob a supervisão dos Professores Dominique Millet e Daniel Froelich.



FIGURA 3 – Bobina em aço envolta em fios de cobre. Mistura cobre/aço. FIGURA 4 – Mangueira de borracha com braçadeira. Mistura material orgânico/aço



FIGURA 5 – Bloco de motor em alumínio com resíduos de aço e uma válvula em aço misturado com resíduos de latão provavelmente provenientes do carburador.

#### 4.1 | Limitações do aço automotivo reciclado

Mesmo no caso do aço, que é o material mais facilmente reciclado, há perda de propriedade por excesso de elementos residuais que estão presentes na sucata dos automóveis e que não são eliminados pelos processos de reciclagem atualmente em uso. Isto impede que a maior parte desse material reciclado retorne ao automóvel. De uma maneira geral, os resíduos encontrados em peças metálicas provenientes de vfv podem ser classificados em três categorias:

- 1) Oxidáveis: totalmente eliminados no processo de refino do aço.

Exemplo: Al, Si, Ti etc.

- 2) Semi-oxidáveis: eliminados em parte no refino do aço. Exemplo: Cr, Mn, P etc.
- 3) Não-oxidáveis: permanecem como contaminantes do aço. Exemplo: Cu, Sn, Mo, Ni etc.

A dificuldade maior reside na eliminação ou no controle do percentual desses elementos residuais após a segunda fusão da liga metálica. Alguns desses elementos, como o silício, o alumínio, ou ainda, o titânio, podem ser totalmente eliminados por oxidação. Outros, como o fósforo, o manganês e o cromo, são apenas parcialmente eliminados. E, finalmente, na última categoria, estão os que não podem ser separados dos metais ferrosos, como o cobre, o molibdênio e o níquel, permanecendo como contaminantes no aço reciclado.

Nesse último caso a alternativa técnica é a diluição para se chegar a um percentual aceitável de contaminação. O problema maior de tal contaminação é sua difusão, no longo prazo, de toda a sucata ferrosa disponível para reciclagem, pela acumulação desses elementos em peças ou veículos após sucessivas reciclagens. Na verdade, esse efeito se acentua à medida que o processo de fusão se repete, concentrando assim os resíduos nas sucatas e exigindo cada vez mais quantidade de aço de primeira fusão ou matéria-prima primária para a produção de autopeças. Nesse sentido, os aços automotivos reciclados se degradam, atingindo um baixo nível de qualidade, o que impede sua reutilização em peças ou veículos novos. As chapas de aço para carrocerias de automóveis, por exemplo, devem apresentar uma alta qualidade de acabamento superficial – sem imperfeições aparentes – o que só é possível se o aço (primário ou secundário) tiver menos de 1% de cobre e estanho somados.

Por outro lado, há que se considerar as contribuições positivas desses elementos para as características de alguns aços ligados, que fazem parte das especificações técnicas do projeto do veículo e que as montadoras definem com os seus fornecedores. O Quadro 1 resume as principais propriedades desses aços ligados:

## QUADRO 1 – Propriedades melhoradas dos aços ligados

Elementos dos Aços Ligados	Propriedades
Cromo	Aumenta a temperabilidade e a resistência à corrosão
Níquel	Aumenta a temperabilidade e resistência à tração
Cobre	Melhora a resistência à corrosão atmosférica
Molibdênio	Aumenta a temperabilidade e a resistência térmica
Fósforo	Facilita a usinagem e protege contra a corrosão

Fonte: Projeto CR2A relatório final.

O estudo constatou, assim, que a perda de qualidade dos aços automotivos reciclados é uma tendência atual devida à presença de elementos não-oxidáveis, impossíveis de serem eliminados pelos processos de reciclagem, presentes nos componentes tomados como amostra. Os problemas verificados nos ensaios de desmontagem e de reciclagem realizados foram debatidos por toda a equipe do projeto e levados à reunião plenária com todos os colaboradores externos. Dessa discussão plenária, concluiu-se que uma solução global e definitiva teria que ser buscada em parceria entre as montadoras e seus fornecedores, quer no nível do desenvolvimento de novas ligas que substituíssem esses elementos, quer no nível dos processos de reciclagem que os neutralizassem de algum modo. A tendência dominante neste sentido parece privilegiar a eco-concepção do material com o recurso de nanotecnologias, já considerado bastante promissor para caracterização de materiais.

### 4.2 | Limitações do alumínio automotivo reciclado

Diferentemente das latas de alumínio, as peças de automóvel feitas de alumínio não são recicladas com um aproveitamento total do material no mesmo produto. No caso do alumínio automotivo, há sempre uma perda de qualidade que impede que o material reciclado seja reutilizado, diretamente e na mesma proporção, na fabricação de novas peças. Isto é consequência da presença de elementos residuais contaminantes nas ligas de alumínio que provocam modificações em suas propriedades originais. Por outro lado,

há uma demanda crescente de materiais automotivos de melhor qualidade e de composição perfeitamente adequada à função para a qual foram concebidos que restringe ainda mais a entrada do alumínio automotivo reciclado no mercado de autopeças.

A qualidade do alumínio automotivo reciclado é afetada por elementos contaminantes de duas origens distintas: de um lado, têm-se os elementos provenientes de processos de fixação e montagem de peças que adicionam elementos tóxicos ou juntam materiais incompatíveis, como é o caso dos metais ferrosos; de outro, estão os elementos constitutivos da própria liga de alumínio que foram utilizados na sua elaboração para melhorar as propriedades desta, atendendo aos requisitos das funções que a peça vai desempenhar no automóvel. De uma forma ou de outra essa contaminação do alumínio por outros metais traz conseqüências negativas para a recuperação deste, pois degradam suas propriedades originais, desvalorizam o material reciclado e limitam seu campo de utilização. Geralmente este material reciclado passa a ser utilizado não mais no automóvel, ou se o for será em funções menos nobres do que as anteriormente desempenhadas.

Uma das mais fortes tendências do automóvel nos últimos 20 anos, a “eletronização” (introdução de componentes e sistemas eletrônicos) foi também um grande fator de contaminação pelo aumento da utilização do cobre nos comandos elétricos da direção, portas, vidros e assentos. É bem verdade que esse problema se verifica principalmente quando os veículos em fim de vida são prensados sem serem desmontados, tal como se fazia, e ainda se faz, em grande parte dos países desenvolvidos, principalmente nos EUA.

Essas impurezas, representadas por diversos elementos metálicos encontrados nas ligas de alumínio para fins automotivos, trazem conseqüências para o material reciclado comprometendo, em diferentes graus e natureza, a qualidade do alumínio recuperado pela reciclagem. O Quadro 2 resume as influências desses elementos sobre o alumínio reciclado.

