

MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COMO INSTRUMENTO DE  
MITIGAÇÃO DO AQUECIMENTO GLOBAL NO SETOR DE TRANSPORTES  
RODOVIÁRIO BRASILEIRO

Adrianna Andrade de Abreu

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

Aprovada por:

---

Profa. Suzana Kahn Ribeiro, D. Sc.

---

Prof. Márcio Peixoto de Sequeira Santos, Ph.D.

---

Prof. Márcio de Almeida D'Agosto, D. Sc.

---

Prof. José Roberto Moreira, D. Sc.

---

Prof. Luiz Augusto Horta Nogueira, D. Sc.

---

Prof. Marcos Sebastião de Paula Gomes, Ph.D..

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

SETEMBRO DE 2007

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ABREU, ADRIANNA ANDRADE DE

Medidas de Eficiência Energética como  
Instrumento de Mitigação do Aquecimento  
Global no Setor de Transportes Rodoviário  
Brasileiro [Rio de Janeiro] 2007

IX, 203 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D.Sc.,  
Engenharia de Transportes, 2007)

Tese - Universidade Federal do Rio de  
Janeiro, COPPE

1. Eficiência Energética,
2. Emissões de CO<sub>2</sub>,
3. Transporte Rodoviário,
4. Planejamento de transportes.

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

*A Deus que me colocou  
neste caminho e me concedeu a graça de trilhá-lo até  
aqui, me capacitando e orientando em todos os  
momentos.*

*Ao nosso planeta, tão  
maltratado, mas que pode se tornar melhor com a nossa  
ajuda.*

## AGRADECIMENTOS

Ao corpo docente do Programa de Engenharia de Transportes da COPPE/UFRJ por ter possibilitado minha participação no Curso de Doutorado e pela convivência profissional, colaboração e transmissão de ensinamentos sem os quais não poderia ter realizado este trabalho. Em particular a Professora Suzana Kahn Ribeiro, pelo apoio e orientação ao longo de todo o curso e particularmente no desenvolvimento da tese, revisão do texto final e participação na banca examinadora.

Aos Professores Márcio Peixoto de Sequeira Santos, Márcio de Almeida D'Agosto, José Roberto Moreira, Luiz Augusto Horta Nogueira e Marcos Sebastião de Paula Gomes, por aceitarem avaliar o trabalho e participar da banca examinadora.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo suporte financeiro durante os quatro anos de desenvolvimento desta tese.

Aos meus queridos pais, José Arthur e Tereza, pois tenho certeza que sem a educação e o amor que me proporcionaram jamais teria chegado até aqui.

Ao meu amado marido, Felipe, pelo apoio incondicional, estímulo, amor, grande amizade e companheirismo ao longo de todos estes anos de intenso trabalho.

Aos meus filhos adorados, Pedro Henrique, Maria Eduarda e João Inácio, que muito tiveram que dividir com esta tese o tempo e a atenção da mãe deles.

A toda a minha família e amigos que me apoiaram e souberam compreender minhas ausências.

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

MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COMO INSTRUMENTO DE  
MITIGAÇÃO DO AQUECIMENTO GLOBAL NO SETOR DE TRANSPORTES  
RODOVIÁRIO BRASILEIRO

Adrianna Andrade de Abreu

Setembro/2007

Orientadora: Suzana Kahn Ribeiro

Programa: Engenharia de Transporte

Este trabalho apresenta e analisa algumas medidas internacionais de eficiência energética e aponta para a relevância daquelas que aplicam as tecnologias já existentes, para proporcionarem uma redução significativa das emissões de CO<sub>2</sub> a curto prazo. O objetivo específico desta tese é mostrar o potencial do impacto de uma medida de eficiência energética, simples e de curto prazo, para a mitigação das emissões de CO<sub>2</sub> dos veículos leves do modo rodoviário brasileiro: a adoção de padrões que refletem a eficiência energética. Ao mesmo tempo, através da elaboração de cenários para o período de 2007 a 2015, compara-se este potencial com o potencial de uma maior utilização dos combustíveis alternativos de uso já consolidado no Brasil, ou seja, o álcool etílico e o gás natural veicular. Os resultados obtidos indicam um potencial significativo de redução de emissões de CO<sub>2</sub> devido à adoção de padrões que refletem a eficiência energética e apontam para a importância da conciliação do uso de combustíveis alternativos com a implantação de padrões de eficiência energética. A análise deste potencial é de fundamental importância uma vez que no Brasil faltam políticas governamentais voltadas para o aumento da eficiência energética dos veículos leves.

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

ENERGY EFFICIENCY STRATEGIES TO MITIGATE THE GLOBAL WARMING  
IN THE ROAD MODE OF THE BRAZILIAN TRANSPORT SECTOR

Adrianna Andrade de Abreu

September /2007

Advisor: Suzana Kahn Ribeiro

Department: Transportation Engineering

This thesis presents and analyzes some energy efficiency international measures, indicating the relevance of those that applies already existent technologies, which means not requiring a sharp sudden technological increase or any kind of innovation to obtain significant CO<sub>2</sub> emissions reduction in the short run.

This thesis analyses an energy efficiency measure potential of reduction in CO<sub>2</sub> emissions from the light vehicles used in the Brazilian road mode: the adoption of fuel economy standards. At the same time, through the establishment of scenarios representing time period of 2007 to 2015, it also compares this potential with the one due to a greater use of alternative fuel (hydrated alcohol and natural gas) already in use in Brazil. The results indicate a significant potential of fuel economy standards in reducing CO<sub>2</sub> emissions and point out the importance of coupling this measure to the use of alternative fuel. This potential analysis is very important once there are no policies embracing the fuel efficiency goal in Brazil.

## INDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....   | 1         |
| 1.2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA.....  | 3         |
| 1.3. ESTRUTURA DA TESE.....  | 5         |
| <br>   |           |
| <b>CAPÍTULO 2. TRANSPORTES E EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA .....</b>  | <b>6</b>  |
| 2.1. AS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA E O AQUECIMENTO GLOBAL.....   | 6         |
| 2.1.1. <i>O Sistema Climático</i> .....  | 7         |
| 2.1.2. <i>As Variações Climáticas Naturais</i> .....   | 8         |
| 2.1.3. <i>As Variações Climáticas Produzidas Pela Ação Humana</i> .....  | 11        |
| 2.1.4. <i>Conseqüências do Aquecimento Global</i> .....  | 13        |
| 2.2. MITIGAÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE: POLÍTICAS GLOBAIS E POLÍTICAS LOCAIS.17  |           |
| 2.2.1. <i>Políticas Mitigatórias Globais</i> .....   | 17        |
| 2.2.2. <i>Políticas Mitigatórias Locais</i> .....  | 20        |
| 2.2.3. <i>A Questão: Políticas Globais ou Políticas Locais ?</i> .....   | 22        |
| 2.3. A RELAÇÃO ENTRE O SETOR DE TRANSPORTES E EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> .....  | 25        |
| 2.4. ABORDAGEM METODOLÓGICA DE CORRELAÇÃO ENTRE EMISSÃO DE CO <sub>2</sub> E O SETOR DE TRANSPORTES (MODO RODOVIÁRIO)..... | 32        |
| 2.4.1. <i>A Atividade de Transporte (A)</i> .....  | 35        |
| 2.4.2. <i>A Estrutura Modal (S)</i> .....  | 36        |
| 2.4.3. <i>A Intensidade Energética (I)</i> .....   | 36        |
| 2.4.3. <i>O Conteúdo de Carbono dos Combustíveis (F)</i> .....   | 37        |
| 2.5. REDUÇÃO DE EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> EM TRANSPORTES – UM CO-BENEFÍCIO.....  | 38        |
| 2.5.1. <i>As Motivações Estratégicas e Econômicas</i> .....  | 38        |
| 2.5.2. <i>As Motivações Ambientais e Sociais</i> .....   | 40        |
| <br>   |           |
| <b>CAPÍTULO 3. ESTRATÉGIAS PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO – VEÍCULOS LEVES.....</b>   | <b>42</b> |
| 3.1. OPÇÕES DE ESTRATÉGIAS PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO – VISÃO GERAL.....         | 42        |
| 3.1.1(A) <i>Estratégia para Redução da Atividade de Transporte e Mudanças na Estrutura Modal</i> ..                        | 45        |
| 3.1.2(B) <i>Estratégia para Aumento da Eficiência Energética</i> .....   | 56        |
| 3.1.3(C) <i>Estratégia para Redução do Conteúdo de Carbono dos Combustíveis</i> .....                                      | 64        |
| 3.2. AVALIAÇÃO DAS TRÊS ESTRATÉGIAS QUANTO AO POTENCIAL FUTURO DE REDUÇÃO DE EMISSÃO DE CO <sub>2</sub> .....              | 68        |
| 3.2.1 <i>Avaliação das Estratégias Isoladas</i> .....  | 68        |
| 3.2.2 <i>Avaliação das Estratégias Combinadas</i> .....  | 73        |
| 3.3. O AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS VEÍCULOS LEVES NOVOS.....  | 76        |
| 3.3.1. <i>Eficiência Energética e Consumo Específico dos Veículo</i> .....   | 76        |

