



SELEÇÃO DE MATERIAIS PARA APLICAÇÕES AUTOMOTIVAS: COMPETIÇÃO OU SIMBIOSE?

Antonio Augusto Gorni

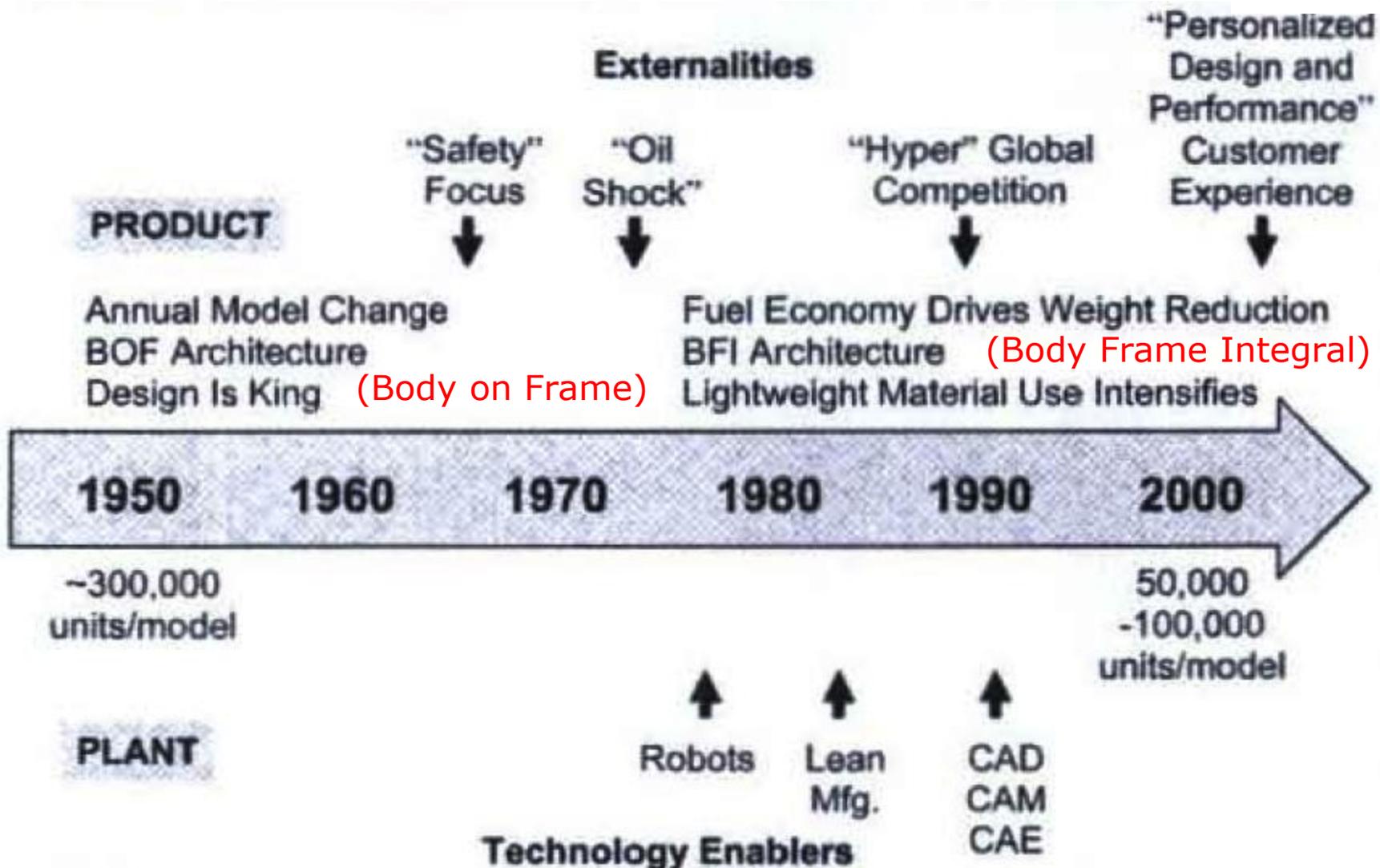
www.gorni.eng.br

Setembro de 2012

HISTÓRICO

- Nas últimas décadas uma série de acontecimentos impactou a forma como os automóveis devem ser concebidos – e, particularmente, os **materiais** neles usados:
 - **1973:** Guerra no Oriente Médio - Primeira Crise do Petróleo;
 - **1990:** Globalização e Hipercompetição;
 - **2000:** Conscientização Ecológica: Aquecimento Global;
 - **2008:** Barril a US\$ 150 - Início do Fim da Era do Petróleo?
- O aço, que reinou praticamente soberano nos automóveis até a década de 1960, começou a ter sua posição ameaçada pela **rápida evolução técnica e comercial** de materiais alternativos, como ligas leves e plásticos.

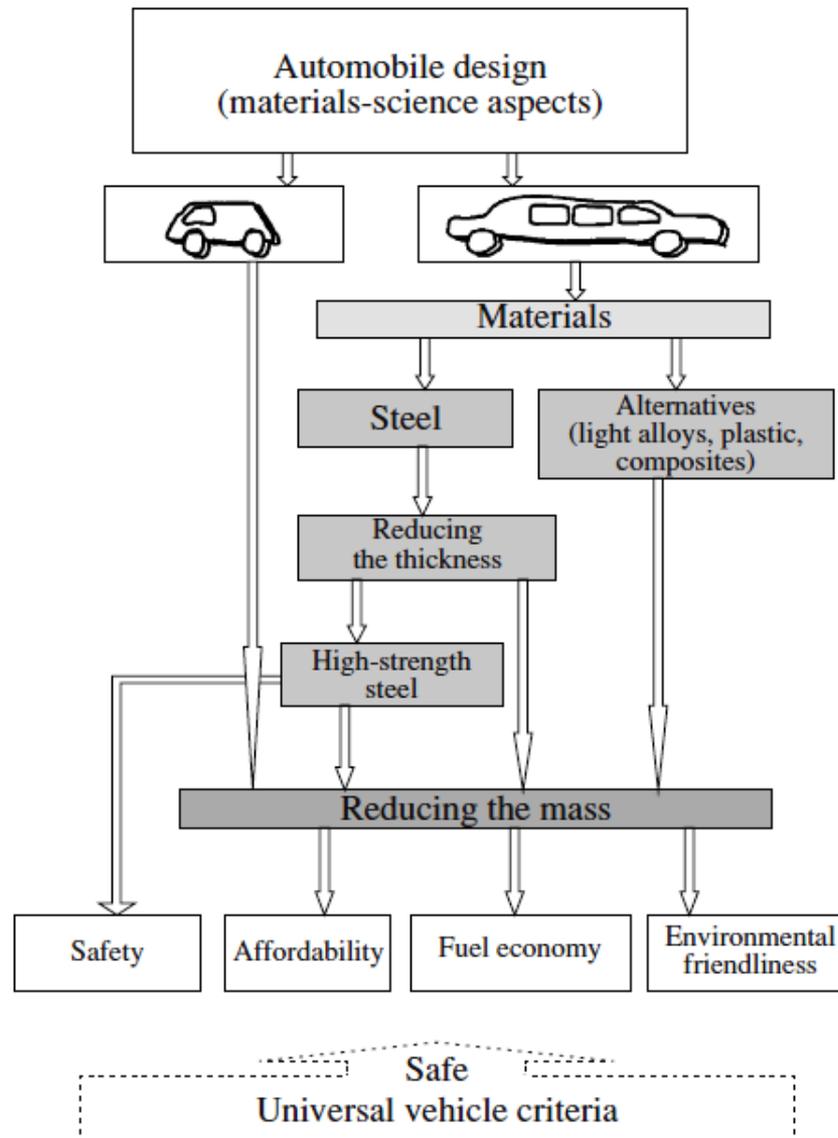
HISTÓRICO



CRITÉRIOS AUTOMOTIVOS

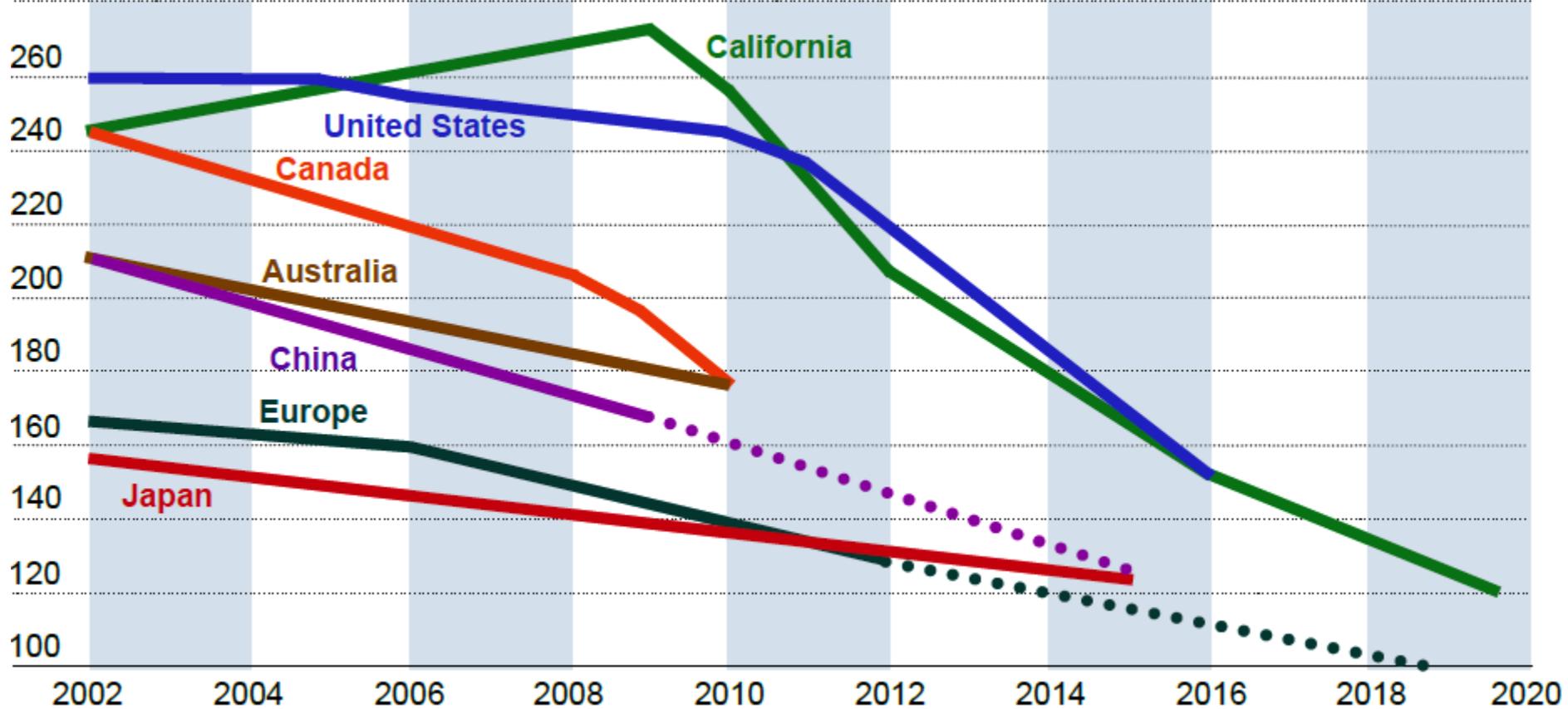
- Critérios básicos a serem satisfeitos por um veículo (SAFE) :
 - Seguro (**S***afety*)
 - Barato (**A***ffordability*)
 - US\$ 9.200 a 10.200
 - Energeticamente Eficiente (**F***uel Efficiency*)
 - 22 a 31 km/l
 - Amigável Ambientalmente (**E***nvironmental Friendliness*)
 - 86 a 108 g CO₂/km
- Esses requisitos freqüentemente são *conflitantes* entre si.

CRITÉRIOS AUTOMOTIVOS



PERMISSÃO PARA EMISSÃO DE CO₂

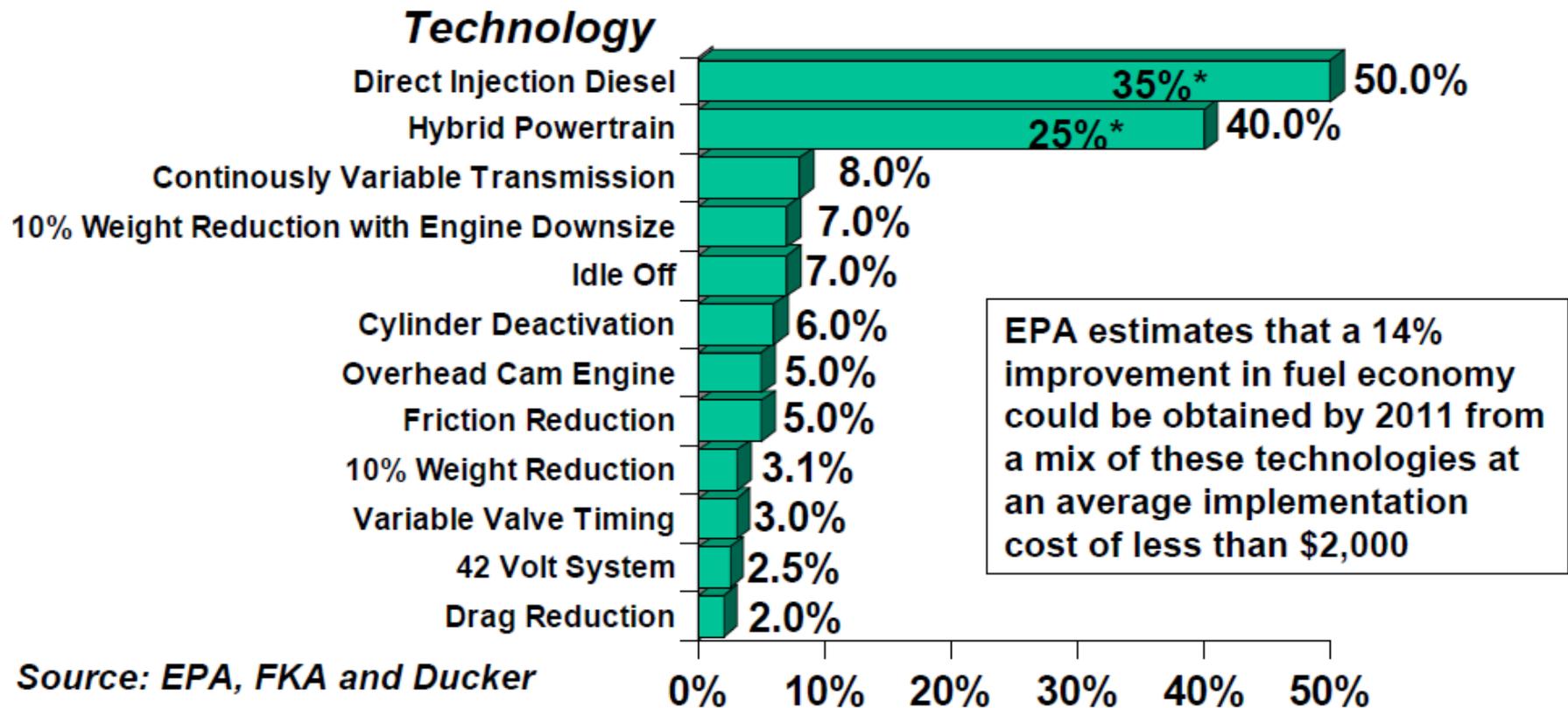
280 CO₂ equivalent g/Km converted to NEDC test cycle