## QUADRO 2 – Impurezas no alumínio reciclado: principais impactos na qualidade

<b>Impurezas nas ligas de alumínio</b>	<b>Conseqüências sobre o alumínio reciclado</b>
Ferro, Zinco, Chumbo e Estanho	Fragilizam o metal e o desvalorizam
Cobre	Diminui a resistência à corrosão da liga
Magnésio	Enrijece e torna a liga mais oxidável
Cálcio e Sódio	Oxidam-se e tornam a liga viscosa

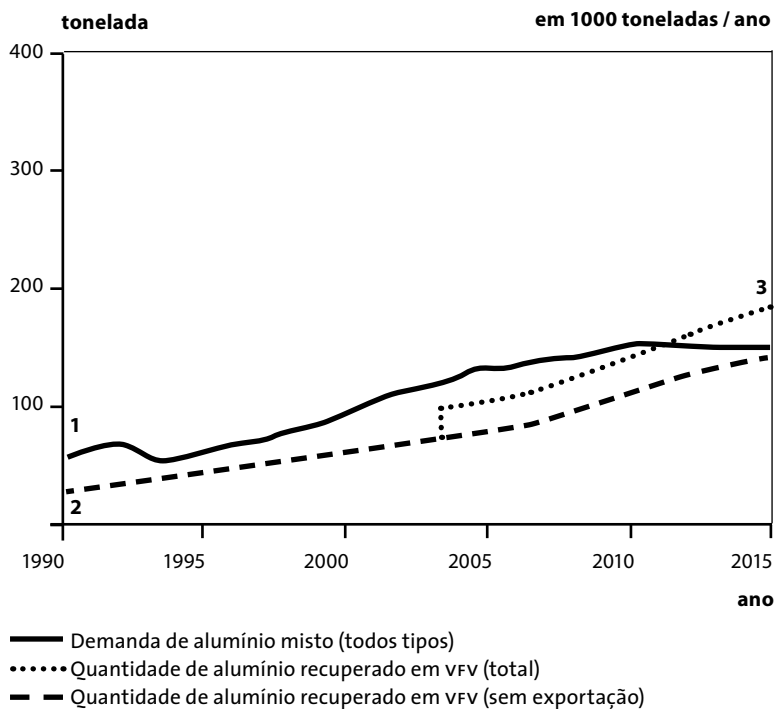
Fonte: Projeto CR2A relatório final.

Além disso, há uma grande diversidade de famílias de ligas de alumínio que concorrem para as diferentes funções estruturais e mecânicas no automóvel em substituição ao aço. Portas, capôs e pára-lamas, por exemplo, são peças feitas de alumínio de diferentes famílias de ligas das séries 5000 e 6000. No caso das portas, a desmontagem é difícil e demorada e, no caso dos pára-lamas e capôs, chega a ser impossível a separação desses materiais, uma vez que as peças são estampadas, prensadas e soldadas a laser. O resultado é um material recuperado de menor valor e qualidade do que o original.

A solução proposta pela equipe do projeto foi que essas peças tivessem seus projetos originais revistos no sentido de se reduzir o número de ligas e eliminar as incompatibilidades mais evidentes ficando ao menos dentro da mesma família da liga da série 6000, de melhor qualidade. Assim para o capô uma das soluções possíveis seria fazê-lo em alumínio série 6000 na parte externa e interna, ao invés de utilizar internamente algum tipo da série 5000, mais barato mas de qualidade inferior quanto ao acabamento de superfície. A restrição apresentada por parte das montadoras foi o aumento de custo da peça, que já é elevado em relação ao aço anteriormente utilizado.

Sendo o alumínio um material de uso em larga escala relativamente recente no automóvel, problemas desse tipo podem ser previstos, mas ainda não foram observados nos testes realizados, uma vez que os veículos tinham mais de 15 anos. Contudo, esses problemas

são de fácil previsão e prevenção, o que é importante considerando-se o ritmo do crescimento que o alumínio vem apresentando no automóvel e nas projeções de novos avanços para os próximos 15 anos. O gráfico apresentado na Figura 6 indica que a demanda de alumínio misto de diferentes tipos deve superar, em 2015, a quantidade de alumínio recuperado em vfv, na França, considerando-se que toda a produção automotiva fica no território francês, ou seja, sem exportação.



Fonte: elaborado por Goran Raudulovic para o projeto CRZA.

FIGURA 6 – Tendências da demanda e da reciclagem de alumínio até 2015.

### 4.3 | Cenários futuros do CRZA para a reciclagem de vfv

Com base nos estudos e testes realizados, foram identificados três possíveis cenários futuros, de acordo com as tendências ob-

servadas na França e na Europa quanto à evolução das atividades de eco-concepção e reciclagem de veículos. Essas tendências foram identificadas pela equipe do projeto CR2A e validadas por especialistas dos setores automotivo, siderúrgico e de reciclagem. A metodologia dos estudos de caso incluiu: revisão do estado da arte da reciclagem de aço e alumínio; observação dos processos de desmontagem, prensagem e moagem junto a um grande reciclador na França; análises nos laboratórios na ENSAM-Chambéry da composição dos resíduos da moagem antes e após as fases de separação dos materiais; visitas técnicas a indústrias siderúrgicas e montadoras. O trabalho de campo foi ainda complementado por duas reuniões plenárias com os parceiros industriais do projeto e por diversas entrevistas com especialistas. As entrevistas foram realizadas pessoalmente pelos membros da equipe, orientadas por questionários elaborados de acordo com os assuntos abordados.

Os três cenários para a reciclagem automotiva consideraram um horizonte de 12 a 14 anos, sobre os quais foram elaboradas as recomendações quanto à concepção de peças em aço e alumínio, tendo em vista a melhoria da qualidade dos materiais reciclados. Esses cenários partem da manutenção da situação atual, na qual predomina uma reciclagem que pode ser caracterizada como selvagem, ou seja, com a prensagem e trituração dos vfv – muitas vezes sem retirar nem mesmo os pneus – sem maiores cuidados quanto à valorização das peças ou dos materiais a serem recuperados, para chegar a uma situação ideal, em que os vfv seriam desmontados seguindo especificações técnicas dos fabricantes. Nesse cenário haveria uma triagem e separação prévia dos materiais por peças permitindo uma reciclagem técnica e economicamente mais eficiente. O resultado 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. Esses são na verdade os dois extremos de cenários evolutivos que passariam necessariamente por um cenário intermediário em que a desmontagem parcial do veículo seria feita seguindo uma seleção técnica economicamente orientada no sentido de tornar mais



sustentável a atividade de reciclagem na cadeia automotiva. Os três cenários podem ser resumidos como a seguir.

**Cenário 1 | Reciclagem sem Desmontagem do Veículo:** a separação dos materiais só é realizada após as fases de prensagem, trituração e moagem. Pode ser também chamado de **Cenário Tendencial** por ser uma extrapolação simples da situação atual da reciclagem de veículos na França.

**Cenário 2 | Reciclagem com Desmontagem Seletiva:** o veículo passa por uma desmontagem parcial de peças selecionadas antes das fases de prensagem, trituração e moagem com duas etapas de separação antes e depois da trituração e moagem. Nesse cenário as peças a serem desmontadas devem ser previamente selecionadas e definidas no projeto do veículo. O critério mais usado seria a massa representada pelo peso da peça. Esse seria o **Cenário de Transição** e o ritmo dessa transição seria dado pela legislação europeia em vigor.

**Cenário 3 | Reciclagem com Desmontagem Total:** ou de grande parte do veículo: o veículo deverá ter um manual de desmontagem e deverá ter sido totalmente projetado para facilitar as tarefas de desmontagem. Esse seria o **Cenário Ideal** a ser atingido ao final da transição verificada no cenário anterior.

As preconizações técnicas do projeto para a eco-concepção de componentes automotivos com vistas a valorizar a qualidade do aço e do alumínio reciclados em cada um dos cenários anteriormente mencionados estão resumidas no Quadro 3.

**QUADRO 3 – Resumo das preconizações, por grau de importância em cada Cenário**

<b>Preconizações/ Cenários</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Melhorar a acessibilidade das peças	nulo	alto	alto
Especificar as peças a serem desmontadas	nulo	alto	alto
Marcar as peças para facilitar a desmontagem	nulo	alto	alto
Padronizar junções para reduzir ferramental para desmontagem	nulo	alto	alto
Selecionar fixações para montagem e desmontagem	alto	médio	alto

<b>Preconizações/ Cenários</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Selecionar materiais compatíveis (peça e sistema)	alto	médio	alto
Selecionar processos de fixação e montagem compatíveis	alto	médio	médio
Adaptar a geometria das peças à ruptura na moagem	alto	nulo	nulo
Aumentar a participação dos materiais reciclados	alto	alto	alto
Reduzir a diversidade das ligas de aço e de alumínio	médio	médio	médio

Fonte: adaptado pela autora a partir do relatório final do projeto CR2A.