|   |            |
|---|------------|
| 3.3.2. A Redução do Consumo Específico nos Veículos Leves Novos.....  | 80         |
| <b>CAPÍTULO 4. PADRÕES QUE REFLETEM A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E PROGRAMAS DE INFORMAÇÃO AO CONSUMIDOR DE VEÍCULOS.....</b>  | <b>90</b>  |
| 4.1. PADRÕES OBRIGATÓRIOS QUE REFLETEM A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....   | 90         |
| 4.1.1. Visão Geral.....   | 90         |
| 4.1.2. Nos Estados Unidos.....  | 92         |
| 4.1.3. No Japão.....  | 99         |
| 4.1.4. Em Taiwan.....   | 104        |
| 4.1.5. Na China.....  | 104        |
| 4.1.6. Na Coreia do Sul.....  | 107        |
| 4.2. PADRÕES VOLUNTÁRIOS QUE REFLETEM A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....  | 109        |
| 4.2.1. Visão geral.....   | 109        |
| 4.2.2. No Canadá.....   | 110        |
| 4.2.3. Na Austrália.....  | 112        |
| 4.2.4. Na União Européia.....   | 113        |
| 4.3. PROGRAMAS DE INFORMAÇÃO AO CONSUMIDOR.....   | 117        |
| 4.3.1. Considerações Iniciais.....  | 117        |
| 4.3.2. Visão Geral.....   | 121        |
| 4.3.3. Nos Estados Unidos.....  | 125        |
| 4.3.4. Na União Européia.....   | 134        |
| 4.4. PROGRAMA DE INFORMAÇÃO NO BRASIL.....  | 138        |
| 4.4.1. A experiência com o Programa Brasileiro de Etiquetagem.....  | 138        |
| 4.4.2. A Base para um Programa Brasileiro de Informação aos Consumidores de Veículos....  | 140        |
| 4.5. RESULTADOS DOS PROGRAMAS DE INFORMAÇÃO.....  | 146        |
| 4.5.1. Resultados qualitativos dos programas de informação.....   | 146        |
| 4.5.2. Resultados quantitativos dos programas de informação.....  | 152        |
| 4.5.3. Análise dos resultados apresentados.....   | 155        |
| <br>  |            |
| <b>CAPÍTULO 5. ANÁLISE DO POTENCIAL DE IMPACTO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> NO MODO RODOVIÁRIO BRASILEIRO.....</b> | <b>159</b> |
| 5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....  | 159        |
| 5.2. A ELABORAÇÃO DO CASO DE REFERÊNCIA.....  | 160        |
| 5.2.1. Dimensionamento da Frota Circulante de 2006.....   | 161        |
| 5.2.2. Previsão da Frota Circulante, Ano a Ano, de 2007 a 2015.....   | 166        |
| 5.2.3. Previsão do Consumo de Combustíveis, Ano a Ano, de 2007 a 2015.....  | 171        |
| 5.2.4. Previsão das Emissões de CO <sub>2</sub> , Ano a Ano, de 2007 a 2015.....  | 174        |
| 5.3. A ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS.....   | 176        |
| 5.3.1. Cenário 1 – Eficiência Energética.....   | 176        |
| 5.3.2. Cenário 2 – Maior Utilização de Álcool Etílico Hidratado e Gás Natural Veicular.....   | 178        |
| 5.3.3. Cenário 3 – Combinação entre Cenário 1 e Cenário 2.....  | 179        |
| 5.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....  | 181        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPÍTULO 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b> | <b>184</b> |
| 6.1. CONCLUSÕES.....                               | 184        |
| 6.2. RECOMENDAÇÕES.....                            | 187        |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>             | <b>191</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                                 | <b>201</b> |

# **CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO**

## **1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

Iniciativas relacionadas ao uso racional de energia vêm ocupando um crescente destaque no cenário mundial. A possibilidade de esgotamento das fontes primárias de energia já conhecidas, a conscientização dos desperdícios gerados com o consumo excessivo de energia e os problemas relativos aos impactos ambientais fazem com que se busque aprimorar os mecanismos para maximizar e/ou otimizar o aproveitamento de cada uma das fontes energéticas disponíveis.

Esta questão relativa à eficiência energética tomou vulto na década de 90 face às discussões sobre o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE), que se acentuaram, especialmente após a Conferência Mundial do Meio Ambiente no Rio de Janeiro – Eco 92. Após a Conferência, a maioria dos países desenvolvidos criou ou reestruturou agências de eficiência energética como estratégia para o cumprimento das metas quantitativas e também do cronograma para reduzir a produção de GEE, sendo o setor de transportes um dos alvos principais das ações destas agências. Considerando-se apenas o consumo final energético, ou seja, excetuando-se a geração de energia, o setor de transportes é o maior responsável pela produção de GEE em consequência do consumo de combustíveis fósseis e com a agravante de ter a demanda por tais combustíveis aumentada a cada ano. Em 2003, 99,6% das emissões mundiais de CO<sub>2</sub> devido à queima de combustíveis para o consumo final energético, foram devidas à queima de combustíveis fósseis. Neste mesmo ano o setor de transportes foi o principal setor a contribuir com este consumo (35,5% do consumo dos combustíveis fósseis) além de apresentar um crescimento de consumo de 171% no período 1973-2004 (IEA, 2006).

De acordo com um cenário futuro desenvolvido pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2004a), com base no ano de 2002, o setor de transportes sozinho será responsável, até 2030, pelo aumento na demanda mundial por petróleo na ordem de 30 milhões de barris por dia. Respondendo assim por 25% do aumento das emissões mundiais de CO<sub>2</sub>. Em contra partida, ainda de acordo com este cenário, mediante ações específicas neste setor pode-se alcançar um potencial de redução de 64% na demanda mundial de

petróleo, sendo o aumento da eficiência energética no uso final o fator que mais contribui para esta redução com 58% de contribuição.

Além deste cenário da IEA, recentes estudos internacionais como o *World Energy Outlook* (IEA, 2007), o *World Business Council on Sustainable Development's Mobility 2030* (WBCSD, 2004a), o *Energy Technologies for a Sustainable Future: Transport* (IEA, 2004b), o *Saving Oil and Reducing CO<sub>2</sub> Emissions in Transport* (IEA, 2001) e o *Reducing Greenhouse Gas Emissions from U.S. Transportation* (GREENE E SHAFER, 2003) vêm apontando a importância do aumento da eficiência energética para a mitigação das emissões de GEE no setor de transportes através de análises de potencial de impacto.

A adoção de uma ampla estratégia que contemple o aumento da eficiência energética dos veículos torna-se primordial para que o setor de transportes contribua de um modo efetivo para a estabilização das concentrações de GEE na atmosfera a um nível que evite uma interferência antropogênica perigosa com o sistema climático. Dentro desta estratégia ampla, duas medidas merecem destaque: a adoção de padrões de eficiência energética para os veículos, a fim de limitar o consumo específico dos mesmos e com isso forçar os fabricantes a desenvolver e aplicar tecnologias mais eficientes; e a criação de um sistema abrangente de informações ao consumidor de veículos a fim de levar este consumidor a optar pela compra de veículos mais eficientes. Tais medidas se destacam pela rapidez e simplicidade com que alcançam seus objetivos.

Países desenvolvidos como os EUA, Canadá, Austrália, Japão, os membros da União Européia e até mesmo a China, já adotaram padrões de consumo específico e sistemas de informação ao consumidor baseados na etiquetagem de veículos. A informação desempenha um papel fundamental no funcionamento das forças de mercado. O fornecimento de informações corretas, relevantes e comparáveis sobre o consumo específico ou as emissões de CO<sub>2</sub> provenientes dos automóveis pode influenciar a escolha do consumidor em favor daqueles que utilizam menos combustíveis e portanto emitem menos CO<sub>2</sub>.

Apesar dos significativos resultados já alcançados em diversos países do mundo com estas medidas de aumento de eficiência energética, ainda não se desenvolveu no Brasil

um estudo analisando o potencial do impacto de medidas como estas na redução das emissões de GEE do modo rodoviário brasileiro. Além deste fato, ou devido ao mesmo, também não se adotou um sistema de padrões de eficiência energética nem se implantou um programa de informação ao consumidor de veículos baseado em etiquetas veiculares, mesmo tendo sido desenvolvida com sucesso, desde 1984, uma experiência com um sistema de etiquetagem de eletrodomésticos para a redução do consumo de energia elétrica – o Programa Brasileiro de Etiquetagem.

## **1.2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA**

O objetivo específico desta tese é mostrar o potencial do impacto de uma medida de eficiência energética, simples e de curto prazo, para a mitigação das emissões de CO<sub>2</sub> dos veículos leves do modo rodoviário brasileiro: a adoção de padrões que refletem a eficiência energética. Pretende-se através desta análise de impacto verificar se reduções significativas de emissões de CO<sub>2</sub> podem ser alcançadas através desta medida que fomenta a aplicação de tecnologias veiculares já existentes e consolidadas, sem a necessidade de um salto tecnológico nem mesmo inovação nos próximos 8 anos.

Pretende-se também verificar se tais reduções poderiam ser maiores que as produzidas por uma maior utilização dos combustíveis alternativos já consolidados no Brasil, o álcool etílico hidratado (AEH) e o gás natural veicular (GNV), além de verificar qual o potencial da combinação destas medidas com a utilização destes combustíveis alternativos.

Sendo assim, adotou-se como hipótese, a possibilidade de obtenção de reduções significativas de emissões de CO<sub>2</sub>, no curto prazo (até 2015), através do aumento da eficiência energética, devido à adoção de padrões obrigatórios limitando o consumo específico da frota brasileira de automóveis e veículos comerciais leves. Supõe-se que este aumento de eficiência possa ser alcançado através da transferência de tecnologia já existente e utilizada por parte dos fabricantes nos países desenvolvidos.

Como objetivos gerais do trabalho considera-se:

- Ressaltar a importância e a complexidade do setor de transporte no aquecimento global;
- Colaborar para um melhor entendimento de como as medidas de aumento da eficiência energética contribuem para a redução do consumo de combustíveis e das emissões de CO<sub>2</sub>;
- Subsidiar a adoção de padrões de consumo específico, bem como a implantação ou aprimoramento de programas de informação ao consumidor de veículos no Brasil.

Justifica-se este trabalho pela necessidade de se diminuir o consumo de combustíveis fósseis, de forma simples e o mais rápido possível, e com isso reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> contribuindo com a mitigação do efeito estufa.

Adicionalmente, os países em desenvolvimento, principalmente o Brasil, necessitam mudar o perfil de suas frotas de veículos leves. Tais frotas são ineficientes e podem vir a apresentar um aumento de ineficiência caso os consumidores brasileiros venham apresentar a tendência de comportamento dos consumidores dos países desenvolvidos que vêm optando cada vez mais por comprar veículos maiores, mais pesados e mais potentes. Esta mudança de perfil de frota através da mudança no comportamento do consumidor pode ser alcançada pela informação e educação dos consumidores de veículos.

A ineficiência da frota em uso é ainda agravada pela ausência de manutenção da mesma. Apesar do Brasil já possuir um marco legal referente ao estabelecimento de programas de Inspeção e Manutenção, somente o Estado do Rio de Janeiro implantou, em 1997, um programa básico de Inspeção e Manutenção.

No Brasil faltam políticas governamentais voltadas para o aumento da eficiência energética dos veículos leves, sendo necessárias medidas voltadas tanto para os fabricantes quanto para os consumidores e usuários de veículos. É necessário que sejam produzidos veículos mais eficientes, que os consumidores optem por estes veículos na hora da compra e que os usuários operem estes veículos de uma forma mais eficiente.