Source: FSV Phase 1 Report

ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL

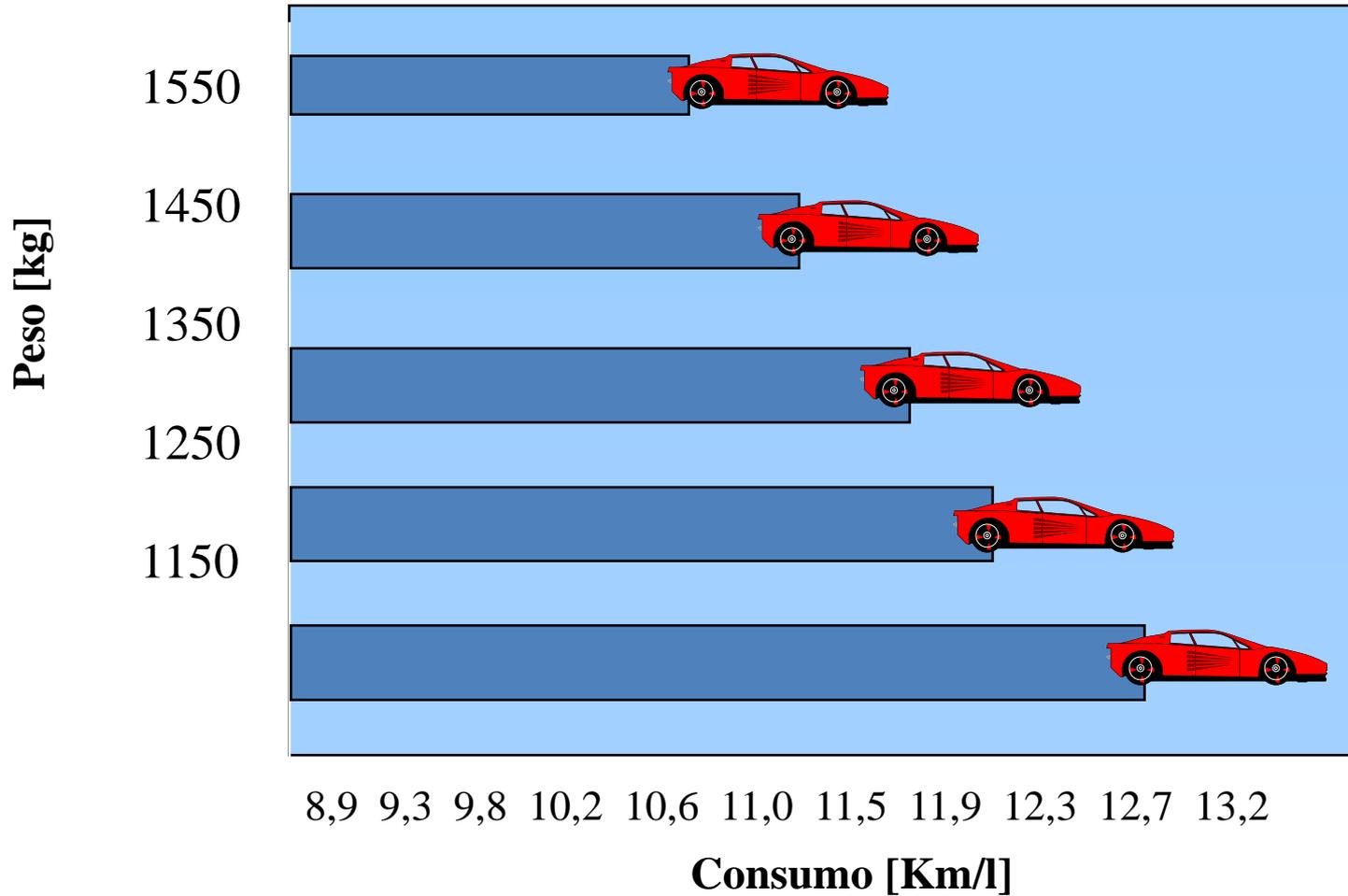
Examples of Technology to Improve Fuel Economy Maximum Increase in Fuel Economy from Each Technology with No Decrease in Vehicle Footprint



Source: EPA, FKA and Ducker

*Actual reported increases

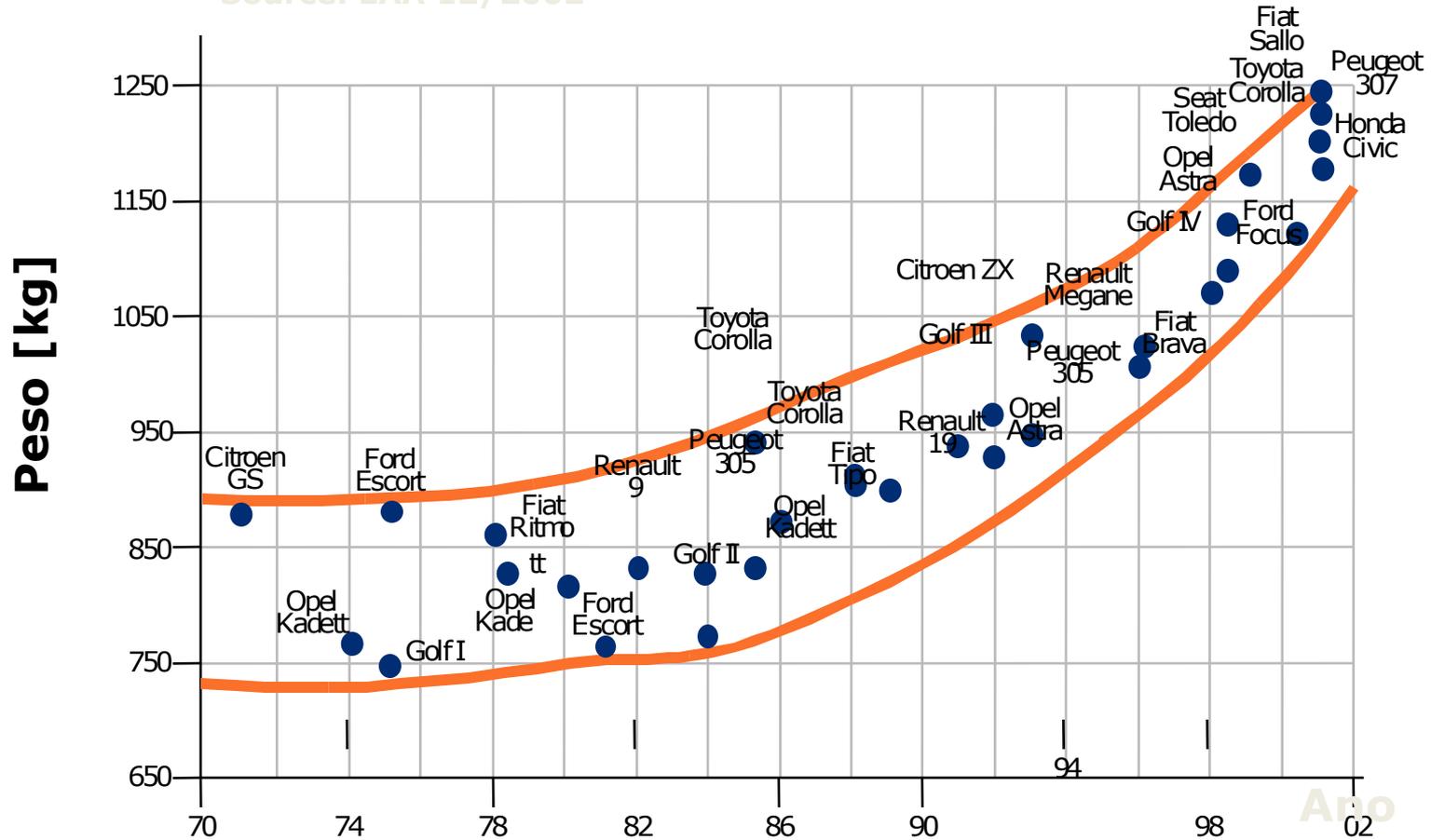
PESO x CONSUMO COMBUSTÍVEL



Fonte: The Aluminum Association

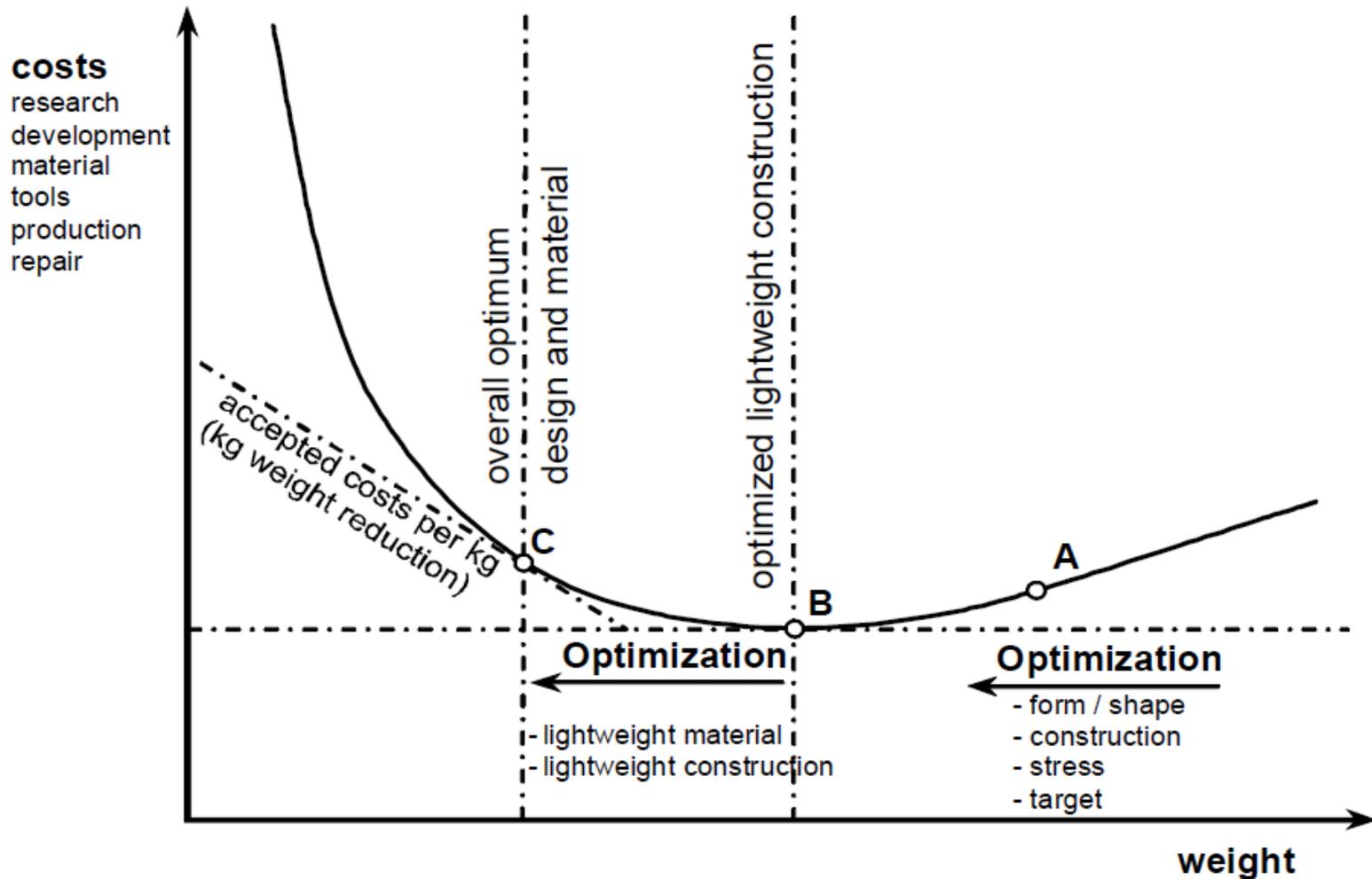
REDUÇÃO DE PESO?

Source: EAA 12/2002



REDUÇÃO DE PESO x CUSTOS

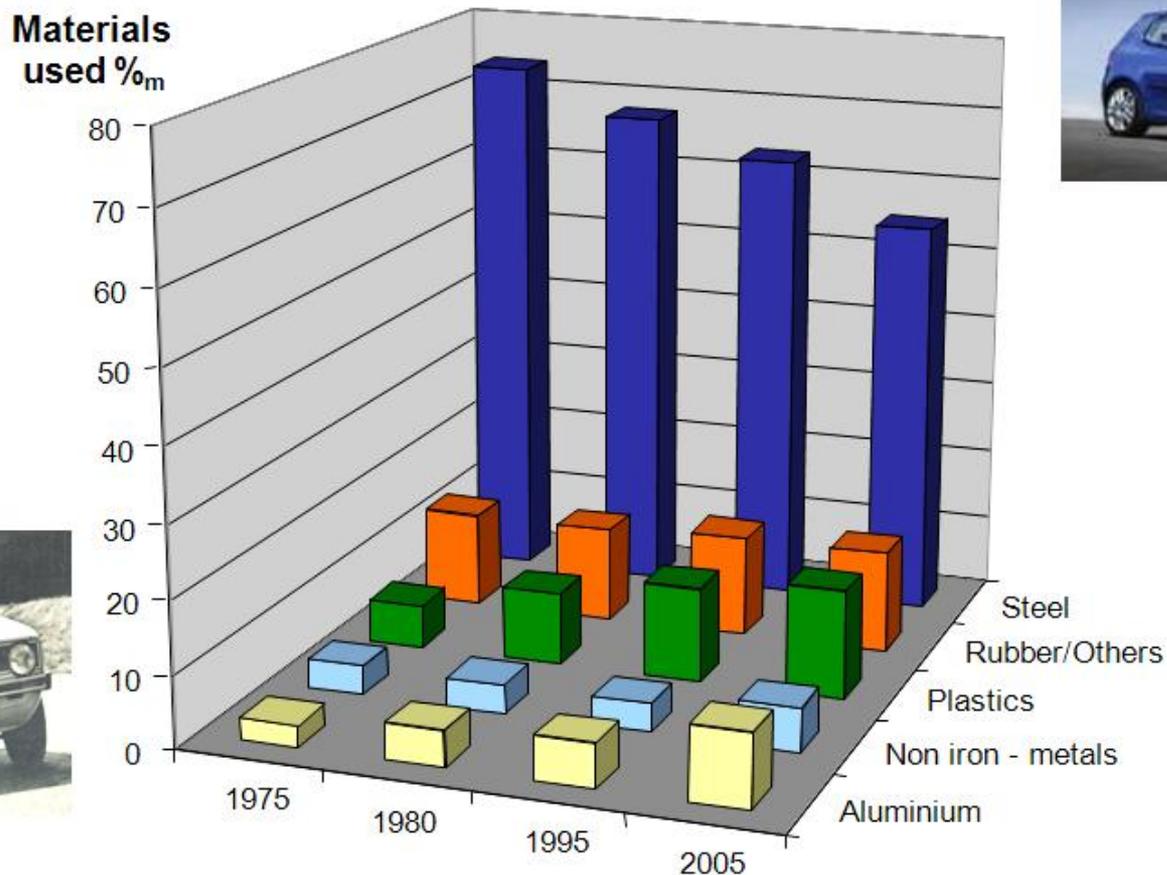
Lightweight construction: costs to weight