## 5 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

A reciclagem de automóveis é um problema complexo e vem sendo agravado pela evolução tecnológica dos materiais no sentido de uma maior complexidade. Seu acompanhamento exige a participação de diversos atores da cadeia automotiva e de especialistas de diferentes áreas do conhecimento, tanto na fase de projeto como na de fabricação do automóvel, de suas peças e dos materiais empregados. Essa participação deve se dar na forma de engajamento em torno de objetivos compartilhados, mesmo que as visões dos atores sejam diferentes e seus interesses no equacionamento do problema sejam diversos.

Os materiais automotivos estão em constante evolução tecnológica com reflexos diretos na reciclagem dos componentes e veículos em fim de vida. Para seguir os princípios do desenvolvimento sustentável eles deverão ser concebidos ou projetados de acordo com critérios ambientais que garantam uma reciclabilidade crescente permitindo assim uma economia substancial de recursos minerais. Por outro lado, a reciclagem também deve evoluir em consonância com os materiais, de modo a superar os gargalos tecnológicos existentes em relação a processos de separação e assim assegurar a qualidade do material recuperado, que assim valorizado por uma reciclagem de melhor qualidade poderá então retornar ao seu uso original.

A abordagem integrada da cadeia automotiva adotada neste estudo foi importante para propiciar essa integração dos diferentes atores que colaboraram nas diversas fases do projeto, desde os estudos do estado da arte dos materiais e processos de produção e de reciclagem, até a construção dos cenários, a realização das entrevistas com especialistas, as visitas técnicas e as análises dos testes e ensaios de reciclagem realizados. Desse modo, foi possível chegar a um consenso entre os atores quanto aos pontos importantes do estudo, tais como:

- ▶ De fato há problemas de qualidade no material recuperado de au-

topeças de aço e de alumínio em fim de vida que impedem atualmente seu uso mais amplo no setor automotivo.

- ▶ Por essa razão é necessário melhorar a qualidade da reciclagem do aço e do alumínio automotivos.
- ▶ O mercado de componentes automotivos exige matéria-prima secundária de qualidade e a preço competitivo.
- ▶ A legislação europeia sobre reciclagem de veículos em fim de vida (D.E. 2000/053 – vide anexo) é importante fator de união da cadeia automotiva no sentido de viabilização técnica e econômica do setor de reciclagem.

No âmbito técnico do estudo, os trabalhos de campo, como as visitas técnicas e os ensaios de reciclagem realizados, permitiram identificar problemas em dois níveis:

#### 1) Quanto à composição das autopeças

Há incoerências na concepção de peças que associam materiais incompatíveis ou de difícil separação no momento da reciclagem. Essa situação é algumas vezes agravada pela geometria da peça ou pelos projetos dos sistemas dos quais elas fazem parte, que são bi ou multimateriais.

#### 2) Quanto às características do veículo

Além das características das peças ou sistemas, há limitações que advêm do projeto do veículo como um todo e/ou das técnicas e dos processos de montagem final. Entre as limitações que podem ser imputadas ao projeto, têm-se:

- ▶ Fixações que não são desmontáveis (soldas e colas).
- ▶ Novos materiais compósitos e novas ligas metálicas.
- ▶ Projetos que não prevêm nem facilitam a desmontagem das peças e a separação dos materiais, seja manual ou automatizada.

No âmbito da eco-concepção para melhoria da qualidade da reciclagem das peças em aço e alumínio, pelo estudo realizado, pode-se afirmar que:

- ▶ Nem sempre é necessário melhorar o design das peças para facilitar a reciclagem.
- ▶ A eco-concepção não é fácil de ser realizada, pois encontra limitações técnicas quanto à seleção de materiais e processos.

- ▶ Há incompatibilidades entre critérios ambientais a serem priorizados, tais como: redução do peso e/ou aumento da reciclabilidade.
- ▶ Ainda há dificuldades técnicas e operacionais quanto à marcação de peças para facilitar a separação dos materiais.
- ▶ Deve-se registrar que a regulamentação europeia, a prosseguir na tendência atual de fazer valer o princípio do poluidor pagador, vai favorecer cada vez mais a eco-concepção de todos os produtos manufaturados, especialmente veículos automotivos.

As recomendações da equipe para desdobramentos e complementações desse estudo foram no sentido de:

- ▶ Aprofundar o estudo das fixações (montagem) em relação ao ponto de ruptura por moagem, identificando e caracterizando as fixações mais resistentes.
- ▶ Identificar e quantificar o cobre residual nas sucatas ferrosas e nos resíduos pós-moagem.
- ▶ Acompanhar o mercado de matérias-primas primárias (não-renováveis) e secundárias (reciclados).
- ▶ Acompanhar as tendências tecnológicas dos novos materiais e, ao mesmo tempo, promover a evolução da reciclagem.
- ▶ Manter uma mobilização permanente para convencer os empresários de que é importante fechar o ciclo de vida dos materiais reintroduzindo-os nas mesmas peças, funções e/ou produtos de origem.

As propostas dos representantes da indústria foram no sentido de:

- ▶ Priorizar o cenário de separação ou desmontagem das partes e peças do automóvel que apresentam maiores dificuldades de trituração e moagem.
- ▶ Enfatizar a reciclabilidade global do aço e alumínio e suas ligas.
- ▶ Considerar a reutilização desses materiais reciclados pela indústria automotiva como complementar ao seu emprego atual na construção civil.
- ▶ Considerar o ciclo de vida desses materiais globalmente, ou seja, considerando todos os seus usos possíveis nos diversos setores e mercados consumidores e não somente o automóvel e na Europa. Destacam-se entre esses usos, por exemplo, os setores de constru-

ção civil e de embalagens e os mercados emergentes, como China, Índia e Brasil, tanto para reciclagem em si como para utilização dos materiais reciclados.

## 6 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Projeto CR2A

- ADEME – Bilan environnemental sur les filières de recyclage: L'état des connaissances ACV. Paris: ADEME, 2002. 39 p.
- ADEME – Etude économique sur la filière de traitement des véhicules hors d'usage. Rapport final, Paris, ADEME, Septembre 2003.
- BARTH, D. Stratégies industrielles de production et de recyclage. Paris: Les Editions d'organisation, 1993. 248 p.
- BEAUFILS, P. PSA – Préparer la fin de vie du véhicule Automobile dès sa conception chez PSA Peugeot-Citroën, Entretiens Européens de la Technologie. Paris, Novembre 2001.
- BELLMAN, K.; Khare, A. Economic issues in end-of-life vehicles. In: Technovation, n° 20, 2000, pp 677 – 690.
- BERTOLINI, G. Déchet mode d'emploi. Paris: Economica, 1996. 166 p.
- BIGOURDAN, E. Matériaux d'allègement: une lourde responsabilité. In: Ingénieurs de l'automobile, n° 762, 2003, pp 32 – 37.
- BLAZY, J.-S. Renault – Evaluation du potentiel d'utilisation des mousses d'aluminium dans les véhicules automobiles. In: Fonderie Fondateur d'aujourd'hui, n° 221, 2003, pp 09 – 26.
- LE BORGNE, R. De l'usage des analyses de cycle de vie dans l'industrie automobile. Thèse ensam, 1998. 203 p.
- DELLEFOSSE, J. Mémento du Cercle National du Recyclage. Grenoble: SAP, 2001. 51 p.
- EAA – European Aluminium Association: The aluminium automotive manual. Brussels, 2003. Forme électronique Energetics, Incorporated. A roadmap for recycling end-of-life vehicles of the future, 2001. U.S. Department of Energy's.
- Le Parlement Européen et le Conseil de L'union Européenne. Directive 2000/53/CE du 18 septembre 2000 relative aux véhicules hors d'usage. In: Journal officiel des Communautés européennes.
- LES REFERENTIELS DUNOD. Pratique des matériaux industriels – Propriétés – Choix – Utilisation, 2004.
- FUNAZAKI, A.; Taneda, K. Automobile life cycle assessment issues at end-