### **1.3. ESTRUTURA DA TESE**

A tese está estruturada em seis capítulos.

No Capítulo 1, de introdução, apresentam-se o problema com comentários gerais, os objetivos e a justificativa da tese bem como esta estrutura.

No Capítulo 2 é colocada a relação entre o setor de transportes e as emissões de GEE. Primeiramente situa-se a questão do aquecimento global juntamente com seus aspectos de mitigação. Depois é mostrada uma abordagem metodológica de correlação entre emissão de CO<sub>2</sub> e o setor de transportes.

No Capítulo 3, são apresentadas as estratégias para redução de emissões de CO<sub>2</sub> no transporte rodoviário através dos veículos leves. Inicialmente, tem-se um panorama destas estratégias através da síntese das principais medidas de atuação de cada uma delas. Em seguida, é disposta uma análise das estratégias de forma isolada e de forma combinada. A partir desta análise é escolhida a estratégia de aumento de eficiência energética a ser detalhada.

O Capítulo 4 é o responsável pelo detalhamento de duas das medidas da estratégia de aumento da eficiência energética: a adoção de padrões de eficiência de consumo e a implantação dos programas de informação ao consumidor. Neste capítulo também é elaborado um panorama da situação do Brasil em relação a estas medidas.

No Capítulo 5 é apresentada a análise do potencial de impacto quanto à redução de emissões de CO<sub>2</sub> da adoção de padrões de eficiência de consumo. Neste capítulo quantifica-se o potencial de redução das emissões de CO<sub>2</sub> na frota brasileira de automóveis e veículos comerciais leves para o período de 2007 a 2015 através de três cenários: o aumento da eficiência da frota devido à adoção de padrões de eficiência de consumo; uma maior utilização de combustíveis alternativos como o álcool etílico hidratado e o gás natural veicular; e a combinação da adoção de padrões de eficiência de consumo com uma maior utilização de combustíveis alternativos.

Finalmente, as conclusões e as recomendações são apresentadas no Capítulo 6.

## **CAPÍTULO 2. TRANSPORTES E EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

O aquecimento global é um dos maiores desafios do século XXI. Seus efeitos irão influenciar cada vez mais o desenvolvimento econômico, a sustentabilidade ambiental e a geração de energia em todos os países do mundo. Diante desta situação, surge a necessidade urgente da mitigação deste impacto ambiental através da estabilização das concentrações de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. Tal necessidade requerer reduções drásticas nas emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que só serão possíveis através do conhecimento e da aplicação de ações diretas sobre os responsáveis por estas emissões.

Este capítulo, primeiramente apresenta a questão do aquecimento global juntamente com seus aspectos de mitigação. Em seguida, a fim de contribuir para o conhecimento dos responsáveis pelas emissões de GEE apresenta-se a relação do setor de transportes com as emissões de CO<sub>2</sub>.

### **2.1. AS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA E O AQUECIMENTO GLOBAL**

O clima apresenta uma influência profunda na vida no planeta Terra. Ele faz parte da experiência diária dos seres humanos e é essencial para saúde, produção de alimentos e bem-estar. Considera-se preocupante a questão das mudanças climáticas causadas pelo homem. Em 1996, o Segundo Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudança do Clima<sup>1</sup> - IPCC (IPCC, 1996) já apresentava evidências científicas de que atividades humanas estavam influenciando o clima. Em 2001, o IPCC publicou o Terceiro Relatório de Avaliação (IPCC, 2001a) confirmando estas evidências e recentemente, em fevereiro de 2007, publicou o Sumário para os Formuladores de Políticas (IPCC, 2007) baseado no Quarto Relatório de Avaliação a ser ainda publicado, mostrando que há agora mais certeza nas avaliações e projeções dos padrões de aquecimento global e de outras características de escala regional. O que antes era considerado provável, agora é considerado muito provável.

---

<sup>1</sup> Uma organização estabelecida pela Organização Meteorológica Mundial e pelo Programa Ambiental das Nações Unidas a fim de avaliar informações científicas, técnicas e sócio-econômicas relevantes ao entendimento das mudanças climáticas, seu potencial de impacto e suas opções de adaptação e mitigação.

Para se entender, detectar, e eventualmente prever a influência humana no clima é preciso que se entenda o sistema que determina o clima na Terra e o processo que leva às mudanças climáticas.

### ***2.1.1. O Sistema Climático***

O termo “clima” se refere às condições meteorológicas médias em relação a um determinado período de tempo e a uma determinada área. O clima apresenta variações de uma região para outra em função da latitude, da distância do mar, da vegetação, da presença ou não de montanhas e de outros fatores geográficos. O clima varia também ao longo do tempo: de uma estação para outra, de um ano para outro, de uma década para outra ou ainda em escalas de tempo maiores. Variações no estado médio do clima que sejam estatisticamente significantes ou diferenças significativas na variabilidade do clima que persistam por décadas ou mais, são consideradas como “mudanças climáticas”.

Os fatores que determinam o clima são baseados nas variáveis que afetam a vida diariamente: temperatura mínima, máxima e média; velocidade dos ventos próximos à superfície da Terra; precipitação; umidade; tipos e quantidade de nuvens; e radiação solar. Entretanto, existem outros fatores que não são experimentados diretamente pelas pessoas: a estrutura vertical da atmosfera; a influência das camadas inferiores do solo e dos mares, dentre outros fatores. O clima também é determinado pela circulação atmosférica, pelas interações das correntes oceânicas e pelas características do solo como albedo (reflexão de radiação), vegetação e composição do solo. O clima da Terra, de forma geral, depende ainda de fatores que influenciam no balanço de radiação, tais como: composição da atmosfera, radiação solar e erupções vulcânicas. O clima pode então ser definido, num senso mais amplo, como o estado do sistema climático como um todo.

O sistema climático da Terra é um sistema interativo que envolve cinco componentes principais: a atmosfera, a hidrosfera, a criosfera (cobertura de gelo e neve), a superfície da Terra e a biosfera. Estes componentes sofrem a influência de vários mecanismos externos, sendo o Sol o mais importante. As atividades humanas também afetam diretamente o sistema climático.

Como exemplo, tem-se a interação entre a atmosfera e os oceanos, que fazem parte da hidrosfera. Estes dois componentes do sistema climático estão fortemente interligados através das trocas de vapor d'água e calor que ocorrem na evaporação. Estas trocas fazem parte do ciclo hidrológico e acarretam a condensação, formação de nuvens, precipitação e percolação além de oferecerem energia para o sistema climático. Por sua vez, a precipitação exerce influência na salinidade, na distribuição e nas correntes térmicas dos oceanos. A atmosfera e os oceanos também trocam, dentre outros gases, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), mantendo o equilíbrio desta troca através da dissolução deste gás nas águas geladas dos pólos que uma vez diluído é levado para as profundezas do oceano, sendo novamente devolvido para a atmosfera ao sofrer aquecimento nas águas mornas próximas ao equador.

A atmosfera é o componente mais instável do sistema climático e o que sofre as mudanças mais repentinas. A composição da atmosfera, a qual tem mudado com a evolução do planeta, é de importância central para se entender uma das principais mudanças climáticas do planeta: o aquecimento global. A atmosfera terrestre seca é composta principalmente por 78,1% de nitrogênio ( $\text{N}_2$ ), 20,9% de oxigênio ( $\text{O}_2$ ), e 0,93% de argônio (Ar). Estes gases têm suas interações limitadas à radiação solar que chega ao planeta, não interagindo com as radiações infravermelhas que são emitidas pela Terra. Entretanto, há uma variedade de gases como o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e ozônio ( $\text{O}_3$ ), que mesmo em quantidades mínimas absorvem e emitem radiação infravermelha. Estes gases são chamados de gases de efeito estufa (GEE) e estão presentes na atmosfera seca no percentual de 0,1% em volume, sendo essenciais no balanço energético da Terra. Além disto, a atmosfera também contém vapor d'água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) que é também um gás de efeito estufa natural. Sua participação percentual em volume na atmosfera é variável, sendo 1% a participação típica. Os GEE absorvem a radiação infravermelha emitida pela Terra e emitem radiação infravermelha descendente e ascendente de forma a elevar a temperatura próxima da superfície da Terra.

### ***2.1.2. As Variações Climáticas Naturais***

A principal fonte de energia que sustenta o sistema climático da Terra é a radiação que provem do Sol. Metade desta radiação está na porção visível de ondas curtas do espectro eletromagnético. A outra metade está, em sua maior parte, próxima à porção

infravermelha e em menor parte próxima à porção ultravioleta do espectro. Cada metro quadrado da superfície esférica da atmosfera terrestre recebe anualmente, em média, 342 Watts de radiação solar. Desta radiação recebida, 31% são imediatamente refletidos de volta ao espaço pelas nuvens, pela própria atmosfera e pela superfície terrestre. A radiação restante ( $235 \text{ W/m}^2$ ) é parcialmente absorvida pela atmosfera e a sua maior parte ( $168 \text{ W/m}^2$ ) acaba por aquecer a superfície da Terra: o solo e os oceanos. A superfície da Terra retorna este calor para a atmosfera, em parte na forma de radiação infravermelha, e em parte na forma de calor sensível e na forma de vapor d'água que libera seu calor ao condensar-se nas camadas superiores da atmosfera. Esta troca de energia entre a superfície e a atmosfera mantém, nas presentes condições, uma temperatura global média, próxima à superfície terrestre de  $14^\circ\text{C}$  (IPCC, 2001b).

Para que o clima do planeta permaneça estável é preciso que haja um equilíbrio entre as radiações solares que chegam à Terra e as radiações que são emitidas pelo sistema climático. Desta forma, torna-se necessário que o sistema climático irradie em média  $235 \text{ W/m}^2$  de volta para o espaço. Detalhes a respeito deste balanço energético podem ser observados na Figura 2.1, que mostra no lado esquerdo do esquema a distribuição da radiação solar que chega à superfície da Terra, e no lado direito, a repartição da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre.