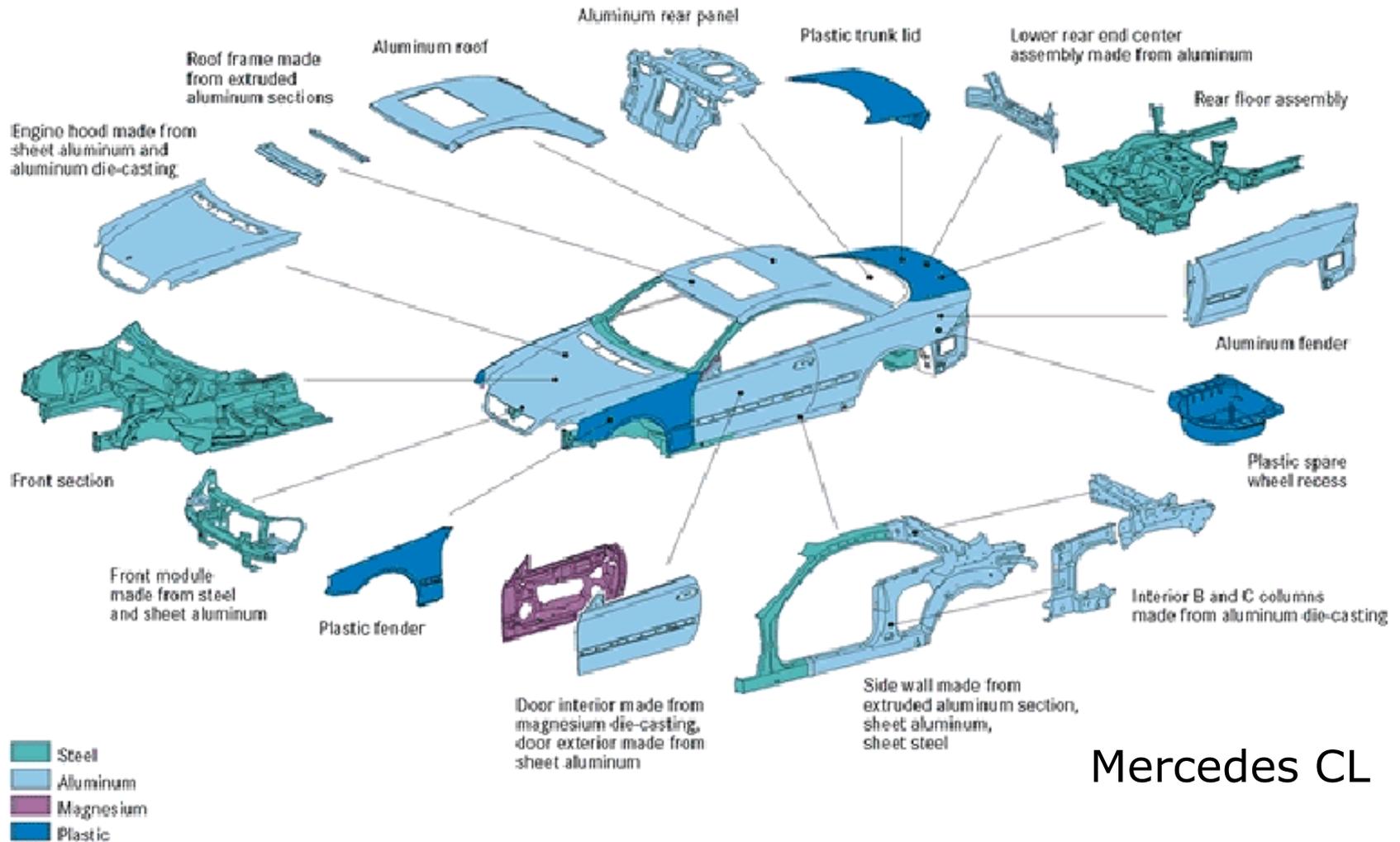
NOVOS MATERIAIS



SELEÇÃO DE MATERIAIS



SELEÇÃO DE MATERIAIS



Mercedes CL

APLICAÇÕES DE MATERIAIS LEVES



Alumínio

**Resina
Termoplástica**



SELEÇÃO DE MATERIAIS

North American Light Vehicle Material Content Per in Pounas

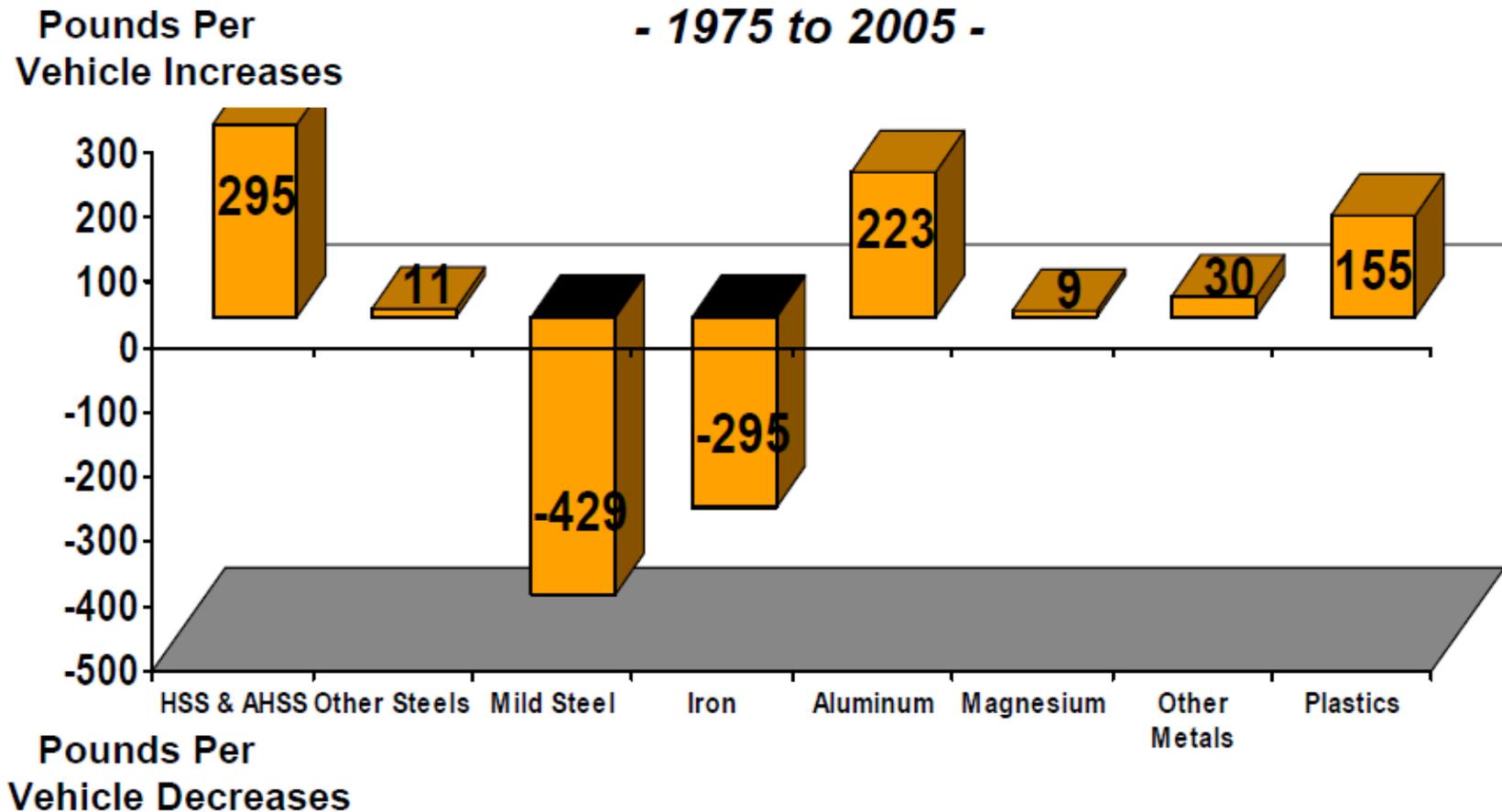
| | 1975 | 2005 | 2007 | 2015 | Change From 1975 to 2015 |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------------------|
| Mild Steel | 2,180 | 1,751 | 1,748 | 1,314 | Down 866 lbs. |
| High Strength Steel | 140 | 324 | 334 | 315 | Up 175 lbs. |
| Advanced HSS | -- | 111 | 149 | 403 | Up 403 lbs. |
| Other Steels | 65 | 76 | 76 | 77 | Up 12 lbs. |
| Iron | 585 | 290 | 284 | 244 | Down 341 lbs. |
| Aluminum | 84 | 307 | 327 | 374 | Up 290 lbs. |
| Magnesium | -- | 9 | 9 | 22 | Up 22 lbs. |
| Other Metals | 120 | 150 | 149 | 145 | Up 25 lbs. |
| Plastic/Composites | 180 | 335 | 340 | 364 | Up 184 lbs. |
| Other Materials | 546 | 629 | 634 | 650 | Up 104 lbs. |
| Total Pounds | 3,900 | 3,982 | 4,050 | 3,908* | Up 8 lbs. |

Source: Ducker Worldwide

* Same vehicle mix and average footprint as 2007

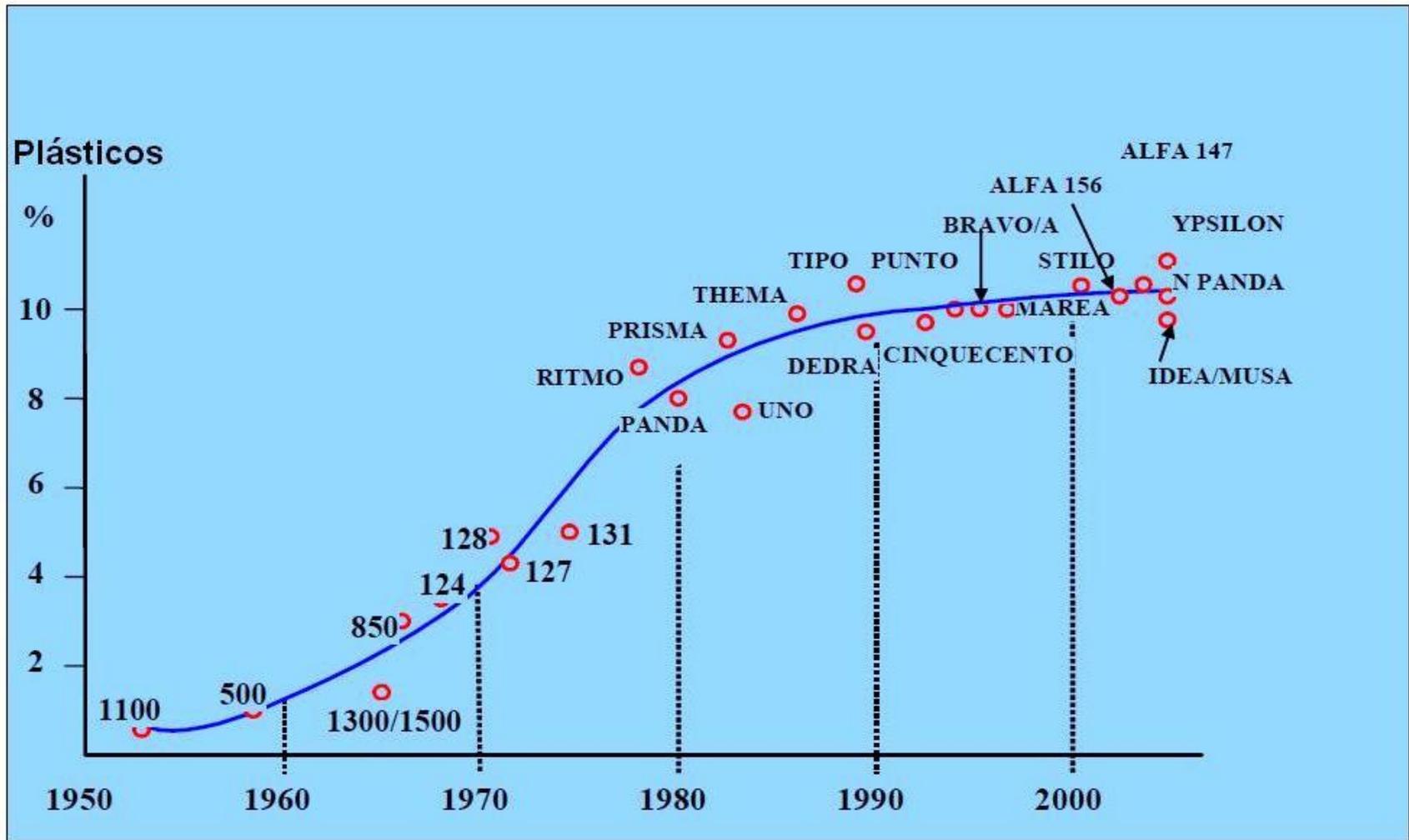
SELEÇÃO DE MATERIAIS

Changes in North American Light Vehicle Material Content



Source: Ducker Worldwide

USO DE PLÁSTICOS



USO DE PLÁSTICOS

Evolução dos Polímeros na Indústria Automobilística



Exhibit 2-2. Plastic Applications in Automobiles

Exterior—Plastic components resist dents, dings, stone chips, and corrosion. They allow modular assembly practices, lower production costs, and enable advanced exterior styling. Common applications include bumpers and fascia systems, body panels, grills, lighting systems, trim, and glazing.

Interior—Plastics are ideal for contributing to more comfortable, durable, and aesthetically pleasing interiors while reducing noise, harshness, and vibrations that disturb drivers and passengers. Plastic's design flexibility helps manufacturers create innovative, single-piece components that lower costs. Common applications include airbags, seating, instrument panels, steering wheels, air ducts, trim, door panels, consoles, sound abatement, and head liners.

Electrical—As the demand for electrical and computer-aided devices increases, plastics are enabling their inclusion by providing lightweight, non-conductive, and flexible housing, mounts, and insulation. Common applications include component housings, switches and sockets, connectors, sensors, lighting systems, circuit boards, and wiring harnesses, as well as foils for capacitors and displays.

Powertrain—Plastic's ability to withstand high temperatures and exposure to a variety of chemicals make it ideal for powertrain components. The use of additives, fillers, and reinforcements can vary the properties of plastics to meet specific needs. Plastics help minimize the number of parts needed to assemble complex components and reduce assembly costs. Applications include CV and U joint boots and internal transmission parts.

Chassis—Plastics are helping to make the chassis lighter, stronger, and more crash-sustainable, while reducing manufacturing costs. Plastics allow multiple components to be integrated into single units. They also help to reduce noise and vibration. Common applications include structure, support, suspension, load floors, front-end modules, fuel tanks, and brake components.

Engine—Plastics are making under-the-hood components easier to design and easier to assemble. Plastics such as nylon, polypropylene, polyethylene, and thermoset polyesters hold up well in the high-temperature, corrosive environment found in the engine compartment while reducing engine weight and noise, harshness, and vibration levels. Common engine applications include air-intake systems, fuel-intake systems, cooling systems, fluid containers, and valve covers.