- of-life and recycling. In: JSAE Review, n° 24, 2003, pp 381 – 386.
- HANFIELD, R. B.; MELNYK, S. A. Integrating Environmental Concerns into the Design Process: The Gap between Theory and Practice. In: IEEE Transactions on engineering Management, Vol. 48 No. 2, May 2001.
- HERBULOT, F. Récupération et recyclage de l'aluminium: stratégie, matières premières, fusion et mise en forme. In: Techniques de l'ingénieur, 2003.
- Huron Valey Steel Co. Scrap preparation for aluminium alloy sorting, Pittsburgh, 2000 TMS Annual Meeting.
- . Separation of wrought fraction of aluminium recovered from automobile shredder scrap. New Orleans, 2001. TMS Annual Meeting.
- . Assuring continued recyclability of automotive aluminium alloys: grouping of wrought alloys by color, X-ray absorption and chemical composition-based sorting, Seattle, 2002. TMS Annual Meeting, Automotive alloys.
- . Aluminium Scrap Alloy Sorting- Relevant published articles as of February 2002, Compiled by Renka Gessing.
- Hydro Aluminium Recycling, Pal Vigeland – Vice president – Aluminium Recycling, Metal Bulletin's 9th International Secondary Conference. November 2001. Prague.
- IKP Universität de Stuttgart. Life Cycle Assessment of Different Recycling Scenarios of Aluminium Car Body Sheet. IKP, Décembre 1998 (communication congres SAE), 6 pp.
- KHOEI, A.R.; MASTERS, I.; GETHIN, D.T. Design optimisation of aluminium recycling processes using Taguchi technique. In: Journal of Materials Processing Technology, n° 127, 2002, pp 96 – 106.
- KIM, K.H.; JOUNG, H.T.; NAM, H. Management status of end-of-life vehicles and characteristics of automobile shredder residues in Korea. In: Waste Management 2004, available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).
- KRIWET, A.; ZUSSMAN, E.; SELIGER, G. Systematic Integration of Design-for-Recycling into Product Design. In: International journal of production economics, n° 38, 1995, pp 15 – 22.
- LUCAS, R.; SCHWARTZE, D. End-of-life vehicle regulation in Germany and Europe: problems and perspectives, Wissenschaftszentrum



- Nordrhein-Westfalen. Institut Arbeit und Technik, May 2001. In: <http://www.wupperinst.org/Publikationen/WP/WP113.pdf>
- MILLER, E.; ZHUANG, L. Recent development in aluminium alloys for the automotive industry. In: *Material science and Engineering A280*, 2000, pp 37 – 49.
- MILLET, D. Prise en compte de l'environnement en conception: proposition d'une démarche d'aide à la conception permettant de limiter les ponctions et rejets engendrés par le produit sur son cycle de vie. Thèse ENSAM, 1995. – 95ENAM0015.- 190 p.
- MOK, H. S.; KIM, H. J.; MOON, K. S. Disassemblability of Mechanical Parts in Automobile for Recycling. In: *Computers ind. Engng*, Vol. 33, 1997, pp 621 – 624.
- SABSABI, M.; CIELO, P. Quantitative Analysis of aluminium alloys by laser-induced breakdown spectroscopy and plasma characterisation, 1995. National Research of Canada, Industrial Materials Institute.
- SAMUEL, M. A new technique for recycling aluminium scrap. In: *Journal of Materials Processing Technology*, n° 135, 2003, pp 117 – 124.
- UMEDA, Y.; NONOMURA, A.; TOMIYAMA, T. Study on life-cycle design for the post mass production paradigm. In: *Artificial Intelligence for Engineering Design*, No 14, 149 – 161, 2000.
- U.S. Department of Energy. A Roadmap for Recycling ELV of the Future, Energetics Incorporated, 2001.
- VAN SCHAİK, A.; REUTER, M. A. Dynamic modelling and optimisation of the resource cycle of passenger vehicles. In: *Minerals Engineering*, n° 15, 2002, pp 1001-1016.

## Sites internet

- Alcoa, Environnement, Products and Services, Site consultée le 08 Novembre 2003. <http://www.alcoa.com/global/en/home.asp>
- Alcan automotive, Global solutions for the automotive industry, Site consultée le 21 Octobre 2003. <http://www.alcanautomotive.com/home.html>
- Chambre Syndicale de l'Aluminium, site consultée le 21 Avril 2004. <http://www.aluminium-info.com/fr/>
- Corus Aluminium Duffel, Automotive, Site consultée le 28 Octobre

2003. <http://www.corusgroup-duffel.com/sites/2EFRAM3.htm>  
European Aluminium Association, site consultée le 05 Octobre 2003.  
<http://www.eaa.net>

[FAR 03] France Aluminium Recyclage, Comment évaluer mon gisement,  
Site consultée le 29 Octobre 2003. <http://www.france-alu-recyclage.com/fr/frt3.htm>

Hydro, Automotive products, site consultée le 17. Novembre 2003.  
<http://www.aluminium-extrusion.hydro.com/en/>

International Aluminium Institute, Aluminium Sustainability, Site consultée le 11 Octobre 2003. <http://www.world-aluminium.org/environment/index.html>

Institute of Scrap Recycling Industries, Automobiles, site consultée le 09 Novembre 2003. <http://www.isri.org/industryinfo/dfr/automobiles.htm>

Ministère de l'écologie et du développement durable, Site consultée le 09 Novembre 2003. <http://www.environnement.gouv.fr/>

Nissan, Vehicle Recycling Activities, consultée le 07 Octobre 2003.  
<http://www.nissan.co.jp/INFO/RECYCLE/E/index.html>

Organisation of European Aluminium Refiners et Remelters, consultée le 07 Mai 2004. <http://www.oea-alurecycling.org/ff/index.html>

Pechiney Automotive, Site consultée le 16 Novembre 2003. [http://www.pechiney-automotive.com/Automotive/socle\\_fr\\_us.nsf/FWFG\\_INTER?ReadForm&HP=1&LG=0](http://www.pechiney-automotive.com/Automotive/socle_fr_us.nsf/FWFG_INTER?ReadForm&HP=1&LG=0)

Pechiney, Alliages de moulage, consultée le 18 Octobre 2003. [http://www.alliages-moulage.pechiney.com/FMA/fma\\_alliages.nsf/FWFG\\_INTER?ReadForm&LG=0&HP=1](http://www.alliages-moulage.pechiney.com/FMA/fma_alliages.nsf/FWFG_INTER?ReadForm&LG=0&HP=1)

Psa Peugeot Citroën, Préserver l'environnement – Rapport du Directoire, consultée le 08 Mai 2004. [http://www.psa-peugeot-citroen.com/document/publication/environnement\\_20031056026889.pdf](http://www.psa-peugeot-citroen.com/document/publication/environnement_20031056026889.pdf)

Remi Claey's Aluminium, Propriétés de l'aluminium, Site consultée le 02 Novembre 2003. [http://www.remi-claey's.be/francais/aluminium20\\_f.html](http://www.remi-claey's.be/francais/aluminium20_f.html)

Techniques de l'ingénieur, [www.techniques-ingenieur.fr](http://www.techniques-ingenieur.fr)

Toyota Recycling Technology, consultée le 10 Novembre 2003. [http://www.toyota.co.jp/IRweb/special\\_rep/raum/raum.html](http://www.toyota.co.jp/IRweb/special_rep/raum/raum.html)