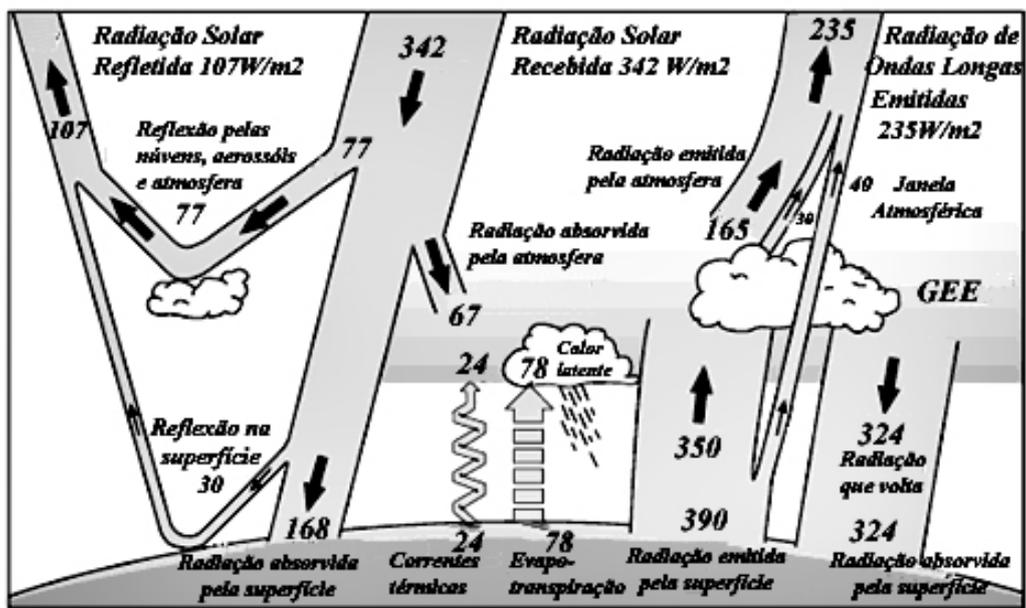


Figura 2.1: Balanço energético médio anual, global, da Terra (IPCC, 2001b)

Qualquer objeto físico irradia energia na quantidade e com o comprimento de onda correspondente à temperatura do objeto: a altas temperaturas tem-se mais energia sendo irradiada com comprimento de onda curto. Para a Terra irradiar  $235 \text{ W/m}^2$  seria necessária uma temperatura de emissão efetiva de  $-19^\circ\text{C}$ , com comprimentos de onda típicos de radiação infravermelha. Isto representa uma temperatura  $33^\circ\text{C}$  abaixo da temperatura média de  $14^\circ\text{C}$  da superfície terrestre (IPCC, 2001b). Para que se possa entender este fenômeno é preciso levar em consideração as propriedades radiativas da atmosfera em relação à radiação infravermelha. O efeito estufa natural, a troca de radiações no topo da atmosfera e as variações de radiação são efeitos naturais que explicam este fenômeno. Por se tratar do foco deste trabalho somente o efeito estufa será detalhado.

### O efeito estufa natural

A atmosfera contém diversos gases em quantidades mínimas, que absorvem e emitem radiação infravermelha. Estes gases chamados de gases de efeito estufa (GEE), absorvem a radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra, pela atmosfera e pelas nuvens, com exceção de uma parte transparente do espectro chamada de “janela atmosférica” como se observa na Figura 2.1. Por sua vez, os GEE emitem radiação infravermelha em todas as direções inclusive para baixo em direção à superfície terrestre. Deste modo, os GEE acabam por reter calor na atmosfera. Este mecanismo é chamado de efeito estufa natural e tem como resultado líquido uma transferência ascendente de radiação infravermelha de níveis mais quentes próximos da superfície terrestre para níveis mais frios em elevadas altitudes. A radiação infravermelha é efetivamente emitida de volta ao espaço a partir de uma altitude com temperatura em torno de  $-19^\circ\text{C}$ , equilibrando a radiação que chega à Terra enquanto que a temperatura da superfície é mantida em níveis mais altos com média de  $14^\circ\text{C}$ . Esta emissão efetiva a  $-19^\circ\text{C}$  corresponde a altitudes de aproximadamente 5 km. Ressalta-se que é essencial para o efeito estufa que a temperatura da baixa atmosfera não seja constante (isotérmica) mas que diminua com a altura. Portanto, o efeito estufa faz parte do balanço energético da Terra e pode ser observado esquematicamente na Figura 2.1.

Existe uma importância relativa entre os GEE, que reflete o grau dos impactos produzidos no sistema climático devido às variações sofridas por cada um destes gases. De acordo com o IPCC (2001b) o GEE de maior importância é o  $\text{CO}_2$  com 60% de

participação, seguido pelo CH<sub>4</sub> com 20%. Em função desta importância ele será o GEE analisado neste trabalho.

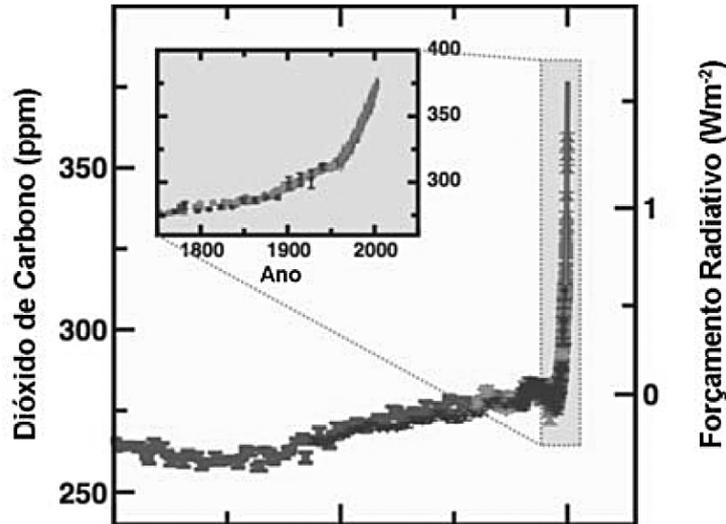
As nuvens também representam um papel fundamental no balanço energético da Terra, e em particular no efeito estufa natural. As nuvens absorvem e emitem radiação infravermelha contribuindo para o aquecimento da superfície do planeta da mesma forma que os GEE. Por outro lado, a maior parte das nuvens se comporta como refletores da radiação solar tendendo a esfriar o sistema climático. O efeito líquido da cobertura de nuvens no clima presente é um leve resfriamento. Entretanto, este efeito é altamente variável dependendo da altura, do tipo e das propriedades óticas das nuvens.

### ***2.1.3. As Variações Climáticas Produzidas Pela Ação Humana***

O ser humano, assim como outros organismos vivos, sempre influenciou seu meio-ambiente. Mas somente a partir do início da Revolução Industrial, em meados do século XVIII, que o impacto das atividades humanas começou a se estender por escalas continentais e até mesmo globais. As atividades humanas, em particular aquelas que envolvem a queima de combustíveis fósseis e de biomassa, produzem GEE que afetam a composição da atmosfera.

Por milhares de anos, até a Revolução Industrial, a quantidade de GEE na atmosfera se manteve relativamente constante. A partir de então, a concentração de vários GEE vem aumentando. A quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera, por exemplo, sofreu um aumento de mais de 30% desde o período pré-industrial e continua aumentando a uma taxa sem precedentes de 0,4% por ano, principalmente devido à queima de combustíveis fósseis e ao desmatamento. A concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera aumentou, de modo lento no início e depois aceleradamente, de 280 ppm no ano 1800 para 379 ppm em 2005, ecoando o desenvolvimento industrial mundial (Figura 2.2). Várias evidências (IPCC, 2001a) confirmam que o recente e contínuo aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera é devido às emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub> – com maior importância para as emissões devidas à queima de combustíveis fósseis. A primeira evidência é que a concentração de O<sub>2</sub> atmosférico vem diminuindo numa taxa comparável à taxa das emissões por queima de combustível fóssil (esta queima consome O<sub>2</sub>). A segunda evidência é uma característica química na constituição dos combustíveis fósseis (isotopia) que acaba por marcar os átomos de carbono oriundos da queima destes

combustíveis. Esta marca facilita a identificação dos átomos de carbono que estão presentes na atmosfera e que têm origem nos combustíveis fósseis. Uma terceira evidência é que o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> tem se mostrado maior no Hemisfério Norte onde a maior parte do combustível fóssil do planeta é queimada.



**Figura 2.2:** Mudanças na concentração de CO<sub>2</sub> a partir de dados de testemunho de gelo e de dados modernos (IPCC, 2007)

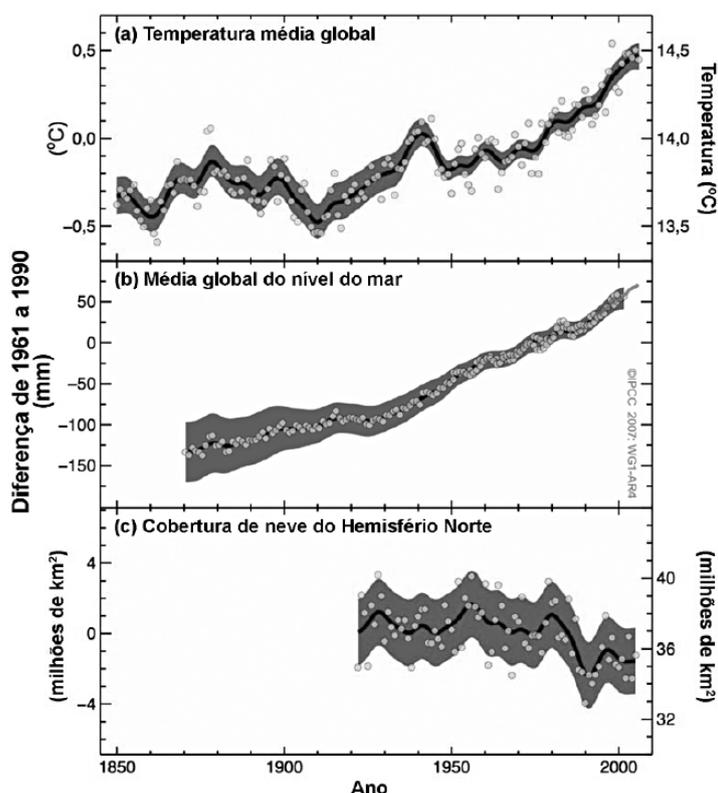
O aumento da concentração de GEE na atmosfera acentua a absorção e a emissão de radiação infravermelha. A opacidade da atmosfera aumenta e conseqüentemente aumenta a altitude a partir da qual a radiação emitida pela Terra é efetivamente enviada para o espaço. Uma vez que a temperatura é baixa em grandes altitudes, menos energia é emitida, provocando o aumento do efeito estufa.