PLÁSTICOS: ESTRATÉGIAS

Exhibit 3-1. Strategic Goals for Automotive Plastics

Safety

- Support improved safety in automobiles at weight-neutral and cost-neutral position, or better

Functionality

- Optimize vehicle functionality in a weight-neutral and cost-neutral position, or better

Sustainability

- Enable 95% content recovery and recyclability from end-of-life vehicles by 2015
- Benchmark and reduce life-cycle energy and environmental costs of petroleum-, natural gas- and bio-based plastics in vehicles relative to those of alternate materials

Productivity, Quality, and Reliability

- Improve predictive engineering capabilities to more accurately support the performance and durability of automotive plastics products and systems
- Develop new plastics and plastic-hybrid material design tools
- Improve processing techniques and manufacturing efficiency to speed time to market
- Work with American Society for Testing and Materials (ASTM International) to develop standards compliant with the International Organization for Standardization (ISO) by 2020, helping to establish a stronger U.S. seat at the ISO table

Market Position

- Increase average plastics content in vehicles over 2008 levels

Education

- Partner with colleges and universities to create attractive career value proposition for students
- Increase polymer science and engineering course offerings, including those specific to automotive applications

Partnerships & Outreach

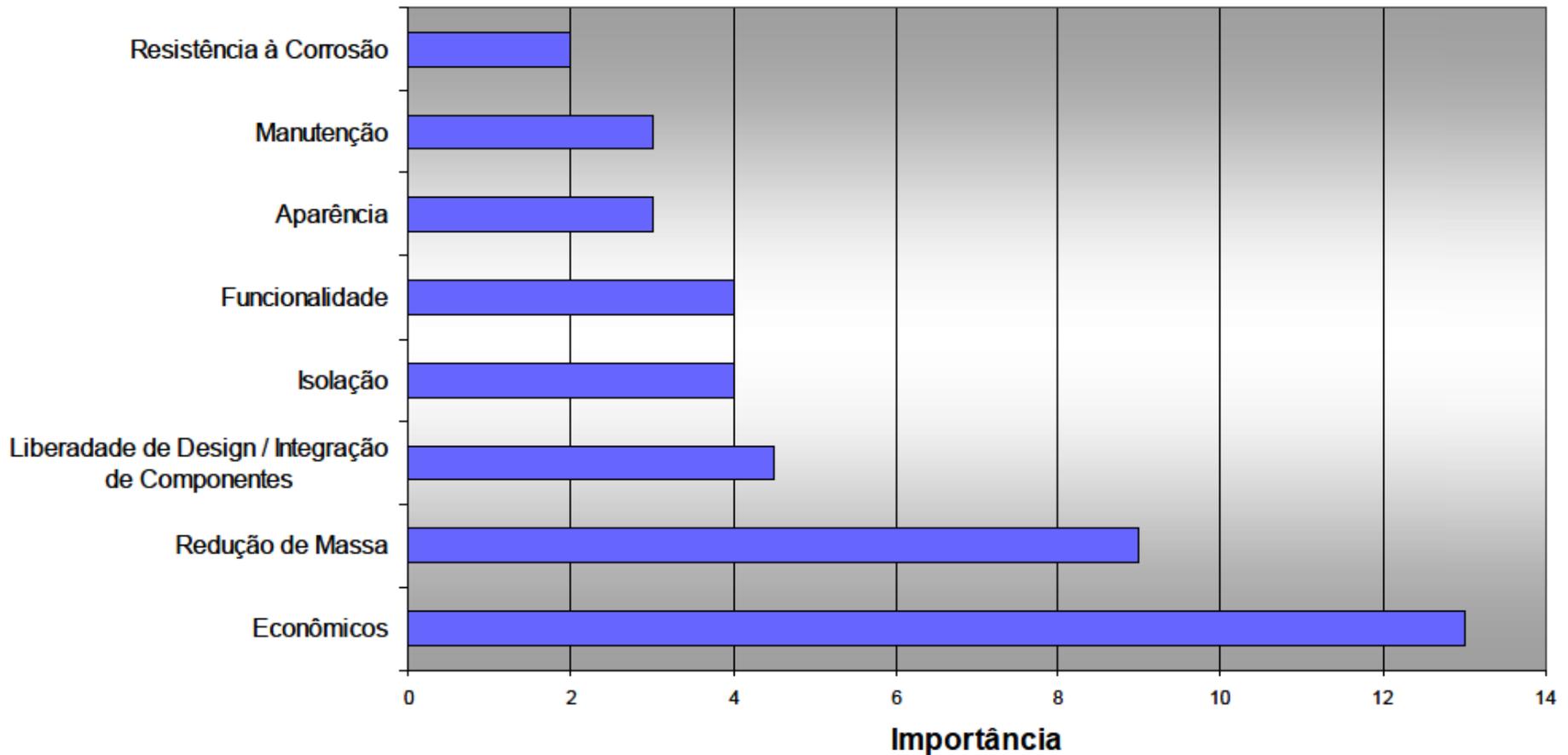
- Accelerate pace of innovation through cooperative R&D partnerships between industry, government, and academia that effectively leverage funding and align specialized resources and expertise

Communicating the Value of Plastics

- Communicate life-cycle energy and environmental costs of plastics in vehicles relative to those of alternate materials
- Correlate improvements to vehicle fuel efficiency, safety, reliability, weight savings, and environmental impact to related increases in plastics content
- Communicate the unique benefits and significant value that plastics add to vehicles through dedicated awareness campaign to change perception of plastics as a less effective material option

PLÁSTICOS x METAIS

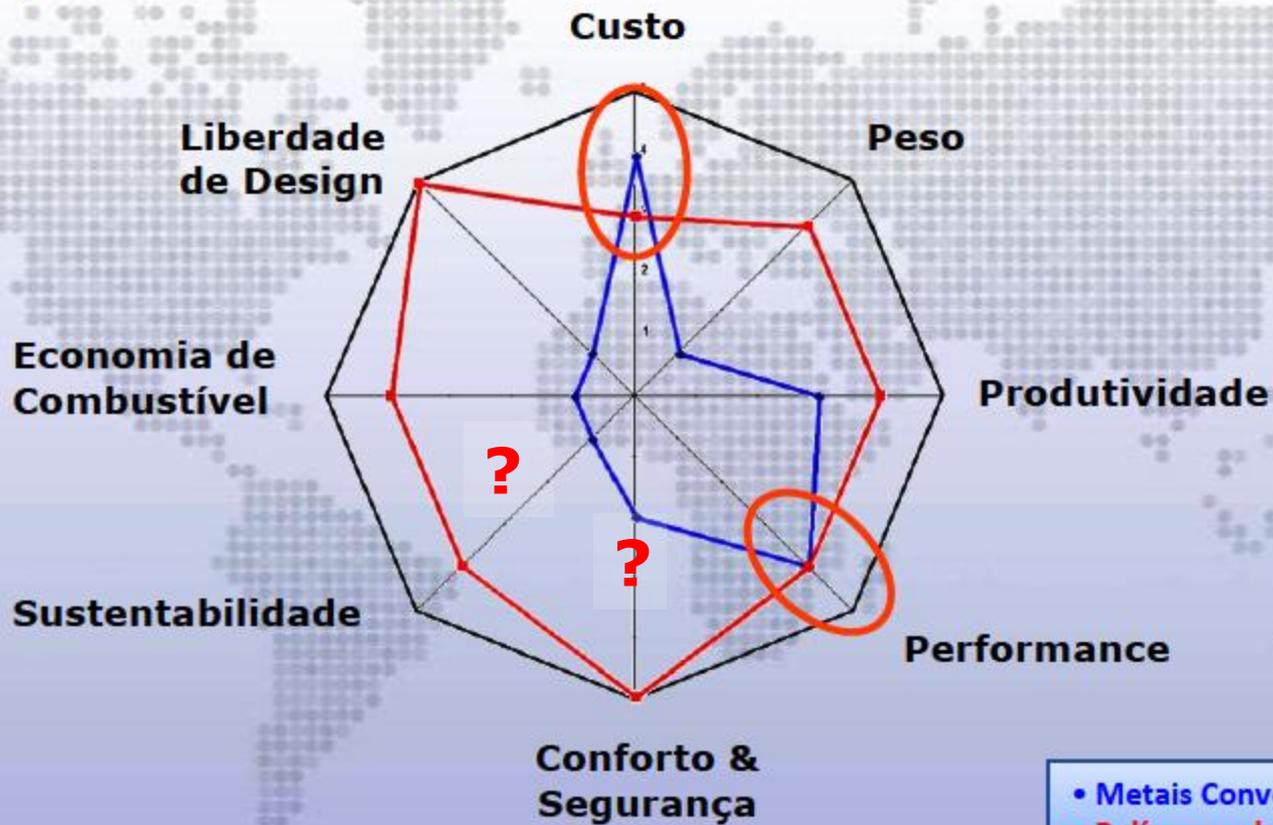
Principais Critérios para Substituição de Metal



PLÁSTICOS x METAIS

Placar

Expectativas Componentes Automotivos



PLÁSTICOS x AÇO: CÁRTER

Componentes do Motor – Cártter Plástico

VANTAGENS

- Redução de Peso (30 – 50%).
- Integração de componentes e funções.
- Liberdade de design.
- Aumento da capacidade de óleo.
- Estruturação mecânica.
- Isenção de corrosão.
- Redução de ruído.



PLÁSTICOS x AÇO: PÁRA-LAMAS

- Vantagens do uso da blenda **PPO/PA** (Noryl ®) na fabricação de pára-lamas, segundo a **SABIC Innovative Plastics**:
 - Redução de até **50% no peso**;
 - **Dispensa reparos** no caso de colisões a baixa velocidade.
 - Maior **liberdade de estilo**;
 - **Integração** entre componentes isolados.
 - Atende aos **critérios de segurança do pedestre** que entrarão em vigor em 2012 na Europa, Japão e E.U.A.

PLÁSTICOS x AÇO: PÁRA-LAMAS

AÇO

Marca : 2.5km/hr
Troca : 4 km/hr

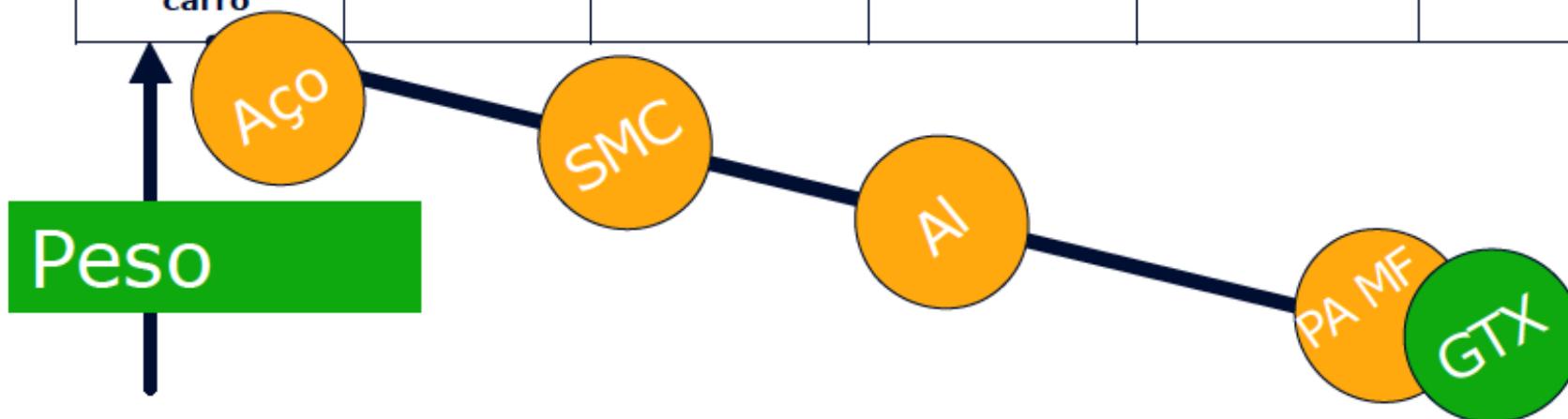
GTX

@ 23C 12-15 km/hr
@ -20C 6-10 km/hr



PLÁSTICOS x AÇO: PÁRA-LAMAS

| Material | Aço (th=0,77mm) | SMC (th = 2,5mm) | Alumínio (th = 1,2mm) | PA Carga Mineral (th = 2,1 mm) (th = 2,5 mm) | Noryl* GTX (th = 2,1mm) (th = 2,5mm) |
|------------------------|--------------------|---------------------|--------------------------|--|--|
| Peso total por carro | 4.8 kg | 3,9 kg | 3,1 kg | 2,2 kg 3 kg | 1,9 kg 2,6 kg |
| Peso poupado por carro | 0kg (0%) | 0.9 kg(-19%) | 1,7kg(-35%) | 2,6 kg (-55%) 1,8 kg (-37%) | 2,9kg(-60%) 2,2kg(-46%) |



PLÁSTICOS x AÇO: PÁRA-LAMAS

Renault

CLIO3
TWINGO
MODUS
MEGANE2
SCENIC2
LAGUNA2
ESPACE4
Kangoo

PSA

T5 307
T7 308
C4
C4 PICASSO

LANCIA

YPSILON

MERCEDES

VITO

Audi

R8

BMW

SERIE 6

VW

NEW BEETLE

Mitsubishi

Delica

Hummer

H3



AÇO x PLÁSTICOS

- Há muitos desenvolvimentos já feitos e em andamento para substituir o aço por plásticos em várias partes do carro – inclusive em **peças da carroceria**.
- Contudo, a opinião geral atual reza que, a curto e médio prazo, **o aço não está ameaçado diretamente pelas resinas plásticas**, mas sim pelas ligas leves, especialmente alumínio.
- A competição **plásticos x ligas leves** parece ser mais dura.

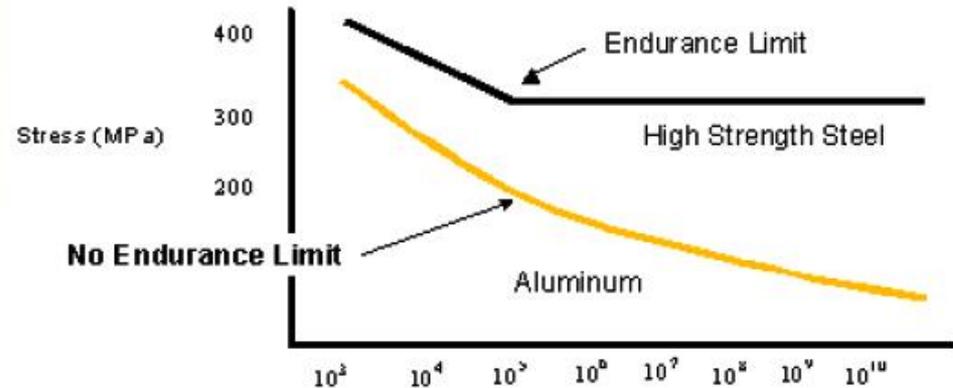
AÇO x ALUMÍNIO

- **Módulo Elástico [GPa]:** 210 GPa x 70 GPa;
- **Densidade [g/cm³]:** 7,85 g/cm³ x 2,72 g/cm³
- **Rigidez Específica (E/ρ) [GPa cm³/g]:** 26,75 x 25,64 - favorece o aço em aplicações com **geometria côncava**;
- O aço **absorve mais energia** no caso de solicitações mecânicas em alta velocidade (colisões);
- O aço apresenta **limite de fadiga** (vida infinita abaixo de certo valor de tensão), ao contrário do alumínio, cuja vida sempre se mostra **finita**, mesmo sob baixas tensões;

AÇO x ALUMÍNIO



Fatigue Comparison



| | |
|-----------------|--|
| Aluminum 5052-O | = 124 MPa at 50(10 ⁷) Cycles |
| Dual Phase 800 | = 307 MPa (Endurance Limit) |
| TRIP 600 | = 336 MPa (Endurance Limit) |