## Referências Bibliográficas Complementares

- ABRASSART, C.; AGGERI, F. La naissance de l'eco-conception; du cycle de vie du produit au management environnemental 'produit'. Revue Responsabilité et Environnement, série trimestrielle des Annales des Mines, Paris, éditons Edska, n. 25, p. 41-63, jan. 2002.
- BELLMANN, K.; ANSHUMAN, K. Economic Issues in Recycling End-of-Life Vehicles Technovation, Elsevier Science Ltd., vol. 20, 2000, pp. 667-690.
- BLONDEAU, J. Minerais et Fondants, Doc. M 7 4040, Techniques de l'Ingénieur, apostila.
- CULTER, S.; BRÁS, B.; WINSLOW, G.; YESTER, S. Designing for Materials Separation: Lessons from Automotive Recycling; Journal of Mechanical Design, Sept. 1998, vol. 120 pp. 501/509.
- FIELD III F. R.; CLARK, J. P.; ASHBY, M. F. Market Drivers for materials and Process Development in the 21<sup>st</sup> Century, MRS Bulletin / September 2001. pp. 716-725.
- JOUNOT A. Le développement durable: 100 questions pour comprendre et agir. Editora AFNOR, Paris, França, 2004.
- HALADA Y., The Current Status of Research and Development on Ecomaterials around the world. Publié en novembre 2001 (MRS Bulletin).
- MEDINA H. V. de. Non Ferrous Metals Recycling: Economic, Technical and Environmental Aspects of Aluminium and Lead Market in Brazil, article presented at the International Workshop on Non Ferrous Metal Recycling in Emerging Markets, at the State Mining Institute, St Petersburg, in 10-12 September 2003.
- MEDINA H. V. DE; GOMES, D. E. B. Reciclagem de Automóveis: estratégias, práticas e perspectivas, Série Tecnologia Ambiental N° 27, CETEM, Rio de Janeiro, Brasil, 2003, 60 p.
- MEDINA H. V. DE; GOMES, D. E. B. A Indústria Automobilística Projetando para a Reciclagem, Anais do 5° Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design e 2° International Congress of Design Research, realizado entre 15 e 18 e outubro de 2002, no Convention Center Florida Hotel, Rio de Janeiro, Brasil.
- PIWONKA, T.S. Environmentally Benign Materials Processing: why, what,

and when, ATAC Committee Report, disponible no site ASM  
[www.asminternational.org/ATAC](http://www.asminternational.org/ATAC).

Revue R&D Renault. Dossier Matériaux dans tous leurs états. Numéro  
17, juillet 2000.

SCHWARTZ, L. H. Sustainability: The Materials Role, Metallurgical and  
Materials Transactions B, vol. 30B, April 1999. pp. 157-169.

WERNICK I. K.; THEMELIS, N. J. Recycling Metals for the Environment. In:  
Annual Rev. Energy Environment, 1998, vol 23, pp 465-497.

## **Sites internet**

Renault – <http://www.renault.com>

Bureau of International Recycling – [http://wwwbir.org/aboutrecycling/  
EOLV/index.asp](http://wwwbir.org/aboutrecycling/EOLV/index.asp)

Nissan – [www.nissan.com](http://www.nissan.com)

## **ANEXO | Legislação Europeia sobre Veículos em Fim de Vida**

### **Directiva 2000/53/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de Setembro de 2000, relativa aos veículos em fim de vida**

#### **Declarações da Comissão**

Jornal Oficial nº L 269 de 21/10/2000 p. 0034 – 0043

### Directiva 2000/53/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 18 de Setembro de 2000 relativa aos veículos em fim de vida

O Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia,

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

Tendo em conta a proposta da Comissão(1),

Tendo em conta o parecer do Comité Económico e Social(2),

Após consulta do Comité das Regiões,

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

#### **Considerando o seguinte:**

(1) As diferentes medidas nacionais relativas aos veículos em fim de vida devem ser harmonizadas, em primeiro lugar, para minimizar o impacto ambiental negativo daqueles veículos, contribuindo assim para a protecção, preservação e melhoria da qualidade do ambiente e para a poupança de energia e, em segundo lugar, para garantir o correcto funcionamento do mercado interno e evitar distorções de concorrência dentro da Comunidade.

(2) É necessário um amplo quadro comunitário que garanta a coerência entre as abordagens nacionais relativamente à concretização dos referidos objectivos, especialmente no que se refere à concepção de veículos susceptíveis de reciclagem e valorização, à aplicação de requisitos para as instalações de recolha e tratamento e à concretização dos objectivos de reutilização, reciclagem e valorização, tendo em conta o princípio da subsidiariedade e o princípio do poluidor-pagador.

- (3) Os veículos em fim de vida criam anualmente na Comunidade entre 8 e 9 milhões de toneladas de resíduos, que têm de ser correctamente geridos.
- (4) A fim de aplicar princípios cautelares e preventivos, e de acordo com a estratégia comunitária em matéria de gestão dos resíduos, deve-se evitar, tanto quanto possível, a formação de resíduos.
- (5) A reutilização e valorização dos resíduos e, de preferência, a sua reutilização e valorização, constituem mais um princípio fundamental.
- (6) Os Estados-Membros devem tomar medidas para garantir a criação, por parte dos operadores económicos, de sistemas de recolha, tratamento e valorização de veículos em fim de vida.
- (7) Os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para garantir que o último proprietário e/ou detentor possa entregar o veículo em fim de vida numa instalação de tratamento autorizada sem quaisquer encargos em consequência de o veículo ter um valor de mercado negativo ou nulo. Os Estados-Membros deverão garantir que os produtores suportem a totalidade ou uma parte significativa dos custos de execução destas medidas; não se devem verificar entraves ao funcionamento normal das forças de mercado.
- (8) A presente directiva deve abranger veículos e veículos em fim de vida, incluindo os seus componentes e materiais, peças sobressalentes de substituição sem prejuízo dos níveis de segurança, das emissões para a atmosfera e do controlo de ruídos.
- (9) A presente directiva retoma, sempre que necessário, a terminologia de várias outras directivas, nomeadamente a Directiva 67/548/CEE do Conselho, de 27 de Junho de 1967, relativa à aproximação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas respeitantes à classificação, embalagem e rotulagem das substâncias perigosas(4), a Directiva 70/156/CEE do Conselho, de 6 de Fevereiro de 1970, relativa à aproximação das legislações dos Estados-Membros respeitantes à homologação dos veículos a motor e seus reboques(5), e a Directiva 75/442/CEE do Conselho, de 15 de Julho de 1975, relativa aos resíduos(6).
- (10) Os veículos de época, ou seja, veículos históricos ou veículos com valor para colecção ou destinados a museus, conservados em condições razoáveis e compatíveis com o ambiente, em estado de circular ou desmontados em peças, não são abrangidos pela definição de resíduos da Directiva 75/442/CEE, nem pelo âmbito de aplicação da presente directiva.

(11) É importante aplicar medidas preventivas a partir da fase de projecto dos veículos, sobretudo sob a forma de uma redução e controlo das substâncias perigosas nos veículos, a fim de evitar a sua libertação para o ambiente, facilitar a sua reciclagem e evitar a necessidade de eliminação de resíduos perigosos. Deverá ser, nomeadamente, proibida a utilização de chumbo, mercúrio, cádmio ou crómio hexavalente. Estes metais pesados deverão ser utilizados apenas em determinadas aplicações, de acordo com uma lista que será regularmente revista. Contribuir-se-á, assim, para impedir que certos materiais e componentes se tornem resíduos de retalhamento ou sejam incinerados e depositados em aterros.

(12) A reciclagem de todos os plásticos provenientes de veículos em fim de vida deverá ser continuamente melhorada. A Comissão está actualmente a analisar o impacto ambiental do PVC. Com base nestes trabalhos, a Comissão apresentará propostas adequadas quanto à utilização do PVC, nomeadamente no que diz respeito aos veículos.

(13) Os requisitos para o desmantelamento, a reutilização e a reciclagem dos veículos em fim de vida e dos respectivos componentes devem ser integrados na fase de projecto e produção de novos veículos.

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

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

(16) Deve ser criado um certificado de destruição, a utilizar como condição para o cancelamento do registo dos veículos em fim de vida; os Estados-Membros que não disponham de um sistema de cancelamento de registo devem criar um sistema de notificação do certificado de destruição à autoridade competente quando o veículo em fim de vida for transferido para a instalação de tratamento.