Caso a quantidade de CO<sub>2</sub> fosse duplicada instantaneamente, com tudo mais se mantendo constante, a radiação infravermelha que sai da Terra para o espaço sofreria uma redução de 4W/m<sup>2</sup> desequilibrando o balanço energético do planeta. Isto significa dizer que, para se atingir um novo equilíbrio seria necessário que a temperatura da superfície da Terra sofresse um aumento de 1.2°C (com erro de ±10%), ou seja, seria provocado um aquecimento global na ausência de qualquer outra mudança. Na verdade, como vem sendo observada (IPCC, 2001a), a resposta do sistema climático da Terra é muito mais complexa. Acredita-se que o efeito geral das reações do sistema climático produza um aumento na faixa de 1,5 a 4,5°C na temperatura da superfície terrestre. A grande amplitude nesta faixa de variação de temperatura se deve ao fato de ser limitado o conhecimento a respeito das nuvens e de suas interações com a radiação

infravermelha. Para se compreender a magnitude deste aumento de temperatura, deve-se fazer uma comparação com a diferença na temperatura média global de 5 a 6°C observada desde a metade da última Era Glacial até a presente Era Interglacial.

#### 2.1.4. Conseqüências do Aquecimento Global

A resposta do sistema climático às atividades humanas é difícil de ser avaliada por causa dos componentes do sistema climático que uma vez combinados apresentam diferentes tempos de resposta às perturbações provocadas. Entretanto, a análise de um vasto conjunto de fenômenos observados constata um mundo mais aquecido e respondendo de forma direta através de mudanças significativas no clima, o que pode ser verificado na Figura 2.3.



**Figura 2.3:** Mudanças<sup>2</sup> na temperatura, no nível do mar e na cobertura de neve do Hemisfério Norte (IPCC, 2007)

Além do observado na Figura 2.3 constatou-se que:

<sup>2</sup> Todas as mudanças são relativas às médias correspondentes para o período de 1961 a 1990. As curvas suavizadas representam valores médios decenais, enquanto que os círculos indicam valores anuais. As áreas sombreadas são os intervalos estimados com base em uma análise abrangente das incertezas conhecidas (a e b) e nas séries temporais (c).

- Onze dos últimos doze anos (1995 a 2006) estão entre os 12 anos mais quentes do registro instrumental da temperatura da superfície global (desde 1850). A tendência linear de cem anos atualizada (1906 a 2005), de 0,74°C, é, portanto, mais elevada do que a tendência correspondente para o período de 1901 a 2000 de 0,6°C. A tendência linear de aquecimento ao longo dos últimos 50 anos 0,13°C por década é quase o dobro da dos últimos 100 anos. O aumento total de temperatura de 1850-1899 a 2001-2005 é de 0,76 [0,57 a 0,95]°C;
- O teor médio de vapor d'água na atmosfera aumentou, desde pelo menos a década de 80, sobre a terra e o oceano bem como na alta troposfera. O aumento é bastante coerente com a quantidade extra de vapor d'água que o ar mais quente consegue carregar;
- Observações desde 1961 mostram que a temperatura média do oceano global aumentou em profundidades de até pelo menos 3.000 m e que o oceano tem absorvido mais de 80% do calor acrescentado ao sistema climático. Esse aquecimento faz com que a água do mar se expanda, o que contribui para a elevação do nível do mar;
- As geleiras montanhosas e a cobertura de neve diminuíram, em média, nos dois hemisférios. Reduções generalizadas das geleiras e calotas de gelo contribuíram para a elevação do nível do mar;
- A média global do nível do mar subiu a uma taxa média de 1,8 [1,3 a 2,3] mm por ano no período de 1961 a 2003. A taxa foi mais acelerada ao longo do período de 1993 a 2003, cerca de 3,1 mm por ano. Estima-se que a elevação total do século XX seja de 0,17 [0,12 a 0,22] m.
- Tendências de longo prazo, de 1900 a 2005, foram observadas na quantidade de precipitação em vastas regiões. Um aumento significativo de precipitação foi observado na parte leste da América do Norte e da América do Sul, no norte da Europa, no norte da Ásia e na Ásia central. Observou-se que o clima ficou mais seco no Sahel, no mediterrâneo, no sul da África e em partes do sul da Ásia;
- Mudanças na precipitação e evaporação sobre os oceanos são sugeridas pelo fato de se tornarem doces as águas das latitudes médias e altas e pelo aumento da salinidade das águas das latitudes baixas;
- Os ventos do oeste de latitude média se tornaram mais fortes em ambos os hemisférios desde a década de 60;

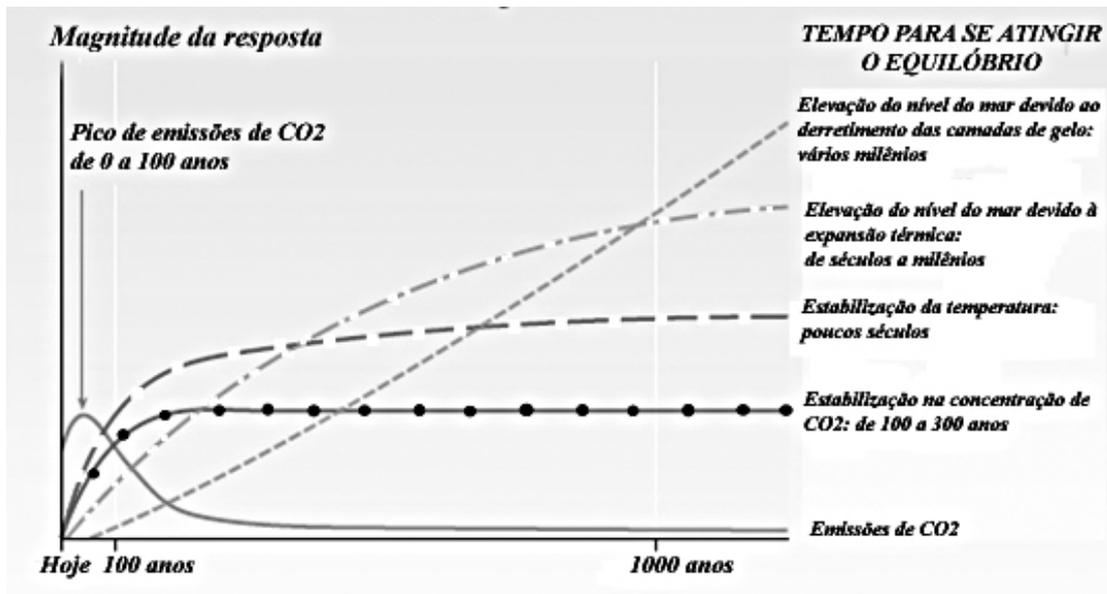
- Secas mais intensas e mais longas foram observadas sobre áreas mais amplas desde 1970, especialmente nos trópicos e subtropicais. O aumento do clima seco, juntamente com temperaturas mais elevadas e uma redução da precipitação, contribuíram para as mudanças na seca. As mudanças nas temperaturas da superfície do mar, nos padrões de vento e a redução da neve acumulada e da cobertura de neve também foram relacionadas com as secas;
- A frequência dos eventos de forte precipitação aumentou sobre a maior parte das áreas terrestres, de forma condizente com o aquecimento e os aumentos observados do vapor d'água atmosférico;
- Mudanças generalizadas nas temperaturas extremas foram observadas ao longo dos últimos 50 anos. Dias frios, noites frias e geadas se tornaram menos frequentes, enquanto que dias quentes, noites quentes e ondas de calor se tornaram mais frequentes;
- Há evidências, obtidas com base em observações, de um aumento da atividade intensa dos ciclones tropicais no Atlântico Norte desde cerca de 1970, correlacionado com os aumentos das temperaturas da superfície do mar nos trópicos.

Algumas destas mudanças no sistema climático, se mantidas para além do século XXI, serão efetivamente irreversíveis. Como exemplo tem-se o caso do degelo das geleiras e das alterações essenciais no padrão de circulação dos oceanos que podem não ser revertidas por períodos de muitas gerações.

Uma vez analisadas estas mudanças climáticas e comprovada a associação das mesmas com as emissões de GEE constata-se a necessidade de se controlar tais emissões de forma a se obter a estabilização ou até mesmo a redução destas.

Entretanto, a estabilização das emissões de CO<sub>2</sub> próxima aos níveis correntes não acarretará a estabilização da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera. A estabilização da concentração de CO<sub>2</sub> em qualquer nível requer uma redução nas emissões globais líquidas de CO<sub>2</sub> a uma pequena fração do nível atual de emissões. Quanto mais baixo for o nível escolhido para a estabilização mais cedo a redução das emissões de CO<sub>2</sub> deve ter início. Uma vez alcançada a estabilização da concentração de CO<sub>2</sub> na

atmosfera, projeta-se (IPCC, 2001a) que a temperatura do ar na superfície terrestre irá continuar a subir alguns décimos de grau a cada século, por alguns séculos ou mais, enquanto projeta-se que o nível dos mares irá continuar a se elevar por muitos séculos (Figura 2.4) em função do transporte de calor nos oceanos ser lento assim como a resposta das camadas de gelo.



**Figura 2.4:** Projeção da temperatura global e do nível dos oceanos em função da estabilização das emissões CO<sub>2</sub> (IPCC, 2001a)

Desde a publicação do Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC, foram feitos avanços na compreensão de como o clima está mudando em termos espaciais e de tempo, por meio da melhoria e da ampliação de numerosos conjuntos de dados e das análises dos dados, uma cobertura geográfica mais ampla, uma melhor compreensão das incertezas e uma maior variedade de medições. Há observações cada vez mais abrangentes para as geleiras e a cobertura de neve desde a década de 60 e para o nível do mar e os mantos de gelo desde aproximadamente a última década. Contudo, a cobertura dos dados ainda é limitada em algumas regiões. O aquecimento do sistema climático é inequívoco, como está agora evidente nas observações dos aumentos das temperaturas médias globais do ar e do oceano, do derretimento generalizado da neve e do gelo e da elevação do nível global médio do mar.

## **2.2. MITIGAÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE: POLÍTICAS GLOBAIS E POLÍTICAS LOCAIS**

O aquecimento global, se apresenta como um problema de características únicas. Como a própria denominação já explica, trata-se de uma questão global, de longo prazo (por vários séculos), e que envolve interações complexas entre sistemas climáticos, ambientais, econômicos, políticos, institucionais, sociais e tecnológicos. O aquecimento global implica em questões entre nações e entre gerações num contexto de propósitos sociais mais amplos como a equidade e o desenvolvimento sustentável.