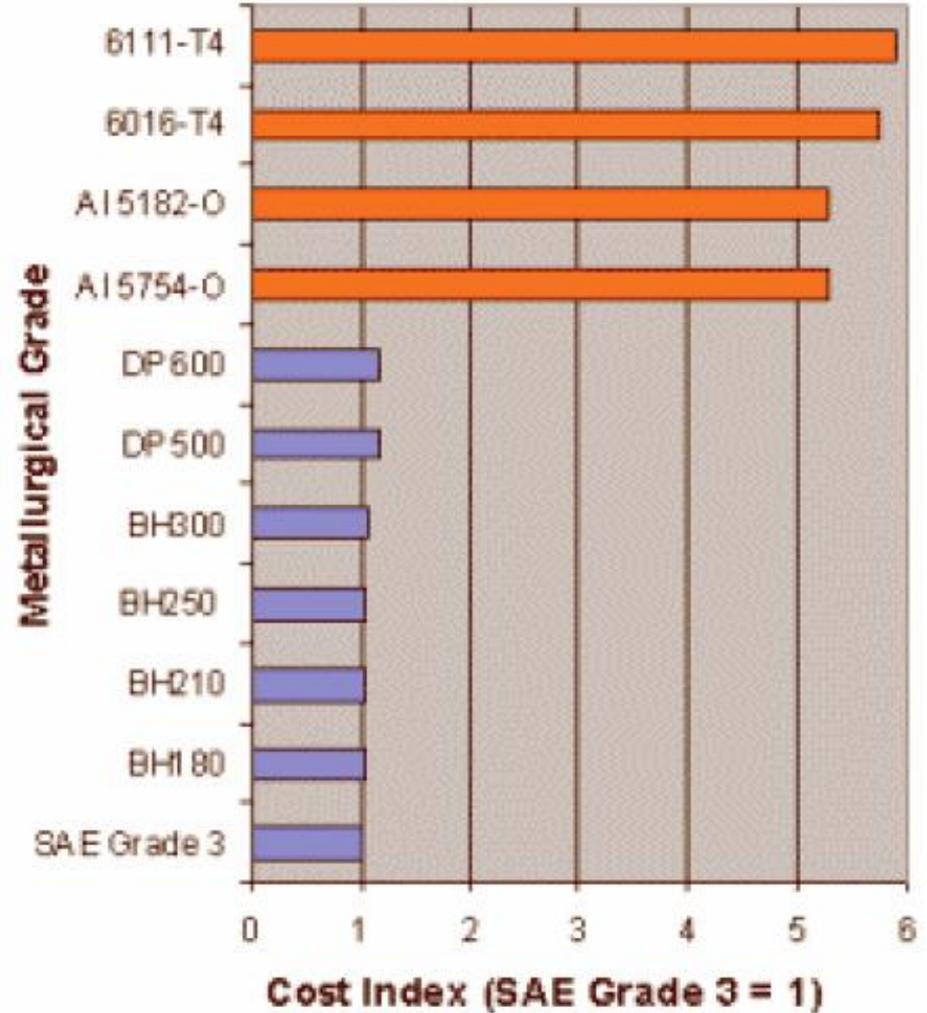
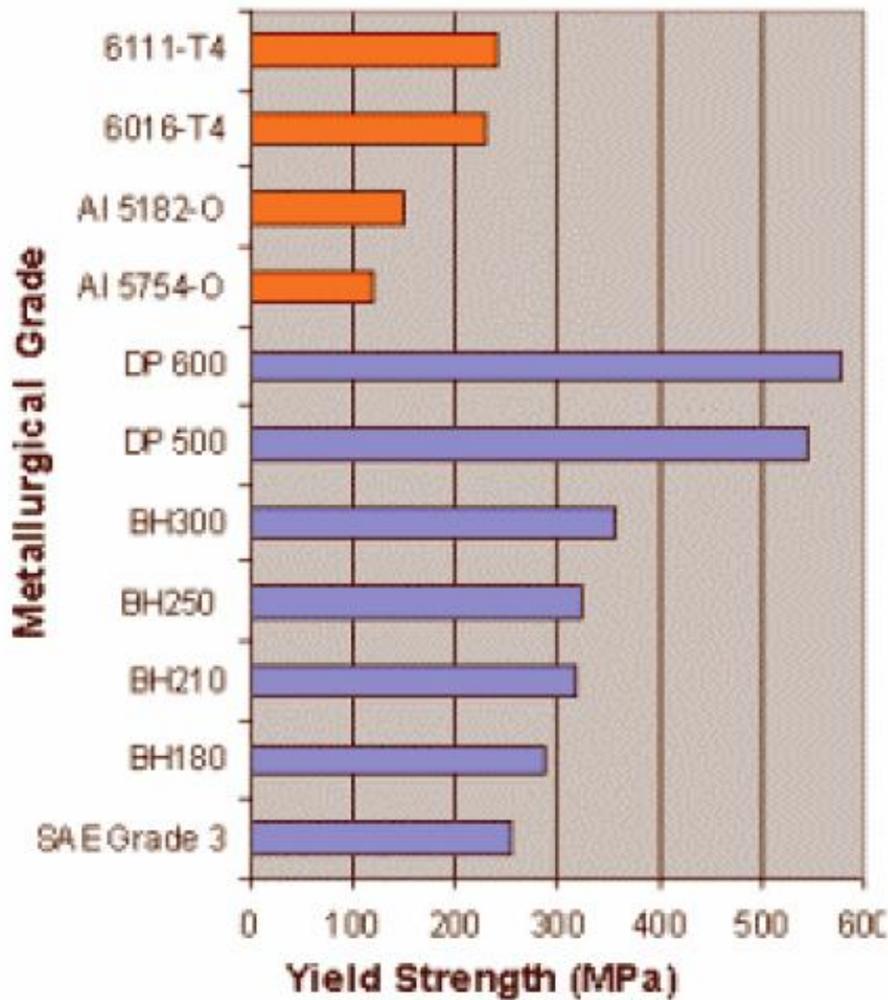
Source: US Steel Website

- Since aluminum does not have an endurance limit, they can only be designed for a specified number of cycles.
- On the other hand, steel solutions can be theoretically designed for infinite cycles.

AÇO x ALUMÍNIO

- O aço apresenta **maior conformabilidade** que o alumínio (cerca de 1/3 a mais);
- O aço, em função de sua maior dureza, apresenta maior resistência à endentação (*dent resistance*);
- O aço, em função de sua maior densidade, apresenta maior capacidade **para absorver vibrações**.
- O **magnetismo** do aço ajuda nas operações logísticas para sua reciclagem.
- As peças convertidas ao **alumínio** são **40% mais leves**, mas também **40% mais volumosas** do que as feitas de aço, criando problemas com a **administração do espaço** dentro do projeto automotivo.

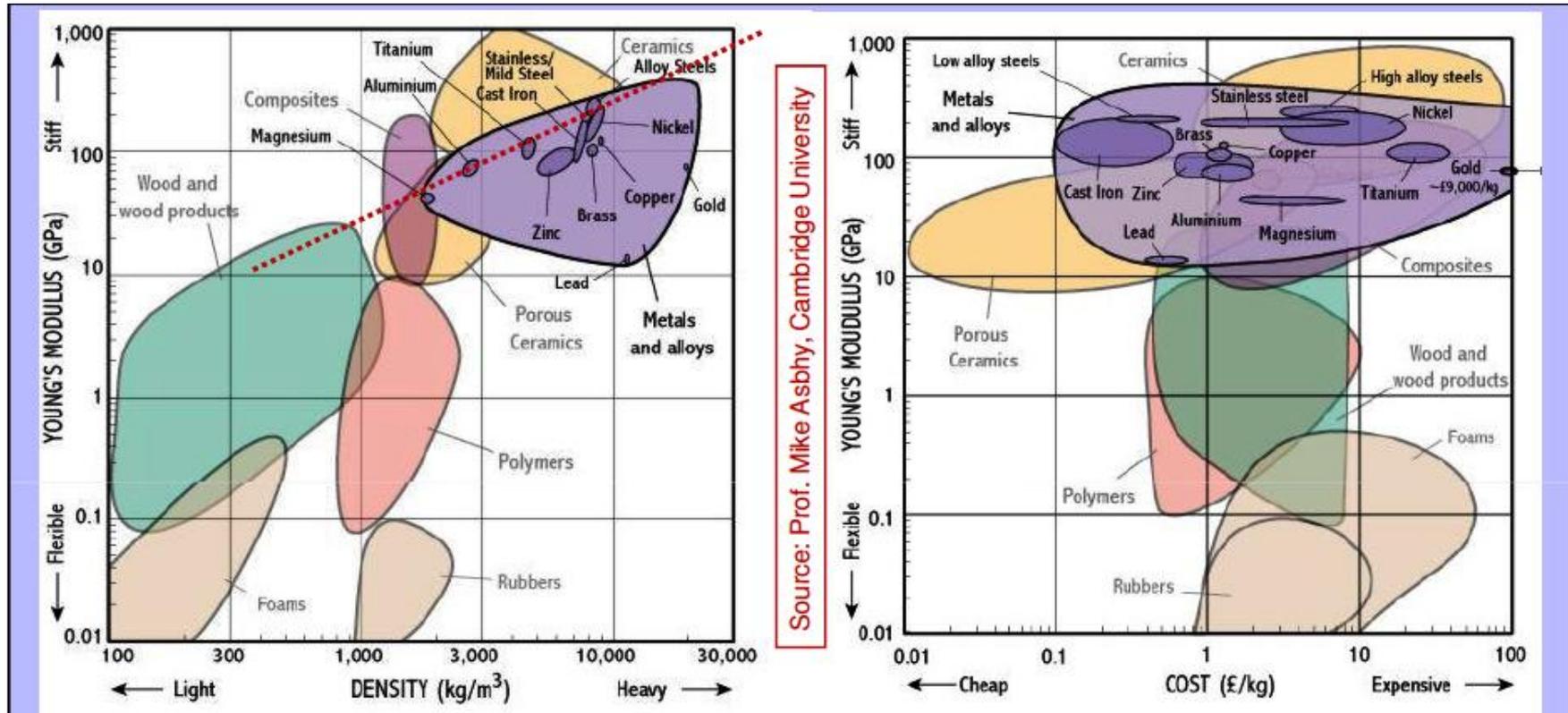
AÇO x ALUMÍNIO: CUSTOS



AÇO x ALUMÍNIO: PROPRIEDADES

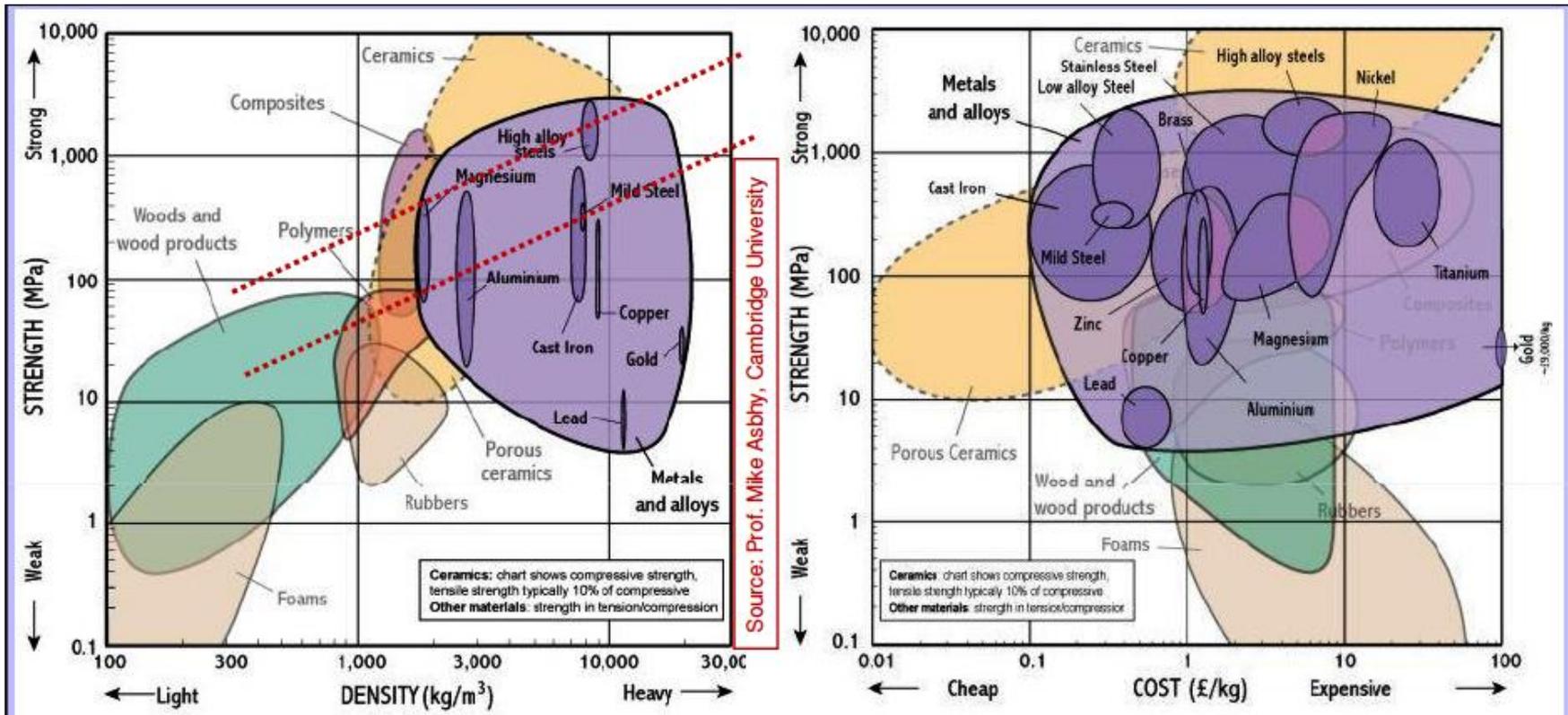
| Grade | Yield Strength As Received (MPa) | Yield Strength In Vehicle (MPa) | Tensile Strength (MPa) | Modulus of Elasticity (GPa) | Density (g/cc) | Cost (\$/lb) | % TE | n-Value | R-Value |
|---------------|--|---------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------|------|---------|---------|
| Alum 5182-O | 135 | 150 | 250 | 68 | 2.7 | 1.40 | 28 | 0.30 | 0.8 |
| Alum 5754-O | 90 | 120 | 205 | 68 | 2.7 | 1.47 | 26 | 0.26 | 0.8 |
| Alum 6111-T4 | 165 | 241 | 295 | 68 | 2.7 | 1.51 | 26 | 0.25 | 0.7 |
| Mag AM60B | 130 | 130 | 220 | 45 | 1.8 | 2.10 | 7 | | |
| Steel BH210 | 220 | 264 | 360 | 210 | 7.9 | 0.37 | 36 | 0.18 | 1.7 |
| Steel BH250 | 260 | 312 | 384 | 210 | 7.9 | 0.37 | 34 | 0.17 | 1.5 |
| Steel BH280 | 287 | 287 | 395 | 210 | 7.8 | 0.40 | 33 | 0.17 | 1.1 |
| Steel DP500 | 335 | 440 | 560 | 210 | 7.8 | 0.38 | 30 | 0.18 | 1.0 |
| Steel DP600 | 360 | 470 | 610 | 210 | 7.8 | 0.40 | 26 | 0.16 | 1.0 |
| Steel DP780 | 400 | 520 | 790 | 210 | 7.8 | 0.42 | 19 | 0.12 | 1.0 |
| Steel DP980 | 560 | 730 | 990 | 210 | 7.8 | 0.44 | 15 | 0.10 | 1.0 |
| Steel DR210 | 220 | 242 | 360 | 210 | 7.9 | 0.39 | 40 | 0.20 | 1.8 |
| Steel HSLA340 | 360 | 400 | 440 | 210 | 7.8 | 0.37 | 26 | 0.16 | 1.2 |
| Steel Mild | 170 | 187 | 300 | 210 | 7.9 | 0.35 | 42 | 0.22 | 1.9 |
| Steel MS1250 | 1250 | 1300 | 1520 | 210 | 7.9 | 0.51 | 6 | 0.06 | 1.0 |
| Steel TRIP600 | 400 | 592 | 610 | 210 | 7.8 | 0.54 | 35 | 0.23 | 1.0 |

AÇO x LIGAS LEVES: RIGIDEZ



- There is no “intrinsic stiffness” advantage for Magnesium, Aluminum, or Titanium over Steel because they all lie on a constant Young’s Modulus to Density line.
- Any advantage with these alternate materials in stiffness critical applications must come from geometric effects.

AÇO x LIGAS LEVES: RESISTÊNCIA



- Aluminum and Magnesium have an “intrinsic strength” disadvantage compared to High Strength Steels because they have lower Strength to Density values.
- Any advantage with these alternate materials in strength critical applications must come from geometric effects.

APLICAÇÕES DO ALUMÍNIO

- **Carrocerias** feitas de alumínio:
 - Ainda **raras**, mesmo para carros exclusivos;
 - O **alto preço** inviabiliza o uso exclusivo desse metal;
 - **Construção mista** com aço é mais viável, mas impõe desafios em termos da união dos componentes;
- Uso de alumínio em **capôs e tampas** parece promissor, em associação com carroceria de aço. Além do carro ficar mais leve, o manuseio das tampas pelos usuários do veículo exige menos esforço.

APLICAÇÕES DO ALUMÍNIO

- Seu uso em **rodas fundidas** foi muito bem sucedido, em função do
 - **Baixo peso;**
 - Alta liberdade de *design*;
 - Maior **precisão dimensional.**

- Por outro lado, em **julho de 2012** a Ford anunciou que usará intensivamente o alumínio em sua **pick-up F-150** fabricada nos E.U.A., reduzindo seu peso, consumo de combustível e geração de CO₂, de forma a atender os requisitos da legislação americana.