(17) A presente directiva não impede os Estados-Membros de concederem, quando necessário, o cancelamento temporário do registo de veículos.

(18) O exercício da actividade de operador de instalações de recolha e tratamento de resíduos só deve ser permitido após a obtenção da respectiva licença, ou, no caso de ser utilizado um registo em vez de uma licença, depois de terem sido preenchidas condições específicas.

(19) Deve ser promovida a faculdade de reciclagem e de valorização dos veículos.

(20) É importante estabelecer requisitos para as operações de armazenamento e tratamento, a fim de prevenir impactos ambientais negativos delas decorrentes e evitar distorções no comércio e na concorrência.

(21) A fim de obter resultados a curto prazo e de permitir aos operadores, consumidores e autoridades públicas terem a necessária perspectiva a mais longo prazo, devem ser estabelecidos objectivos quantitativos para os níveis de reutilização, reciclagem e valorização a atingir pelos operadores económicos.

(22) Os produtores devem garantir que o projecto e o fabrico dos veículos tenham em conta a necessidade de atingir os objectivos quantitativos de reutilização, reciclagem e valorização. A Comissão promoverá, para o efeito, a elaboração de normas europeias e tomará as outras medidas necessárias, a fim de alterar a legislação europeia aplicável em matéria de homologação de veículos.

(23) Ao executar as disposições da presente directiva, os Estados-Membros devem garantir que a concorrência não será afectada, nomeadamente no que diz respeito ao acesso das pequenas e médias empresas ao mercado de recolha, desmantelamento, tratamento e reciclagem.

(24) A fim de facilitar o desmantelamento, a valorização e, sobretudo, a reciclagem dos veículos em fim de vida, os fabricantes de veículos devem fornecer às instalações de tratamento autorizadas todas as informações de desmantelamento, nomeadamente as relativas aos materiais perigosos.

(25) A elaboração de normas europeias deve ser fomentada, quando adequado. Os fabricantes de veículos e os produtores de materiais devem utilizar normas de codificação de componentes e materiais, a estabelecer pela Comissão com a assistência do comité competente. Ao elaborar essas normas, a Comissão terá em conta, se for caso disso, os trabalhos em curso neste domínio nas instâncias internacionais competentes.

(26) São necessários dados à escala comunitária acerca dos veículos em fim de vida, para acompanhar a realização dos objectivos da presente directiva.

(27) Os consumidores devem ser adequadamente informados, a fim de adaptarem o seu comportamento e atitudes. Os operadores económicos



interessados devem facultar informações para o efeito.

(28) Desde que estejam preenchidas determinadas condições, os Estados-Membros podem decidir que certas disposições sejam executadas através de acordos com o sector económico em questão.

(29) A adaptação dos requisitos relativos às instalações de tratamento e à utilização de substâncias perigosas ao progresso científico e técnico, bem como a adopção de normas mínimas para o certificado de destruição, os modelos da base de dados e as medidas de execução necessárias ao controlo da conformidade com os objectivos quantitativos, devem ser garantidas pela Comissão através de um processo de comité.

(30) As medidas necessárias à execução da presente directiva serão aprovadas nos termos da Decisão 1999/468/CE do Conselho, de 28 de Junho de 1999, que fixa as regras de exercício das competências de execução atribuídas à Comissão(7).

(31) Os Estados-Membros podem aplicar o disposto na presente directiva antes da data nela prevista, desde que o façam nos termos do Tratado,

## **Adoptaram a presente directiva:**

### **ARTIGO 1.º**

#### **Objectivos**

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

### **ARTIGO 2.º**

#### **Definições**

Para efeitos da presente directiva, entende-se por:

1. “Veículo”, qualquer veículo classificado nas categorias M1 ou N1 definidas na parte A do anexo II da Directiva 70/156/CEE, e os veículos a motor

- de três rodas definidos na Directiva 92/61/CEE, com exclusão dos triciclos a motor.
2. “Veículo em fim de vida”, um veículo que constitui um resíduo na acepção da alínea a) do artigo 1.º da Directiva 75/442/CEE.
  3. “Produtor”, o fabricante de um veículo ou o importador profissional de um veículo para um Estado-Membro.
  4. “Prevenção”, as medidas destinadas a reduzir a quantidade e a nocividade para o ambiente dos veículos em fim de vida, seus materiais e substâncias.
  5. “Tratamento”, qualquer actividade efectuada após a entrega do veículo em fim de vida numa instalação para fins de despoluição, desmantelamento, corte, retalhamento, valorização ou preparação para a eliminação dos resíduos retalhados e quaisquer outras operações realizadas para fins de valorização e/ou eliminação do veículo em fim de vida e seus componentes.
  6. “Reutilização”, qualquer operação através da qual os componentes de veículos em fim de vida sejam utilizados para o mesmo fim para que foram concebidos.
  7. “Reciclagem”, o reprocessamento, no âmbito de um processo de produção, dos materiais residuais para o fim original ou para outros fins mas excluindo a valorização energética. A valorização energética significa a utilização de resíduos combustíveis como meio de produção de energia, através de incineração directa com ou sem outros resíduos mas com recuperação do calor.
  8. “Valorização”, qualquer das operações aplicáveis previstas no anexo II B da Directiva 75/442/CEE.
  9. “Eliminação”, qualquer das operações aplicáveis previstas no anexo II A da Directiva 75/442/CEE.
  10. “Operadores económicos”, os produtores, os distribuidores, as companhias de seguro automóvel, os operadores de instalações de recolha, desmantelamento, retalhamento, valorização e reciclagem e outras instalações de tratamento de veículos em fim de vida, incluindo os seus componentes e materiais.
  11. “Substância perigosa”, qualquer substância considerada perigosa nos termos da Directiva 67/548/CEE.

12. “Retalhadora”, qualquer dispositivo utilizado para corte ou fragmentação de veículos em fim de vida, inclusivamente para a obtenção directa de sucata de metal reutilizável.
13. “Informações de desmantelamento”, todas as informações necessárias ao tratamento adequado e compatível com o ambiente de um veículo em fim de vida. Essas informações são disponibilizadas pelos produtores de veículos ou de peças às instalações de tratamento autorizadas, sob a forma de manuais ou meios electrónicos (por exemplo, CD-Rom e serviços em linha).

### **ARTIGO 3.º**

#### **Âmbito**

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

### **ARTIGO 4.º**

#### **Prevenção**

1. Com o objectivo de promover a prevenção dos resíduos, os Estados-Membros devem, nomeadamente, dar incentivos para que:
  - a) Os fabricantes de veículos, em colaboração com os fabricantes de materiais e equipamentos, controlem a utilização de substâncias perigosas nos veículos e reduzam o seu uso, tanto quanto possível, a partir da fase de projecto dos veículos, em especial a fim de evitar a libertação dessas substâncias para o ambiente, facilitar a reciclagem e evitar a necessidade de eliminar resíduos perigosos;
  - b) Nas fases de projecto e produção de veículos novos sejam tomados plenamente em consideração e facilitados o desmantelamento, a reutilização e a valorização, especialmente a reciclagem, dos veículos em fim de vida, bem como dos seus componentes e materiais;
  - c) Os fabricantes de veículos, em colaboração com os fabricantes de materiais e equipamentos, integrem uma quantidade crescente de material reciclado em veículos e outros produtos, a fim de desenvolver os mercados de materiais reciclados.
2. a) Os Estados-Membros assegurarão que os materiais e componentes dos veículos comercializados a partir de 1 de Julho de 2003 não contenham chumbo, mercúrio, cádmio ou crómio hexavalente, excepto nos casos enunciados no Anexo II e nas condições aí especificadas;
  - b) A Comissão pode, nos termos do artigo 11.º, regularmente e de acordo com o progresso técnico e científico, alterar o anexo II para:
    - i) se necessário, estabelecer as concentrações máximas até às quais é tolerada a presença das substâncias referidas na alínea a) em materiais e componentes específicos de veículos,
    - ii) isentar determinados materiais e componentes de veículos da aplicação do disposto na alínea a) se a utilização dessas substâncias for inevitável,
    - iii) eliminar do anexo II materiais e componentes de veículos, se se puder evitar a utilização dessas substâncias,
    - iv) designar, nos termos das subalíneas i) e ii), os materiais e componentes de veículos que podem ser removidos antes de se proceder a qualquer tratamento subsequente, os quais devem ser rotulados ou identificados de qualquer outro modo adequado;
  - c) A Comissão procederá à primeira alteração do anexo II o mais tardar

em 21 de Outubro de 2001. Em todo o caso, nenhuma das isenções nele indicadas pode ser retirada do anexo antes de 1 de Janeiro de 2003.