Qualquer nação individualmente pode optar dentre um conjunto de possíveis políticas, medidas e instrumentos para limitar suas emissões de GEE. Da mesma forma, um grupo de nações que deseja limitar de forma coletiva suas emissões de GEE pode entrar em acordo para implementar uma ou várias políticas mitigatórias.

A seguir serão apresentadas algumas políticas e medidas que podem ser adotadas a nível global e local dando ênfase à descrição geral das mesmas sem entrar no mérito da especificação dos setores aos quais elas estão vinculadas.

### ***2.2.1. Políticas Mitigatórias Globais***

Em 1988, em Toronto no Canadá, ocorreu a primeira reunião entre governantes e cientistas de diversas nações sobre as mudanças climáticas. Em 1992, no Rio de Janeiro, durante o encontro mundial sobre o clima, ECO-92, mais de 180 governos estabeleceram e assinaram a Convenção Quadro sobre Mudanças Climáticas das Nações Unidas (Convenção do Clima), que entraria em vigor em 1994. A convenção do Clima incluiu como meta alcançar a estabilização das concentrações de GEE na atmosfera a níveis que previnam a interferência antropogênica danosa ao sistema climático. Esta estabilização deve ocorrer dentro de um período suficiente que permita uma adaptação natural dos ecossistemas às mudanças climáticas, assegurando a produção de alimentos e um desenvolvimento econômico sustentável. A Convenção do Clima também contém o “princípio de responsabilidade comum e diferenciada”, que significa que todos os países têm a responsabilidade de proteger o clima, mas o Hemisfério Norte deve ser o primeiro a atuar.

Em 1997, em Kyoto no Japão, durante o terceiro encontro da Convenção do Clima foi assinado o Protocolo de Kyoto, um mecanismo para reduzir as emissões de GEE nos países industrializados, estabelecendo metas de redução relativas aos níveis de 1990 para o período inicial de 2008 a 2012 (Tabela 2.1). Os países membros da União Européia (EU-15<sup>3</sup>) redistribuíram suas metas entre si de acordo com a Tabela 2.2.

**Tabela 2.1:** Metas de redução emissões do Protocolo de Kyoto, período 2008-2012\*

| Países do Anexo B   | Metas de Redução |
|---|------------------|
| Áustria, Bélgica, Bulgária, Dinamarca Estônia, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Irlanda, Itália, Letônia, Liechtenstein, Lituânia, Luxemburgo, Mônaco, Holanda, Portugal, Romênia, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Suécia, Suíça, Reino Unido e Irlanda do Norte. | -8%              |
| Estados Unidos da América (Declararam sua intenção de não ratificar o protocolo)  | -7%              |
| Canadá, Hungria, Japão, Polônia   | -6%              |
| Croácia   | -5%              |
| Nova Zelândia, Federação Russa, Ucrânia   | 0                |
| Noruega   | -1%              |
| Austrália (Declarou sua intenção de não ratificar o protocolo)  | -8%              |
| Islândia  | -10%             |

\* Este ano base é flexível no caso dos países cuja economia está em transição.  
Fonte: (UNFCCC, 2007)

**Tabela 2.2:** Países da União Européia e a suas metas de redução de emissão redistribuídas

| Estados Membros | Metas de Redução | Estados Membros | Metas de Redução |
|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| Áustria         | -13,0%           | Irlanda         | +13,0%           |
| Bélgica         | -7,5%            | Itália          | -6,5%            |
| Dinamarca       | -21,0%           | Luxemburgo      | -28%             |
| Finlândia       | 0%               | Holanda         | +27,0%           |
| França          | 0%               | Espanha         | +15,0%           |
| Alemanha        | -21,0%           | Suécia          | +4,0%            |
| Grécia          | +25,0%           | Reino Unido     | -12,0%           |

Fonte: (EEA, 2006a)

Apesar de apenas os países do Anexo B do Protocolo de Kyoto terem se comprometido inicialmente com a limitação de emissões de GEE, todas as nações se comprometeram a considerar as mudanças climáticas, na medida de suas possibilidades, ao contemplarem

<sup>3</sup> São os quinze países membros da União Européia no momento da sua instituição: Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Holanda, Portugal, Espanha, Suécia e Reino Unido.

suas políticas e ações sociais, econômicas e ambientais. Entretanto, é reconhecido o fato de que os países que não fazem parte do Anexo B apresentam limitações de capital e de conhecimento para contribuírem com a redução de emissões de GEE.

As políticas mitigatórias globais que mais se destacam na literatura podem ser agrupadas, de acordo com o IPCC (2001c) em: instrumentos de mercado, instrumentos regulatórios; e acordos voluntários.

Dentre as políticas de instrumentos de mercado, cinco se destacam, sendo as três primeiras apresentadas pelo Protocolo de Kyoto:

- O Comércio Internacional de Emissões (*International Emissions Trading*) – onde se estabelece um sistema de cotas limitando as emissões de cada nação e requerendo que cada uma destas nações mantenha a sua cota de emissões. Governos e algumas entidades legais dos países participantes têm permissão para comercializar estas cotas;
- A Implementação Conjunta (*Joint Implementation*) – onde os governos ou entidades de uma nação com emissões de GEE limitadas, são autorizados a contribuir com a implementação de projetos de redução de emissões, ou de aumento dos sorvedouros de carbono, em outra nação também comprometida com limites nacionais de emissões de GEE, e assim receber unidades de emissões reduzidas (*Emission Reduction Units - ERUs*) equivalentes a uma parte ou ao total de emissões reduzidas. As *ERUs* podem ser utilizadas pela nação investidora para alcançar o limite nacional de emissões acordado;
- O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL - (*Clean Development Mechanism*) – onde os governos ou entidades de uma nação com emissões de GEE limitadas, são autorizados a contribuir com a implementação de projetos de redução de emissões, ou de aumento possível dos sorvedouros de carbono, em outra nação que não esteja comprometida com limites nacionais de emissões de GEE, e assim receber unidades de emissões reduzidas (*ERUs*) equivalentes a uma parte ou ao total de emissões reduzidas. As *ERUs* podem ser utilizadas pela nação investidora para alcançar o limite nacional de emissões acordado. O MDL deve contribuir com o desenvolvimento sustentável do país no qual é implementado o projeto de redução de emissões;

- A Taxação Harmônica de emissões, de carbono, e/ou energia – onde os países participantes se comprometem a estabelecer uma taxa, a uma razão comum, para as mesmas fontes de emissão. Cada país pode reter os proventos obtidos com a sua taxação;
- A Taxação Internacional de emissões, de carbono, e/ou energia – onde os países participantes, através de uma agência internacional, definem taxas sobre fontes específicas de emissões. Os proventos são distribuídos ou utilizados de acordo com especificações dos países participantes ou da agência internacional.

Dentre as políticas de instrumentos regulatórios duas se destacam:

- As Cotas de Emissões Não Comercializáveis (*Non-Tradable Quotas*) – onde se impõem um limite nacional de emissões de GEE, a ser alcançado por cada nação participante, através de ações exclusivamente domésticas;
- Os Padrões Internacionais de Produtos e/ou Tecnologias - onde são estabelecidos, nos países participantes, requisitos mínimos para os produtos ou tecnologias relacionados às emissões de GEE. Estes padrões reduzem as emissões de GEE associadas à produção ou ao uso do produto e/ou a aplicação da tecnologia.

Quanto aos acordos voluntários duas políticas se destacam:

- O Acordo Voluntário Internacional – que constitui um tratado entre dois ou mais governos e uma ou mais entidades a fim de limitar as emissões de GEE ou implementar medidas que irão produzir tal efeito;
- As Transferências Internacionais Diretas – que envolvem transferências de recursos financeiros ou tecnológicos de um governo para outro ou para uma instituição legal, diretamente ou através de uma agência internacional, com o objetivo de estimular a redução das emissões de GEE.

### ***2.2.2. Políticas Mitigatórias Locais***

Da mesma forma que as políticas mitigatórias globais, as políticas locais também podem ser agrupadas, de acordo com o IPCC (2001c), em: instrumentos de mercado, instrumentos regulatórios; e acordos voluntários.

Dentre as políticas de instrumentos de mercado, quatro se destacam:

- A Taxação de Emissões – que é um tributo definido pelo governo local sobre cada unidade de emissão, para cada tipo de fonte emissora. Uma vez que todo o carbono contido nos combustíveis fósseis por fim será emitido na forma de CO<sub>2</sub>, uma taxa sobre o conteúdo de carbono dos combustíveis fósseis é equivalente a uma taxa sobre as emissões devidas à queima de combustíveis fósseis. Uma taxa de energia (taxa sobre o conteúdo energético dos combustíveis) pode reduzir a demanda por energia e desta forma reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> provenientes do uso de combustíveis fósseis;
- A Permissão de Comércio (*cap-and-trade*) – que é um sistema que estabelece um limite para as emissões agregadas de fontes específicas, requerendo que cada fonte mantenha suas emissões nos níveis atuais e permitindo que determinadas quantidades de emissões sejam negociadas entre as fontes. Este sistema é diferente do sistema de cotas onde ERUs são criados quando uma fonte consegue reduzir suas emissões abaixo de um limite pré-estabelecido equivalente à estimativa das emissões no caso de ausência de medidas para a redução de emissões;
- O Subsídio – que é um pagamento direto do governo para uma entidade, ou uma redução de impostos desta entidade, para que a mesma implemente alguma medida estabelecida pelo governo. As emissões podem ser reduzidas através da diminuição de subsídios pré-existentes e que efetivamente contribuem para o aumento das emissões, tais como subsídios para o uso de combustíveis fósseis, ou através do fornecimento de subsídios a medidas que reduzam as emissões ou que aumentem o seqüestro de carbono como a plantação de árvores;
- O Depósito-Reembolso – que é um sistema que combina um depósito ou uma taxa em uma *commodity* com um reembolso ou desconto (subsídio) para a implementação de uma ação específica.