APLICAÇÕES DO ALUMÍNIO

Plano de dieta

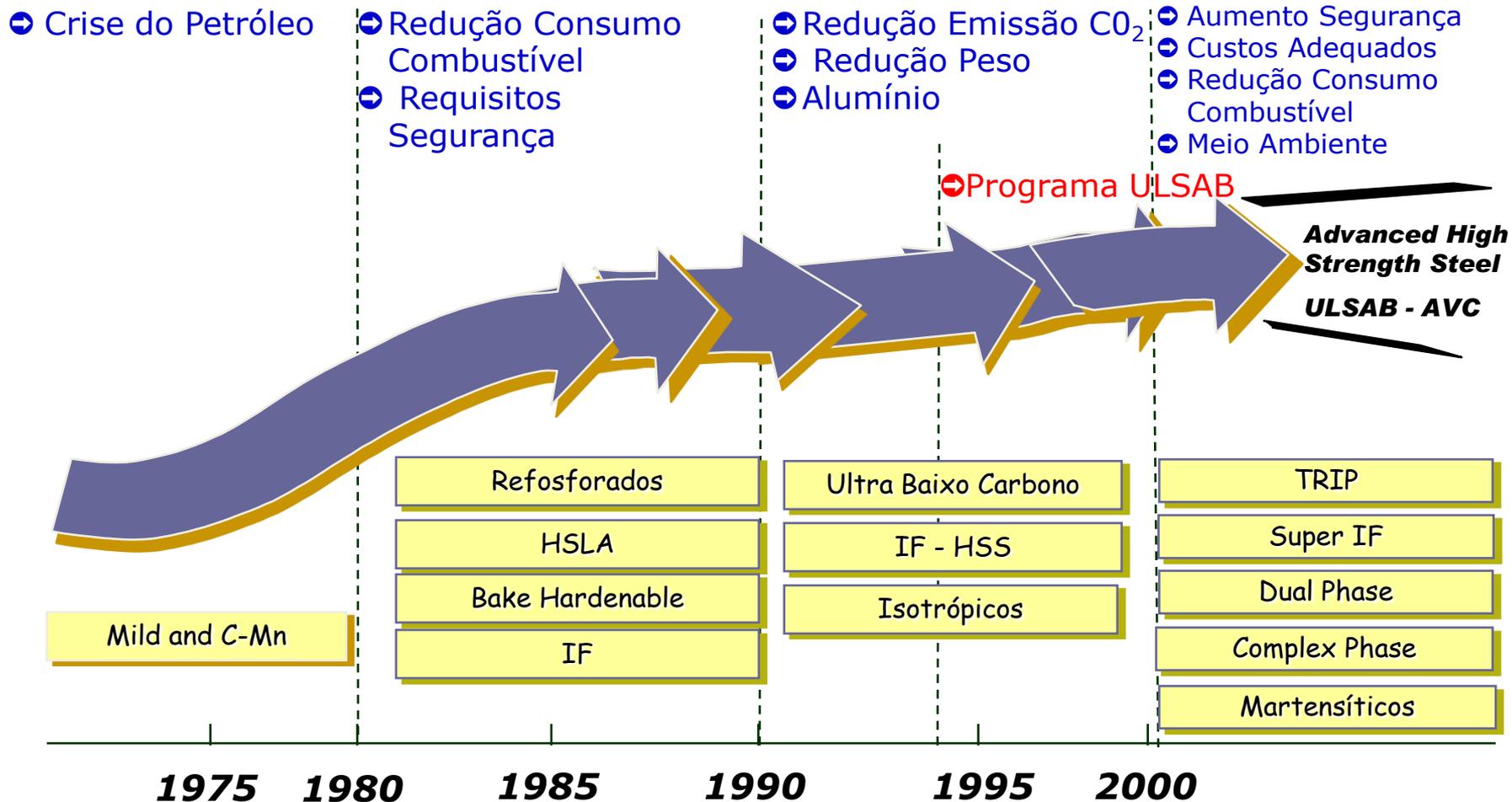
Estimativas de perda de peso, em kg, com uso de alumínio na F-150



Fontes: Ducker Worldwide; Bloomberg News (foto)

The Wall Street Journal

EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS AÇOS



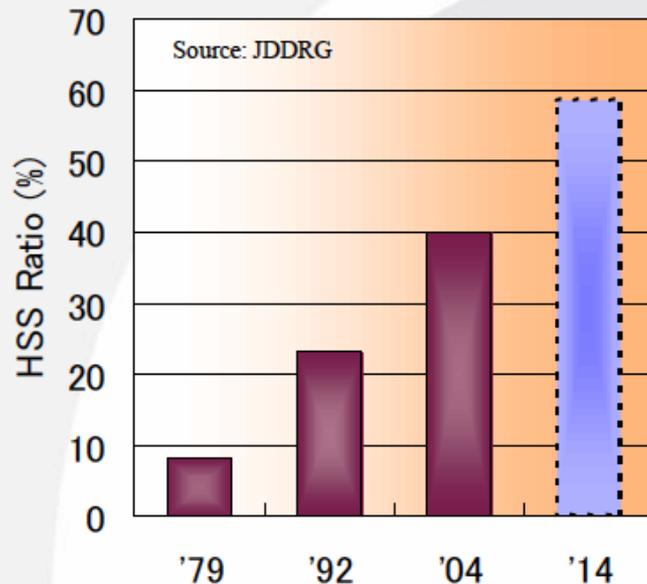
DESENVOLVIMENTO DE AÇOS

- Em função dessas pressões históricas a metalurgia dos aços para chapas vem evoluindo continuamente, proporcionando **economia e eficiência** cada vez maiores na fabricação e uso dos bens de consumo duráveis.
- Nas aplicações automotivas o impacto dessas melhorias é mais intenso devido ao **enorme tamanho** desse mercado e seu **impacto global** na economia. Os principais objetivos:
 - **Redução de peso** através de aumento de resistência mecânica.
 - **Aumento da segurança** dos ocupantes do veículo em caso de colisão.
- Uso dos aços AHSS **reduz o peso em 25%** e o **espaço** ocupado pelos componentes em **60%**.

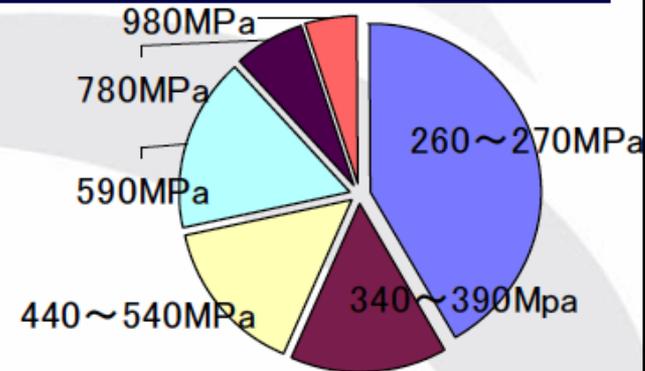
DESENVOLVIMENTO DE AÇOS

Weight reduction from sheets side

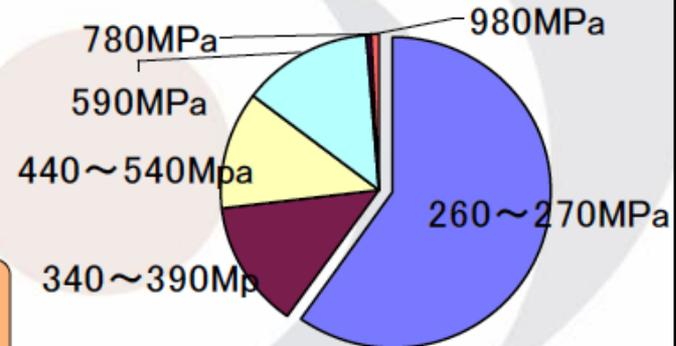
Trend of High Strength Steels for Autos



Increased HSS ratio and shift to higher strength are occurring simultaneously.



2014 forecast



2004 actual

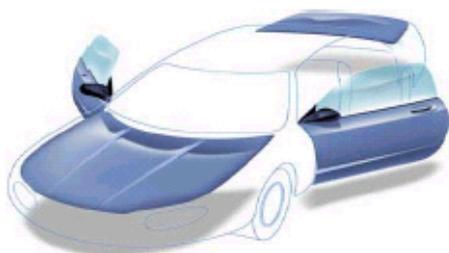
DESENVOLVIMENTO DE AÇOS

1994 - 1998



- 25% de redução de peso;
- 90% de aços de alta resistência;
- 2,5% de aços de ultra alta resistência.

1999 - 2000



- 46% de redução de peso em portas;
- 27% de redução de peso em relação à porta mais leve das classes analisadas.

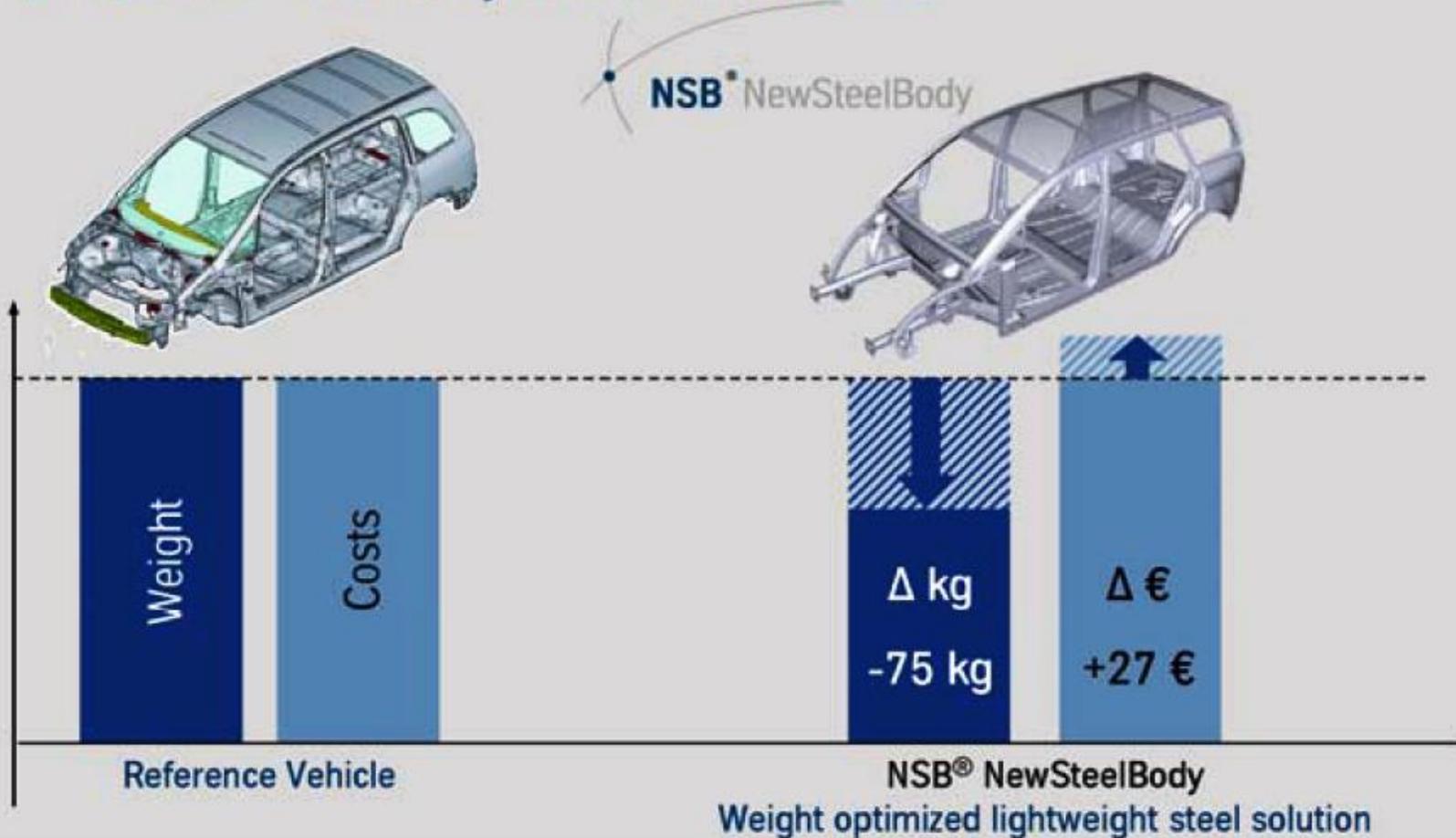
1999 - 2004



- 17% de redução de peso;
- 100% de aços de alta resistência;
- 82% de Advanced High Strength Steel (AHSS).

PROGRAMA *NEW STEEL BODY*

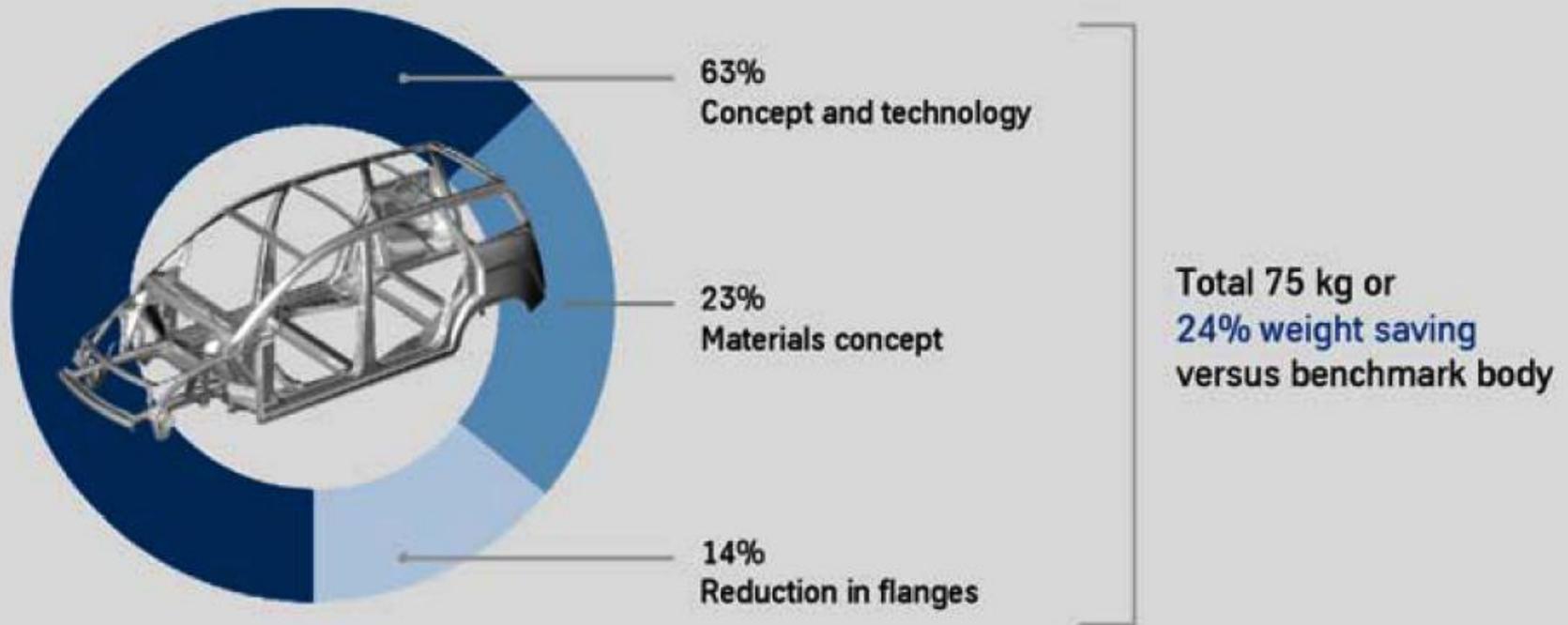
NSB® NewSteelBody – 24% weight reduction in the body structure – with only 3% cost increase