## ARTIGO 5.º

### Recolha

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

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

Os Estados-Membros que não disponham de um sistema de cancelamento de registo à data de entrada em vigor da presente directiva devem criar um sistema de notificação do certificado de destruição à autoridade com-

petente quando o veículo em fim de vida for transferido para a instalação de tratamento, dando ainda cumprimento aos restantes requisitos do presente número. Os Estados-Membros que recorram ao disposto no presente parágrafo informarão a Comissão dos motivos por que o fizeram.

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

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

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

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

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

## **ARTIGO 6.º**

### **Tratamento**

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

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

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

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

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

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

- a) Os veículos em fim de vida devem ser totalmente despojados antes de se proceder ao seu tratamento subsequente, ou devem ser tomadas disposições equivalentes, a fim de reduzir qualquer impacto ambiental adverso. Os componentes ou materiais rotulados ou de outro modo identificados nos termos do n.o 2 do artigo 4.o devem ser removidos antes de se proceder a qualquer outro tratamento.
- b) Os materiais e componentes perigosos devem ser removidos, seleccionados e separados de forma a não contaminarem os resíduos retalhados dos veículos em fim de vida.
- c) As operações de despojamento e o armazenamento devem ser efectuados de maneira a garantir a possibilidade de reutilização e valorização, especialmente de reciclagem, dos componentes dos veículos.

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

4. Os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para garantir que a autorização ou a inscrição referidas no n.º 2 incluam todas as condições necessárias ao cumprimento dos requisitos previstos nos n.ºs 1, 2 e 3.
5. Os Estados-Membros devem incentivar os estabelecimentos e empresas que efectuam as operações de tratamento a utilizar sistemas de gestão ambiental devidamente certificados.

## **ARTIGO 7.º**

### **Reutilização e valorização**

1. Os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para incentivar a reutilização efectiva dos componentes reutilizáveis, a valorização dos não passíveis de reutilização e a preferência pela reciclagem, sempre que viável do ponto de vista ambiental, sem prejuízo dos requisitos de segurança dos veículos e do ambiente, tais como o controlo das emissões para a atmosfera e do ruído.
2. Os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para garantir a concretização dos objectivos seguintes por parte dos operadores económicos:
  - a) O mais tardar até 31 de Dezembro de 2006, a reutilização e valorização de todos os veículos em fim de vida deve ser aumentada para um mínimo de 85%, em massa, em média, por veículo e por ano. A reutilização e reciclagem deve ser aumentada, dentro do mesmo prazo, para um mínimo de 80%, em massa, em média, por veículo e por ano.  
Relativamente aos veículos produzidos antes de 1980, os Estados-Membros podem prever objectivos menos elevados, embora não inferiores a 75%, para a reutilização e valorização e não inferiores a 70% para a reutilização e reciclagem. Os Estados-Membros que recorram ao disposto no presente parágrafo devem informar a Comissão e os outros Estados-Membros dos motivos por que o fizeram;
  - b) O mais tardar até 1 de Janeiro de 2015, a reutilização e valorização de todos os veículos em fim de vida deve ser aumentada para um mínimo de 95%, em massa, em média, por veículo e por ano. Dentro do mesmo período, a reutilização e reciclagem deve ser aumentada para um mínimo de 85% em massa, em média, por veículo e por ano.



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

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

3. O Parlamento Europeu e o Conselho devem estabelecer, com base em proposta da Comissão, objectivos em matéria de reutilização e valorização e de reutilização e reciclagem relativamente aos anos posteriores a 2015.
4. Para preparar a alteração da Directiva 70/156/CEE, a Comissão deve promover a elaboração de normas europeias relativas aos níveis de desmantelamento, valorização e reciclagem dos veículos. Logo que as normas sejam aprovadas, mas nunca após o final de 2001, e com base em proposta da Comissão, o Parlamento Europeu e o Conselho devem alterar a Directiva 70/156/CEE, de forma a que os veículos homologados nos termos dessa directiva e comercializados três anos após essa alteração sejam passíveis de reutilização e/ou reciclagem a um nível mínimo de 85%, em massa, por veículo e sejam passíveis de reutilização e/ou valorização a um nível mínimo de 95%, em massa, por veículo.
5. Ao propor a alteração da Directiva 70/156/CEE no que diz respeito aos níveis de desmantelamento, valorização e reciclagem dos veículos, a Comissão deve ter em conta, se for caso disso, a necessidade de assegurar que a reutilização dos componentes não acarrete riscos para a segurança ou para o ambiente.

## **ARTIGO 8.o**

### **Normas de codificação/Informações de desmantelamento**

1. Os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para garantir que os produtores, em colaboração com os fabricantes de materiais e equipamentos, utilizem normas de codificação de componentes e mate-

- riais, em especial para facilitar a identificação dos componentes e materiais passíveis de reutilização e valorização.
2. O mais tardar em 21 de Outubro de 2001 e nos termos do artigo 11.o, a Comissão deve elaborar as normas referidas no n.o 1 do presente artigo. A Comissão terá então em consideração os trabalhos desenvolvidos neste domínio nas instâncias internacionais e dará a contribuição adequada para este trabalho.
  3. Os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para garantir que os produtores forneçam informações de desmantelamento para cada tipo de novo veículo colocado no mercado no prazo de seis meses depois do veículo ser comercializado. Essas informações devem identificar, na medida do necessário para que as instalações de tratamento possam cumprir as disposições estabelecidas na presente directiva, os diferentes componentes e materiais e a localização de todas as substâncias perigosas dos veículos, nomeadamente para atingir os objectivos previstos no artigo 7.o
  4. Sem prejuízo da confidencialidade comercial e industrial, os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para garantir que os fabricantes de componentes utilizados em veículos facultem às instalações de tratamento autorizadas, na medida em que estas o solicitem, as devidas informações sobre o desmantelamento, a armazenagem e o controlo dos componentes que podem ser reutilizados.

## **ARTIGO 9.o**

### **Relatório e informações**

1. De três em três anos, os Estados-Membros devem apresentar um relatório à Comissão sobre a execução da presente directiva. O relatório é redigido com base num questionário ou num esquema elaborado pela Comissão nos termos do artigo 6.o da Directiva 91/692/CEE(8), com o objectivo de criar bases de dados sobre os veículos em fim de vida e o tratamento que lhes é dado. O relatório deve conter informações pertinentes sobre eventuais alterações estruturais das empresas dos sectores da distribuição, recolha, desmontagem, retalhamento, valorização e reciclagem que provoquem distorções de concorrência entre os Estados-Membros ou no interior dos mesmos. O questionário ou esquema deve ser enviado aos Estados-Membros seis meses antes do início do período abrangido pelo

relatório. O relatório deve ser enviado à Comissão no prazo de nove meses a contar do final do período de três anos a que se referir.