Dentre as políticas de instrumentos regulatórios quatro se destacam:

- O Tratado de Cotas Não Comercializáveis – que é um sistema que estabelece um limite para as emissões de cada uma das fontes regulamentadas. Cada fonte deve manter seu atual nível de emissões abaixo de seu próprio limite;
- Os Padrões Internacionais de Produtos e/ou Tecnologias - onde são estabelecidos requisitos mínimos para os produtos ou processos relacionados às

emissões de GEE. Estes padrões reduzem as emissões de GEE associadas à produção ou ao uso do produto e/ou a aplicação da tecnologia;

- A Proibição de Produção de Produtos – é uma medida que visa impedir a utilização de um produto específico, cuja aplicação acarreta em emissões de GEE;
- Os Gastos ou Investimentos Diretos do Governo – voltados para a área de pesquisa e desenvolvimento de medidas para a redução de emissões de GEE ou para o aumento do seqüestro de carbono.

Quanto aos acordos voluntários apenas dois tipos de acordo podem ser destacados:

- O Acordo Voluntário entre uma autoridade do governo e uma ou mais partes privadas ou um comprometimento unilateral que é reconhecido pela autoridade governamental, afim de se atingir objetivos ambientais ou alcançar uma melhora na performance ambiental além do acordado.

### ***2.2.3. A Questão: Políticas Globais ou Políticas Locais ?***

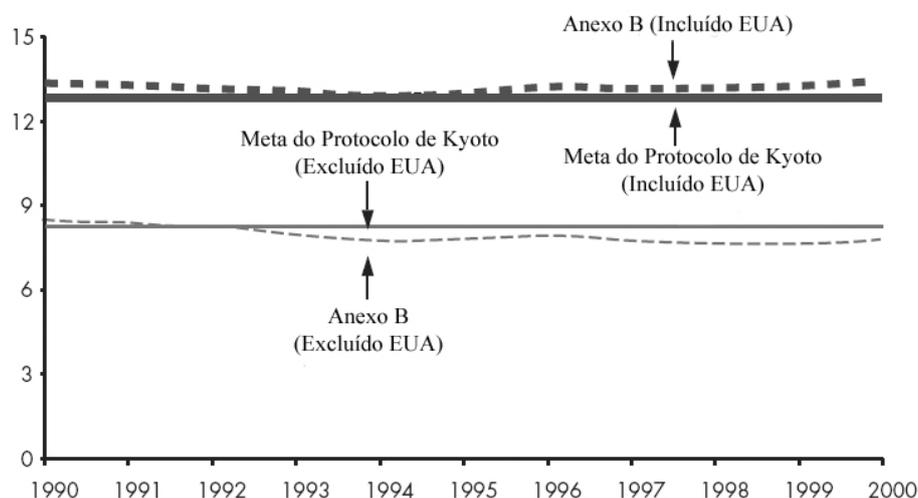
Apesar do sucesso que vinha sendo apresentado nas negociações internacionais referentes às mudanças climáticas, em 2000, a Sexta Conferência das Partes (COP-6) da Convenção Quadro sobre Mudança Climática das Nações Unidas terminou sem um acordo a respeito de diversas questões que seriam necessárias para que as nações pudessem dar início ao processo de ratificação do Protocolo de Kyoto. Além disto, em 2001, um fato específico veio demonstrar a grande dificuldade de se tratar globalmente as mudanças climáticas e se chegar a uma solução conjunta para o aquecimento global: o governo dos Estados Unidos, recém eleito, decidiu não ratificar o Protocolo de Kyoto.

O comprometimento da efetividade do Protocolo de Kyoto por causa da não-ratificação por parte dos Estados Unidos, ocorre por diversos fatores. Em primeiro lugar, os Estados Unidos são responsáveis por mais de 36% das emissões de GEE dos países do Anexo I<sup>4</sup> em 1990, tornando desta forma inatingível o propósito do Protocolo de Kyoto de obter para o grupo, como um todo, uma redução de 5% das emissões de CO<sub>2</sub> de 1990. Além disto, causa-se um impacto no Comércio Internacional de Emissões e no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, uma vez que se esperava que os Estados

---

<sup>4</sup> Os países que fazem parte do Anexo I da Convenção do Clima são quase os mesmos do Anexo B do Protocolo de Kyoto, com exceção da Turquia e da Bielorrússia que estão incluídos.

Unidos fossem os principais compradores de *ERUs*. Isto não acontecendo, o preço das *ERUs* cai, assim como a efetividade destes mecanismos. A figura 2.5 apresenta as mudanças consideradas com a não-ratificação do Protocolo de Kyoto por parte dos Estados Unidos.



**Figura 2.5:** Emissões de CO<sub>2</sub> dos países do Anexo B com e sem a participação dos Estados Unidos.(IEA, 2002a)

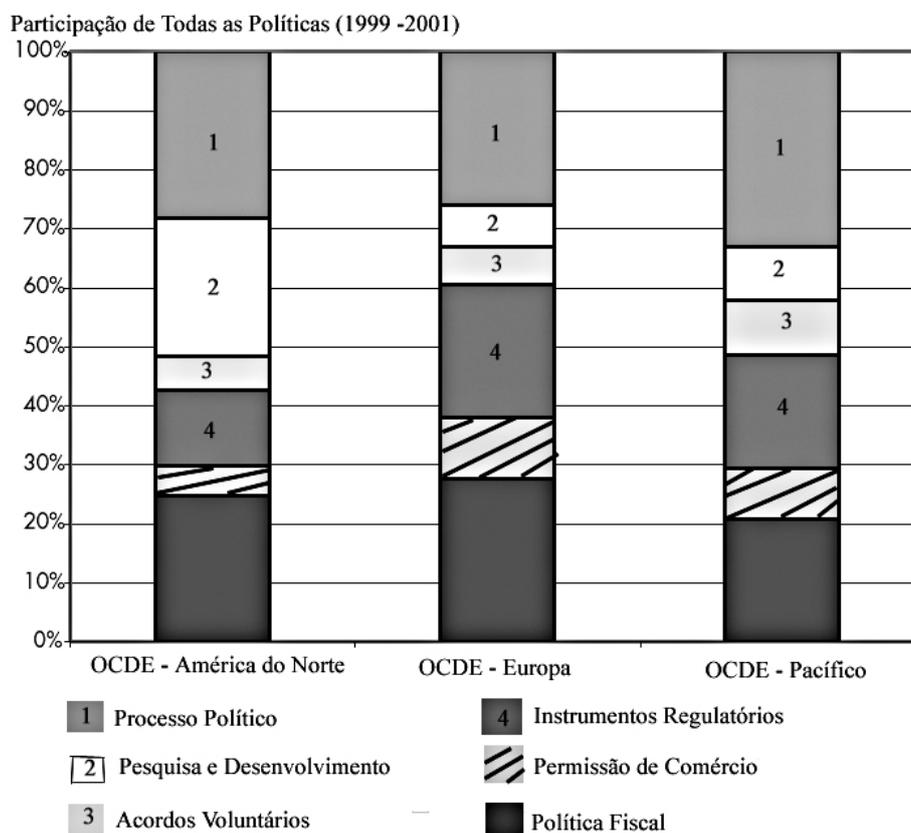
Independente da dificuldade de um acordo global entre as nações, as questões relacionadas às mudanças climáticas vêm adquirindo em vários países um lugar importante no processo de tomada de decisão tanto nos setores públicos quanto privados. Apesar da determinação comum, entre os países desenvolvidos, de mitigar as mudanças climáticas, os meios para se atingir este fim não são comuns, na maior parte das vezes, com cada país elaborando separadamente seus programas de políticas extremamente diversos.

No intuito de combater as mudanças climáticas, todos os países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) (*Organisation for Economic Co-operation and Development – OECD*)<sup>5</sup> adotaram um conjunto de políticas e medidas envolvendo os vários setores da economia. De acordo com a base de dados<sup>6</sup> da Agência Internacional de Energia que reúne apenas políticas e medidas implantadas ou

<sup>5</sup> São 30 os estados membros da organização: Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Coreia do Sul, Dinamarca, Eslováquia, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Luxemburgo, Noruega, Nova Zelândia, Países Baixos, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suécia, Suíça e Turquia

<sup>6</sup> Esta base de dados foi formada a partir de relatórios fornecidos pelos governos de cada país (ministérios, agências e departamentos) e por organizações internacionais. Tais relatórios listavam todas as medidas implantadas ou planejadas para o período de 1999 a 2001, que objetivavam a redução das mudanças climáticas.

planejadas no período de 1999 a 2001 nenhum setor em particular foi alvo exclusivo destas políticas (IEA, 2002a). Ainda de acordo com esta base de dados, quanto ao tipo de política adotada tem-se um quadro bem diverso entre estes mesmos países, como pode ser observado na Figura 2.6.



**Figura 2.6:** Participação dos tipos de políticas por região da OCDE entre 1999 e 2001 (IEA, 2002a).

Nas três principais regiões da OCDE (América do Norte, Europa e Pacífico), com destaque para OCDE-Pacífico, há uma grande participação de medidas que na verdade são Processos Políticos que antecedem ou complementam as medidas concretas a serem adotadas. Fazem parte dos Processos Políticos: o planejamento estratégico; a disseminação de informações; e a consulta pública. Dentre as medidas concretas, tem destaque na OCDE - América do Norte as políticas de incentivo à pesquisa e desenvolvimento juntamente com as políticas de instrumento de mercado tais como taxação de emissões e subsídios. Já na OCDE - Europa e na OCDE - Pacífico o destaque fica para as políticas de instrumentos de mercado seguida pelas políticas de instrumentos regulatórios.

Em todas as regiões os acordos voluntários e a permissão de comércio são as políticas que menos se destacam uma vez que são as mais difíceis de serem implantadas já que dependem da cooperação entre vários governos (IEA, 2002a).

Mediante as dificuldades em se atacar a questão das mudanças climáticas de uma forma global, constata-se que as nações vêm optando e efetivamente trabalhando esta questão de forma individual, buscando a elaboração de políticas que mais se adequem à realidade de cada país. Desta forma, as medidas locais são fundamentais para se obter a redução das emissões de GEE. Para que as mesmas possam ser implantadas é necessário o conhecimento da realidade de cada país, de forma a se identificar os setores essencialmente responsáveis pelas emissões de GEE bem como os principais agentes de cada um deles.

### **2.3. A RELAÇÃO ENTRE O SETOR DE TRANSPORTES E EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>**

A Convenção do Clima, apresentada no item anterior, tem como um de seus objetivos fazer com que a elaboração, a publicação e a periódica atualização de inventários nacionais de emissões antropogênicas de GEE, representem um conjunto de informações a ser analisado técnica e cientificamente de forma a dar embasamento a políticas que visem à estabilização das concentrações de GEE na atmosfera em um nível que não produza interferência nociva ao sistema climático. Desta forma, é preciso que os inventários sejam elaborados através de metodologias comparáveis entre os países que participam da Convenção do Clima .