PROGRAMA *NEW STEEL BODY*

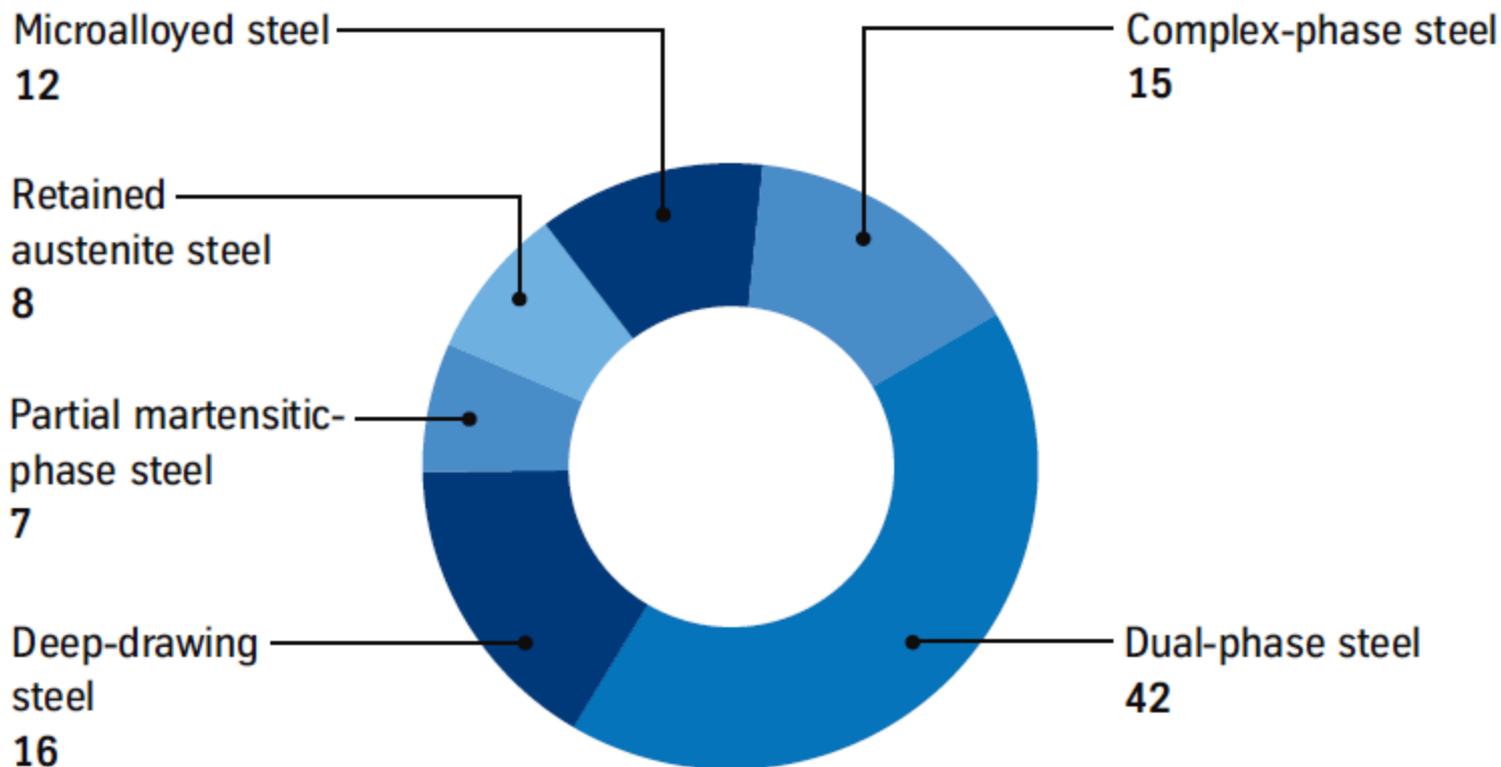
Analysis Of Weight Savings

Concept and technology offer maximum potential

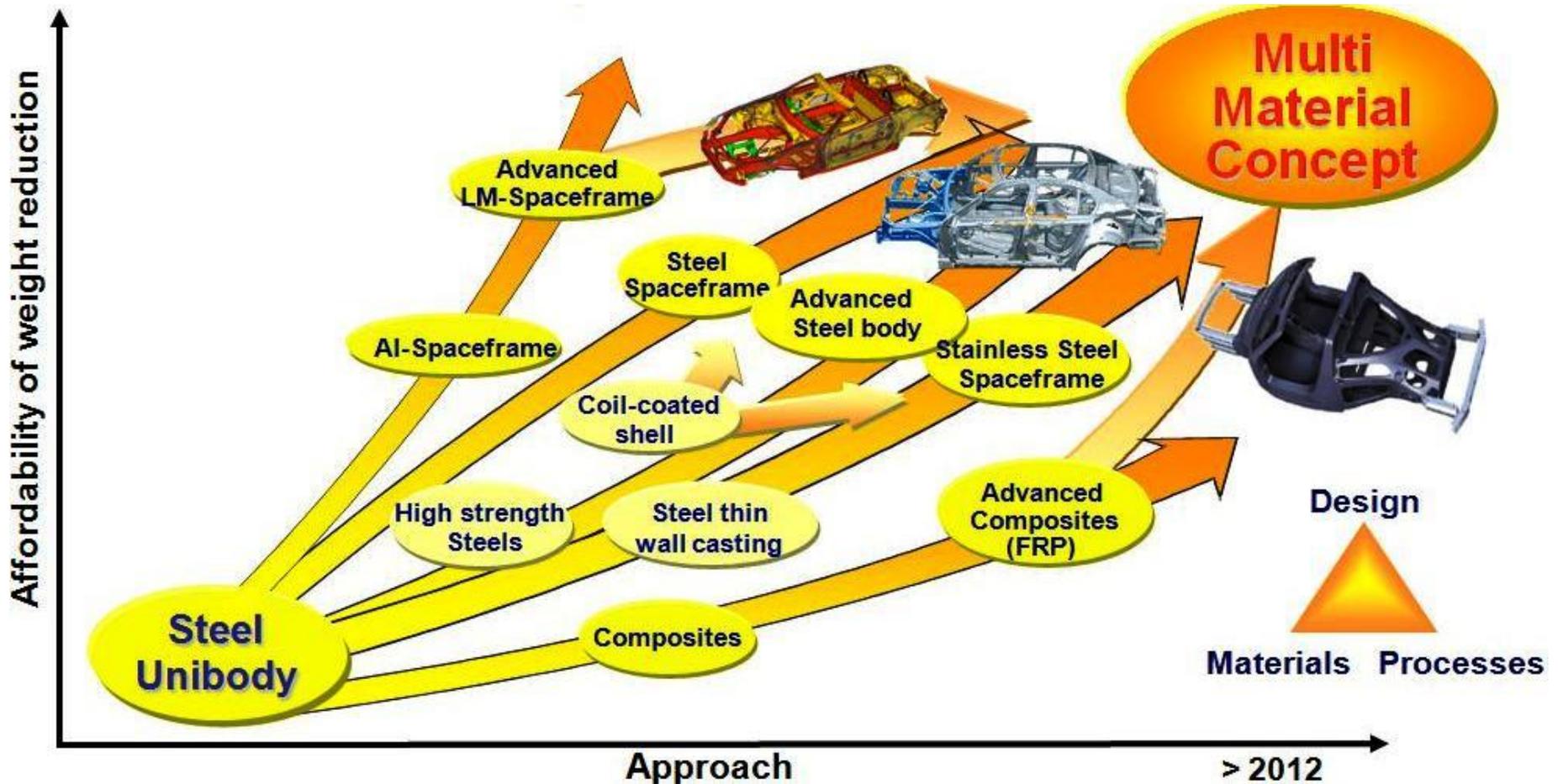


NSB: NOVOS AÇOS

in %



NOVOS CONCEITOS CONSTRUTIVOS



SUPER LIGHT CAR

Scope of „SuperLightCar“ Project Subproject 1: Lightweight design concept

Objective:

- weight reduction versus reference compact class body in white (BIW) at minimal additional costs
- weight reduction: $\geq 85\text{kg}$ ($\geq 30\%$)
- lightweight costs (parts costs): $\leq 5\text{€}/\text{kg}$

Motivation:

- economic demonstration of multi-material vehicle structures for high volume cars
- lightweight design as contribution for CO₂-emissions reduction

Realisation:

- complete CAD-design for BIW
- validation of structural performance (crash, static, etc.)
- description of joining technologies and production processes
- Life cycle analysis (LCA) for multi-material vehicle concepts
- assessment of different body concepts

Milestones:

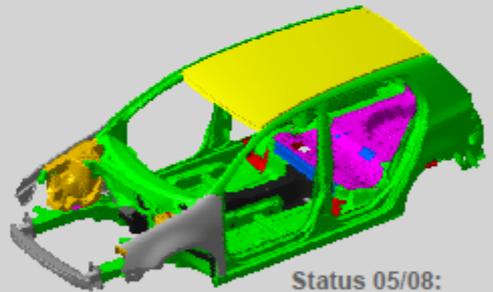
- design freeze (completion CAD/CAE) until 05/08
- assembly hardware prototyping until 12/2008

Coordination: Dr. M. Goede / Dr. M. Stehlin



Materials

- Aluminium sheet
- Aluminium cast
- Aluminium extrusion
- Steel
- Hot-formed steel
- Magnesium sheet
- Magnesium diecasting
- Glasfibre thermoplastic



Status 05/08:
 Δm -101kg (35%)²

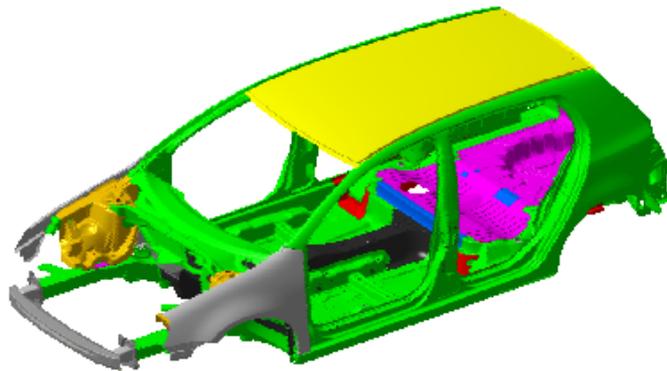
EUCAR
EUROPEAN COUNCIL FOR AUTOMOTIVE R&D

SUPER LIGHT CAR

Results of final SLC body concept

VOLKSWAGEN
AKTIENGESELLSCHAFT

Weight SLC BIW: 180kg

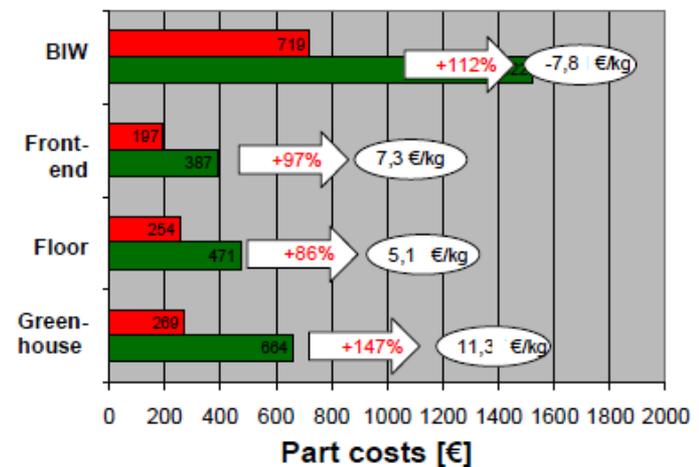
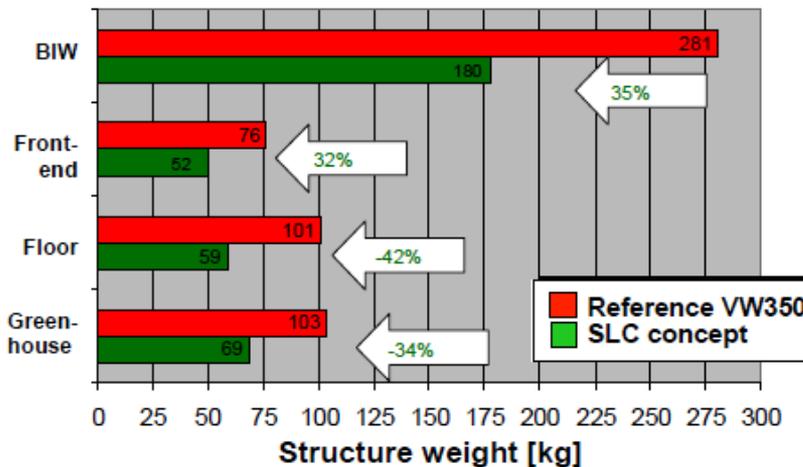
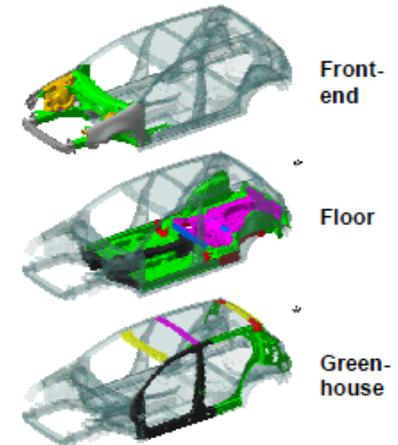


Materials

- Aluminium sheet
- Aluminium cast
- Aluminium extrusion
- Steel
- Hot-formed steel
- Magnesium sheet
- Magnesium diecasting
- Glasfibre thermoplastic

Percent by weight

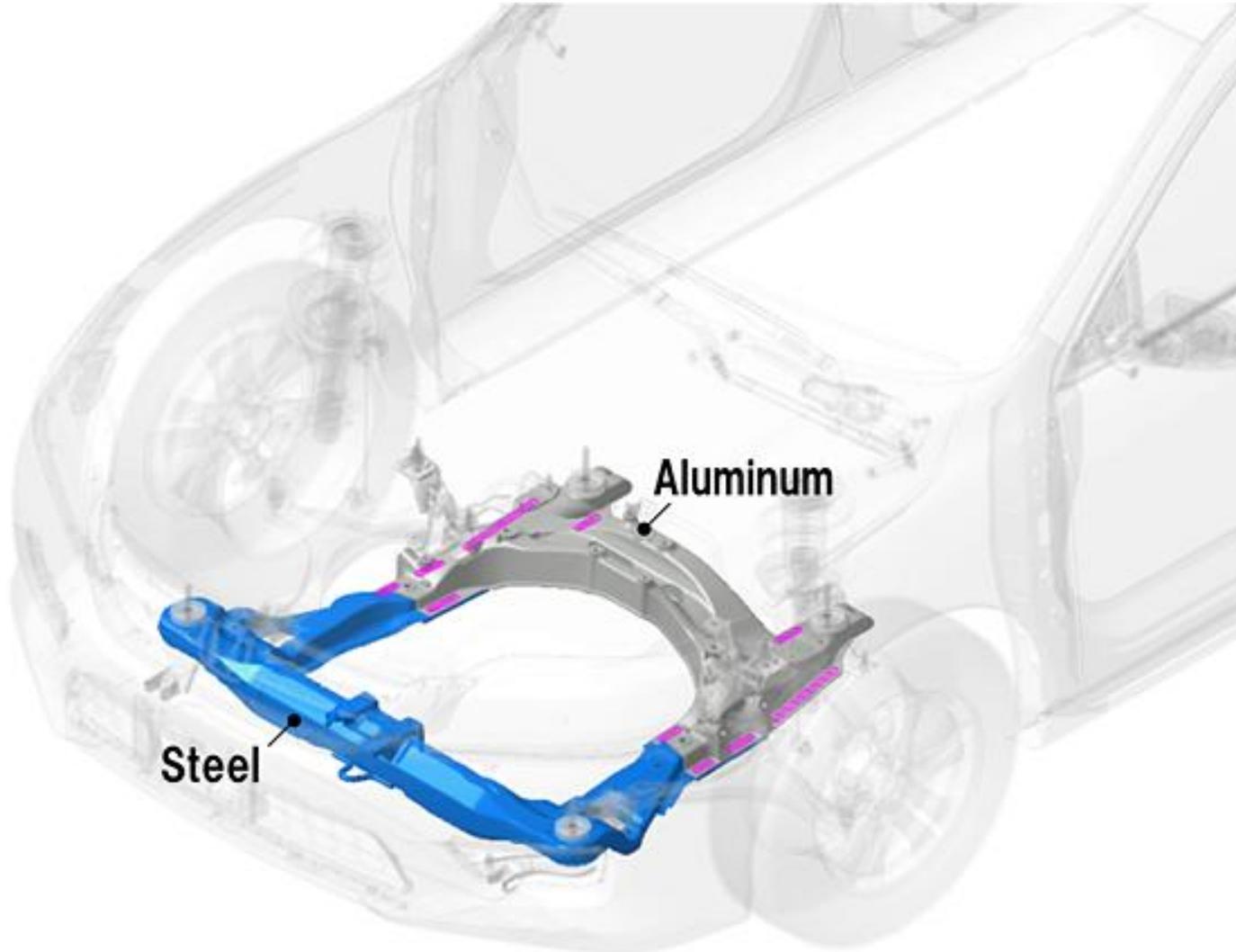
| | |
|-----------|-------------|
| Aluminium | 96kg (53%) |
| Steel | 66 kg (36%) |
| Magnesium | 11 kg (7%) |
| Plastics | 7 kg (4%) |