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

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

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

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

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

## ARTIGO 10.º

### Execução

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

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

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

3. Desde que sejam cumpridos os objectivos previstos na presente directiva, os Estados-Membros podem transpor as disposições do n.º 1 do artigo 4.º, do n.º 1 do artigo 5.º, do n.º 1 do artigo 7.º, dos n.ºs 1 e 3 do artigo 8.º e do n.º 2 do artigo 9.º e definir as regras de execução do n.º 4 do artigo 5.º mediante acordos entre as autoridades competentes e os sectores económicos envolvidos. Esses acordos devem cumprir as seguintes condições:
- a) Os acordos devem ser exequíveis;
  - b) Os acordos devem especificar os objectivos e os prazos correspondentes;
  - c) Os acordos devem ser publicados no jornal oficial nacional ou num documento oficial igualmente acessível ao público e enviados à Comissão;
  - d) Os resultados obtidos pelo acordo devem ser fiscalizados periodicamente, comunicados às autoridades competentes e à Comissão e postos à disposição do público nas condições previstas no próprio acordo;
  - e) As autoridades competentes devem tomar disposições para analisar o progresso conseguido com o acordo;
  - f) Em caso de incumprimento do acordo, os Estados-Membros devem executar as disposições pertinentes da presente directiva por via legislativa, regulamentar ou administrativa.

#### **ARTIGO 11.º**

##### **Procedimento do comité**

1. A Comissão é assistida pelo comité instituído pelo artigo 18.º da Directiva 75/442/CEE, a seguir designado por “comité”.
2. Sempre que se faça referência ao presente artigo, são aplicáveis os artigos 5.º e 7.º da Decisão 1999/468/CE, tendo-se em conta o disposto no seu artigo 8.º

O prazo previsto no n.º 6 do artigo 5.º da Decisão 1999/468/CE é de três meses.

3. O comité aprovará o seu regulamento interno.
4. A Comissão deve adoptar, nos termos do procedimento previsto no presente artigo:

- a) Os requisitos mínimos do certificado de destruição, previstos no n.º 5 do artigo 5.º;

- b) As regras de execução previstas no terceiro parágrafo do n.o 2 do artigo 7.o;
- c) Os modelos relativos ao sistema de bases de dados previstos no artigo 9.o;
- d) As alterações necessárias para a adaptação dos anexos da presente directiva ao progresso científico e técnico.

#### **ARTIGO 12.O**

##### **Entrada em vigor**

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

#### **ARTIGO 13.O**

##### **Destinatários**

Os Estados-Membros são os destinatários da presente directiva.

Feito em Bruxelas, em 18 de Setembro de 2000.

Pelo Parlamento Europeu

A Presidente

N. Fontaine

Pelo Conselho

O Presidente

H. Védrine

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

(2) JO C 129 de 27.4.1998, p. 44.

(3) Parecer do Parlamento Europeu de 11 de Fevereiro de 1999 (JO C 150 de 28.5.1999, p. 420), posição comum do Conselho de 29 de Julho de

1999 (JO C 317 de 4.11.1999, p. 19), decisão do Parlamento Europeu de 3 de Fevereiro de 2000 (ainda não publicada no Jornal Oficial). Decisão do Conselho de 20 de Julho de 2000 e decisão do Parlamento Europeu de 7 de Setembro de 2000.

- (4) JO 196 de 16.8.1967, p. 1. Directiva com a última redacção que lhe foi dada pela Directiva 98/98/CE da Comissão (JO L 355 de 30.12.1998, p. 1).
- (5) JO L 42 de 23.2.1970, p. 1. Directiva com a última redacção que lhe foi dada pela Directiva 98/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho (JO L 11 de 16.1.1999, p. 25).
- (6) JO L 194 de 25.7.1975, p. 39. Directiva com a última redacção que lhe foi dada pela Decisão 96/350/CE da Comissão (JO L 135 de 6.6.1996, p. 32).
- (7) JO L 184 de 17.7.1999, p. 23.
- (8) JO L 377 de 31.12.1991, p. 48.

## **ANEXO I | REQUISITOS TÉCNICOS MÍNIMOS PARA O TRATAMENTO NOS TERMOS DOS N.OS 1 E 3 DO ARTIGO 6.O**

1. Instalações de armazenamento (incluindo armazenamento temporário) de veículos em fim de vida antes do respectivo tratamento:
  - ▶ superfícies impermeáveis para áreas apropriadas, equipadas com sistemas de recolha de derramamentos, decantadores e purificadores-desengorduradores,
  - ▶ equipamento para tratamento de águas, incluindo a água da chuva, em conformidade com os regulamentos em matéria de saúde e ambiente.
2. Instalações de tratamento:
  - ▶ superfícies impermeáveis para áreas apropriadas, equipadas com sistemas de recolha de derramamentos, decantadores e purificadores-desengorduradores,
  - ▶ armazéns adequados para peças desmontadas, incluindo armazéns impermeáveis para sobresselentes contaminados com óleo,
  - ▶ recipientes adequados para armazenamento de baterias (com neutralização dos electrólitos no próprio local ou noutra local), filtros e condensadores contendo PCB/PCT,
  - ▶ reservatórios adequados para armazenamento separado dos fluidos provenientes de veículos em fim de vida: combustível, óleo do motor,

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

## **ANEXO II | MATERIAIS E COMPONENTES ISENTOS DA APLICAÇÃO DO DISPOSTO NO N.º 2, ALÍNEA A), DO ARTIGO 4.º**

No âmbito do procedimento referido na alínea b), do n.º 2, do artigo 4.º, a Comissão deve avaliar as seguintes aplicações:

- ▶ alumínio das jantes, peças de motor e manivelas de elevadores de janelas,
- ▶ chumbo das baterias,
- ▶ chumbo da massa de equilíbrio,
- ▶ componentes eléctricos contendo chumbo fixado numa matriz de vidro ou de cerâmica,
- ▶ cádmio das baterias para veículos eléctricos.

Tal avaliação, de carácter prioritário, terá por objecto determinar, o mais rapidamente possível, se o anexo II deve ser alterado em consequência. No que se refere ao cádmio das baterias para veículos eléctricos, a Comissão terá em conta, no âmbito do procedimento referido no n.º 2, alínea b), do artigo 4.º e no contexto de uma avaliação ambiental global, a disponibilidade de materiais de substituição e de veículos eléctricos.



## **SÉRIES CETEM**

As Séries Monográficas do CETEM são o principal material de divulgação da produção científica realizada no Centro. Até o final do ano de 2006, já foram publicados, eletronicamente e/ou impressos em papel, cerca de 200 títulos, distribuídos entre as seis séries atualmente em circulação: Rochas e Minerais Industriais (SRMI), Tecnologia Mineral (STM), Tecnologia Ambiental (STA), Estudos e Documentos (SED), Gestão e Planejamento Ambiental (SGPA) e Inovação e Qualidade (SIQ). A Série Iniciação Científica consiste numa publicação eletrônica anual.

A lista das publicações poderá ser consultada em nossa homepage. As obras estão disponíveis em texto completo para download. Visitemos em [www.cetem.gov.br/series](http://www.cetem.gov.br/series).

## **INFORMAÇÕES GERAIS**

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral

Avenida Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária

21941-908 – Rio de Janeiro – RJ

Geral: (21) 3867-7222 - Biblioteca: (21) 3865-7218 ou 3865-7233

Telefax: (21) 2260-2837

E-mail: [biblioteca@cetem.gov.br](mailto:biblioteca@cetem.gov.br)

Homepage: <http://www.cetem.gov.br>

## **NOSSAS PUBLICAÇÕES**

Se você se interessar por um número maior de exemplares ou outro título de uma das nossas publicações, entre em contato com a nossa biblioteca no endereço acima.

Solicita-se permuta.

We ask for interchange.



Esta publicação foi composta nas famílias tipográficas  
Frutiger e The Sans. Impressa na Imprinta Express Gráfica  
e Editora LTDA em papel Couchê Matte 90gr/m<sup>2</sup>.