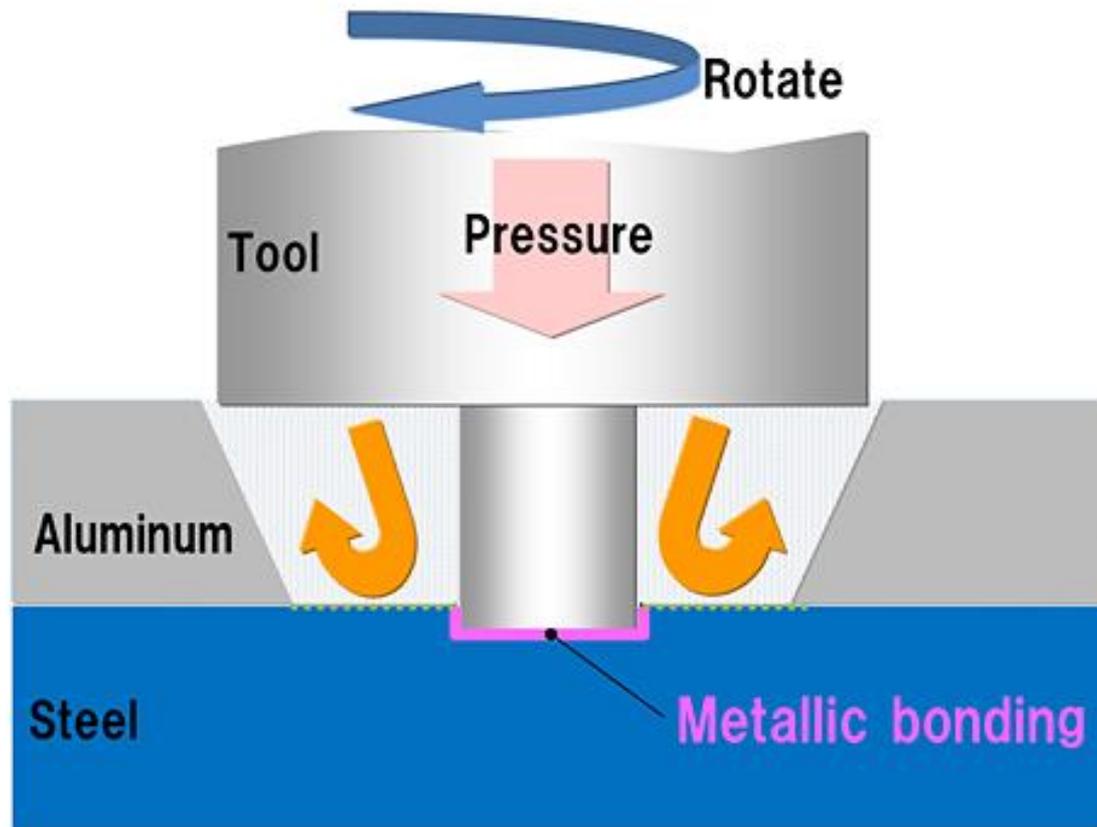
1ª SOLDAGEM HÍBRIDA COMERCIAL

- Anunciada em **Setembro 2012** pela Honda.
- Deverá ser usada no modelo **2013** do automóvel **Accord** fornecido para o mercado norte-americano.
- Processo no estado sólido: ***friction stir welding*** (soldagem por fricção linear), evitando fusão dos metais e a conseqüente formação de compostos intermetálicos fragilizantes.
- **Redução de 25%** no peso do componente.
- Sistema robotizado de soldagem com controle *on-line* de qualidade por infravermelho e laser que inspeciona 100% das uniões confeccionadas.

1ª SOLDAGEM HÍBRIDA COMERCIAL



1ª SOLDAGEM HÍBRIDA COMERCIAL

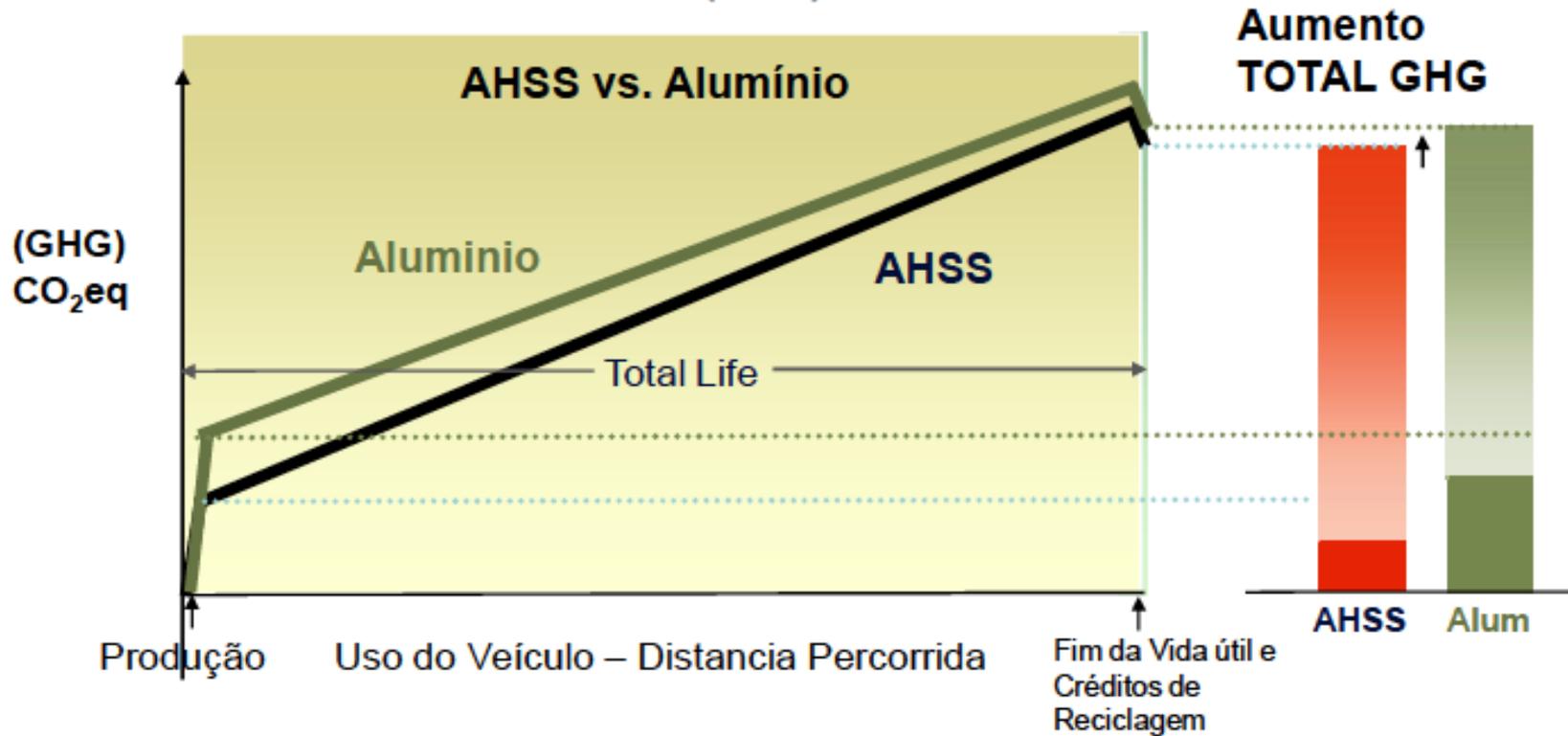


DESAFIOS DA SUBSTITUIÇÃO

- **Problemas** envolvidos na substituição do aço pelos materiais alternativos:
 - **Confiabilidade**;
 - **Preço** superior;
 - **Disponibilidade** incerta;
 - **Conversão** das plantas de manufatura automotiva;
 - Maiores **tempos de ciclo** para manufatura;
 - Preocupação com a **segurança** (menor resistência mecânica);
 - **Pior impacto ambiental** (reciclabilidade e geração de CO₂).

AÇO x LIGAS LEVES: GERAÇÃO CO₂

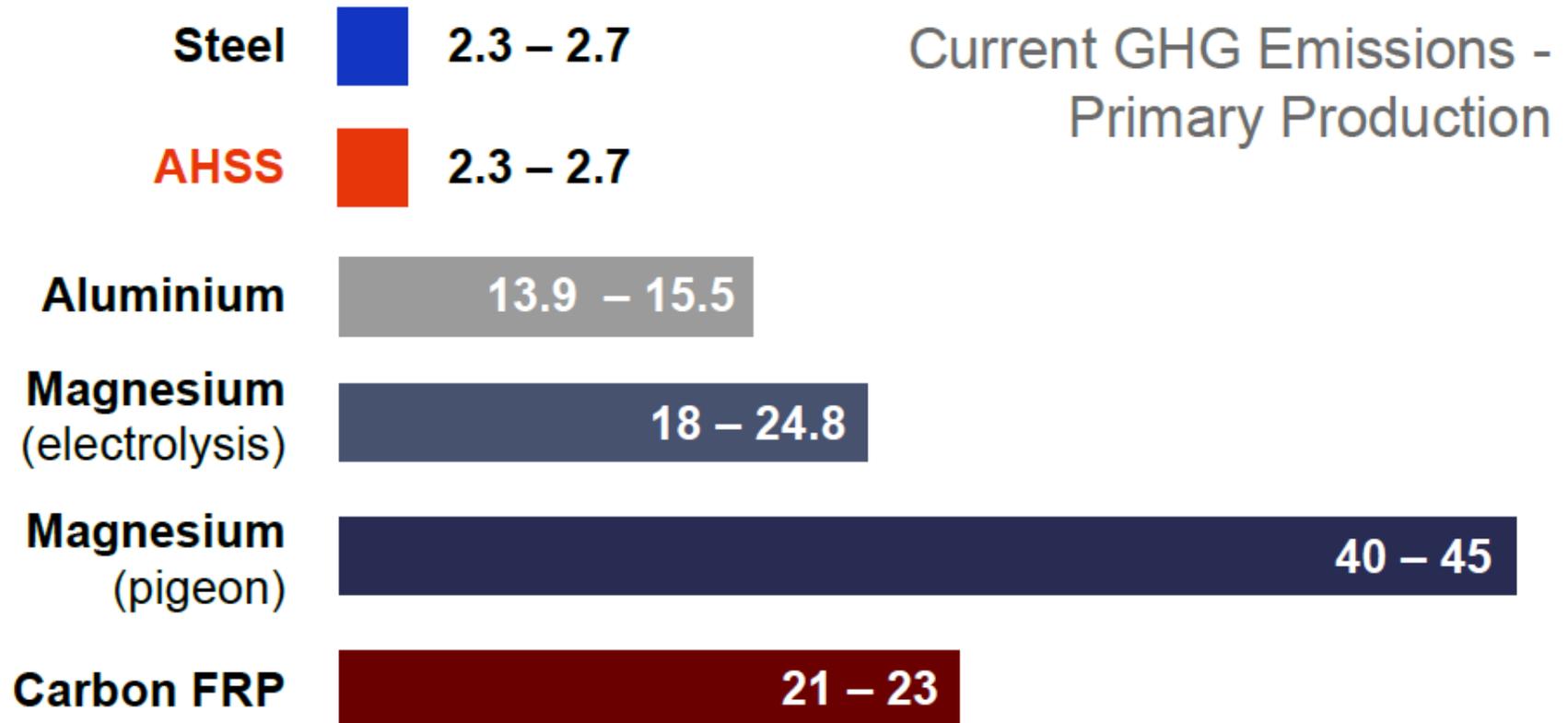
Ciclo de Vida Total - Greenhouse Gas (GHG) Emissions



| | Produção (kg CO ₂ eq/ veículo) | Veículo em Uso (kg CO ₂ eq / mês) | Final de Vida - Reciclagem (kg CO ₂ eq / veículo) |
|--------------------|--|---|---|
| Aço | 4.054,2 | 226,9 | - 2.476,4 |
| ULSAB - AVC | 3.589,2 | 218,8 | - 2.825,6 |
| Alumínio | 5.612,3 | 214,0 | - 2.198,7 |

AÇO x LIGAS LEVES: GERAÇÃO CO₂

Material production greenhouse gas (GHG) emissions:
(in kg CO₂eq/kg of material)



AÇO x LIGAS LEVES: GERAÇÃO CO₂



Aplicativo gratuito para *iPad*, disponibilizado em **Agosto de 2012** pela *ThyssenKrupp*, para comparar as emissões de CO₂ decorrentes do uso de aço ou de alumínio em automóveis, em função das condições de elaboração do metal, do projeto e condições de uso do veículo:

itunes.apple.com/br/app/autobody-lca/id543203333?mt=8.

CONCLUSÕES

- Hoje os avanços ambientais feitos na área automotiva – geralmente motivados por razões legais – visam a **redução de peso** do veículo, minimizando seu **consumo de combustível** e **emissões de CO₂**.
- Sob este critério de avaliação **fácil e imediato**, desde que as condições técnicas e econômicas favoreçam, **ligas leves** e os **plásticos** eventualmente podem ser mais vantajosos do que o aço.
- Este avanço é muito elogiável, mas não expressa completamente o impacto ambiental dos materiais. É necessário considerar a **Análise de Ciclo de Vida** – ou seja, o impacto ambiental global, desde o berço até o túmulo – de cada material.

CONCLUSÕES

- No caso das **ligas leves**, o principal passivo ambiental é a **geração de CO₂** associada à obtenção do metal, considerada maior do que a do aço.
- No caso dos **plásticos**, além desse problema, há também a **difículdade em se reciclar economicamente** esses materiais após a vida útil do veículo – o que, aliás, já é lei na Europa.
- Outros problemas ambientais específicos podem surgir a partir da Análise do Ciclo de Vida. Certamente sua **avaliação quantitativa** em termos de agressão ambiental visando orientar o uso de “materiais verdes” será **muito polêmica** em função dos grandes interesses comerciais envolvidos.

REFERÊNCIAS

- ADAM, H. e outros. NSB ® NewSteelBody – Auto Body Weight Reduction with Steel. **ThyssenKrupp TechForum**, July 2004, 8-13
- ANON. **High Strength Steel Stamping Design Manual**. The Auto-Steel Partnership, Southfield, January 2000, 67 p.
- BRINDLE, R. e outros. **Plastics in Automotive Markets Technology Roadmap – A New Vision for the Road Ahead**. American Chemistry Council – Plastics Division, Troy, March 2009, 48 p.
- IVODITOV, V.A. e outros. Materials Science in Automobile Design. **Steel in Translation**, 38:10, October 2008, 876-880.
- MAEDER, G. Lightweight Vehicle Design: Contribution to Fuel Savings. **Matéria**, 6:1, 2001, 10 p.
- PLASCAR. **2ª Reunião Pública com Investidores**. Apresentação para a APIMEC-SP, Março 2009, 53 p.
- PULQUÉRIO, E.C. Polímeros de Alto Desempenho para Substituição de Metal. Painel Automotivo. **Anais**. Revista Composites & Plásticos de Engenharia, São Paulo, Agosto 2009, 49 p.
- STREHLIN, M. Super Light Car. In: Transport Research Arena – Europe 2008. **Proceedings**. Ljubljana, April 2008, 26 p.
- TAISS, E.J.M. FSV – Future Steel Vehicle e a Nova Geração de Aços AHSS – Advanced High Strength Steel na Construção Automotiva. **18º Congresso e Exposição Internacionais de Tecnologia da Mobilidade**. SAE Brasil, São Paulo, 2009, 35 p.



Grato pela Atenção!

Antonio Augusto Gorni

Antonio.Gorni@gmail.com

www.gorni.eng.br