A Metodologia desenvolvida pelo Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC) atualmente denominada *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 2007) tem como intento assistir a todos os países da Convenção do Clima na implementação de seus objetivos.

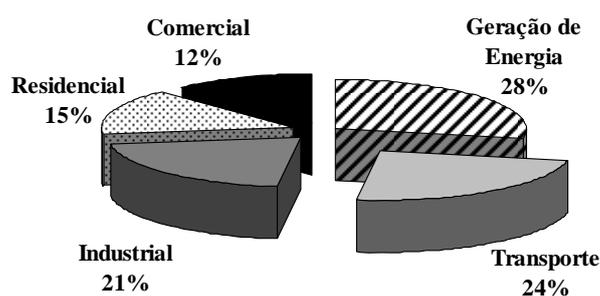
A metodologia do IPCC agrupa as principais fontes de emissões antropogênicas em quatro módulos de atividades: Energia; Processos Industriais e Uso de Produtos; Agricultura, Florestas e outros Usos do Solo; e Resíduos. O módulo de Energia por sua vez é dividido em três categorias: a categoria das emissões devidas à queima de

combustível (subdividido em indústrias energéticas, indústrias de manufatura e construção, transportes e outros setores); a categoria das emissões fugitivas; e a categoria de transporte e estocagem de CO<sub>2</sub>.

Como visto no item 2.1.2 o CO<sub>2</sub> é o GEE de maior importância e portanto será o gás utilizado neste item para se estabelecer uma relação com o setor de transportes.

Ao se avaliar as emissões inventariadas através dos quatro módulos de atividades da metodologia do IPCC observa-se que o setor de geração de energia elétrica e térmica e o setor de transportes são os maiores responsáveis pelas emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub> no mundo. Em 2002 o setor de geração de energia elétrica e térmica teve uma participação de 35% e o setor de transportes de 24% nas emissões antropogênicas mundiais de CO<sub>2</sub> (IEA, 2005). Entretanto, o setor de transportes é atualmente o principal setor a ser levado em consideração em relação às emissões de CO<sub>2</sub> em função do crescimento das suas emissões de CO<sub>2</sub>.

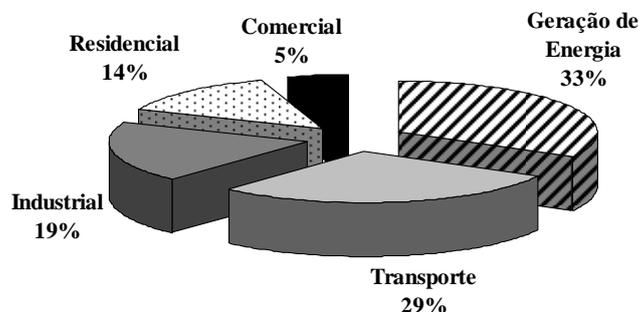
No caso dos Estados Unidos, ao se analisar a categoria das emissões devidas à queima de combustível, em 2004, (Figura 2.7) o setor de transportes apresentava-se em segundo lugar com uma participação de 24% (1.934 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>) perdendo apenas para o setor de geração de energia elétrica e térmica com 28% de participação (2.299 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>) (US-DOE, 2005).



**Figura 2.7:** Participação dos setores da economia nas emissões de CO<sub>2</sub> dos Estados Unidos em 2004 (a partir de US-DOE, 2005)

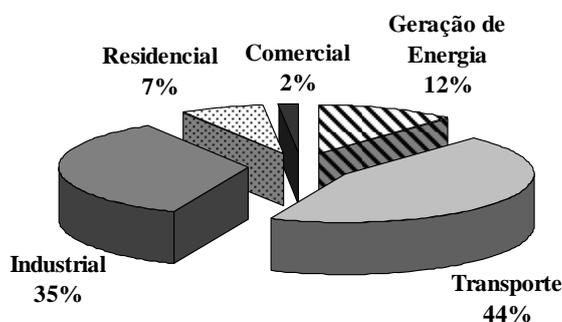
O mesmo comportamento pode ser observado na União Européia (EU-15) onde, em 2004, o setor de transportes na categoria das emissões devidas à queima de combustível (Figura 2.8) figurava em segundo lugar com 29% de participação (860 milhões de

toneladas de CO<sub>2</sub>) perdendo também para o setor de geração de energia elétrica e térmica com 33% de participação (1.008 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>) no mesmo ano (EEA, 2006b).



**Figura 2.8:** Participação dos setores da economia nas emissões de CO<sub>2</sub> da União Europeia (EU-15) em 2004 (a partir de EEA, 2006b).

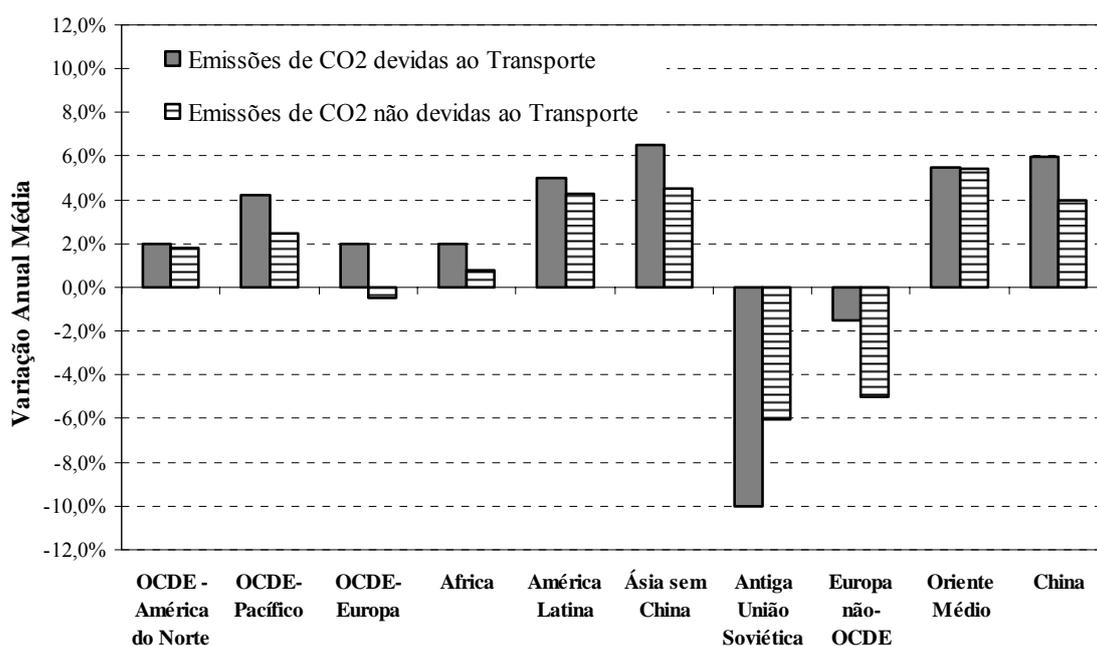
Quanto ao Brasil, em 1994, o setor de transportes já figurava em primeiro lugar, em relação aos outros setores da economia, ao se analisar a categoria das emissões devidas à queima de combustível. Como pode se observar na Figura 2.9, neste mesmo ano de 1994, o setor de transportes apresentava uma participação de 44% (94,3 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>) (MCT, 2002a).



**Figura 2.9:** Participação das fontes nas emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil em 1994 (a partir de MCT, 2002a).

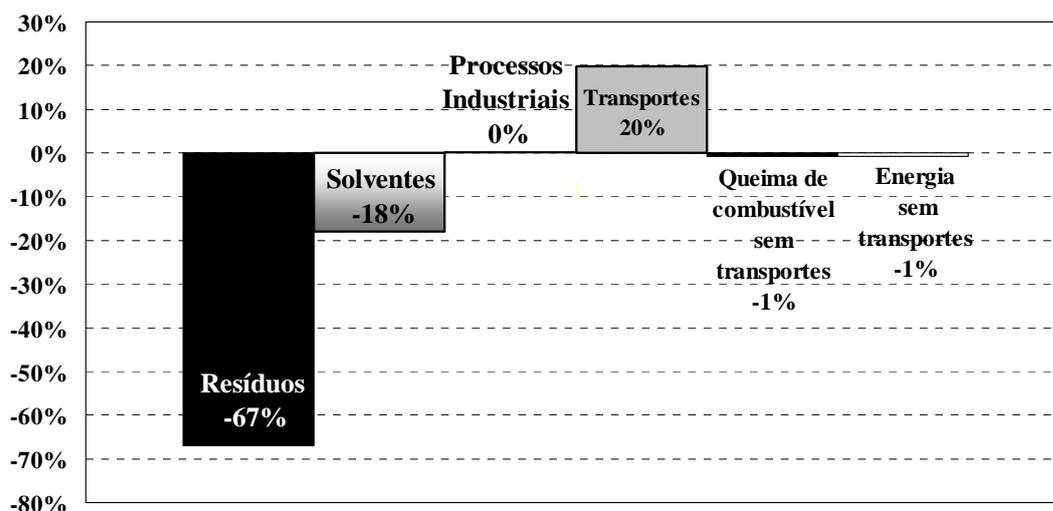
Quanto ao crescimento das emissões de CO<sub>2</sub>, o setor de transportes é o setor que mais contribui para este crescimento. Tal crescimento, no período de 1990 a 1997, nas grandes regiões do mundo, chegou a ser maior que o crescimento das emissões produzidas pelos outros setores da economia reunidos. Como exemplo tem-se a China e o restante da Ásia com crescimentos anuais respectivos de 6% e 7% das emissões de

CO<sub>2</sub> devidas ao setor de transportes contra crescimentos anuais de 4% e 5% das emissões devidas aos outros setores. Destacam-se também os países europeus da OCDE que apresentaram um crescimento anual de 2% das emissões de CO<sub>2</sub> devidas ao transporte e uma redução anual em torno de 0,5% nas emissões de CO<sub>2</sub> devidas aos outros setores da economia. As exceções se devem à antiga União Soviética e aos países europeus não participantes da OCDE que apresentaram uma redução nas suas emissões de CO<sub>2</sub>, como evidencia a Figura 2.10.



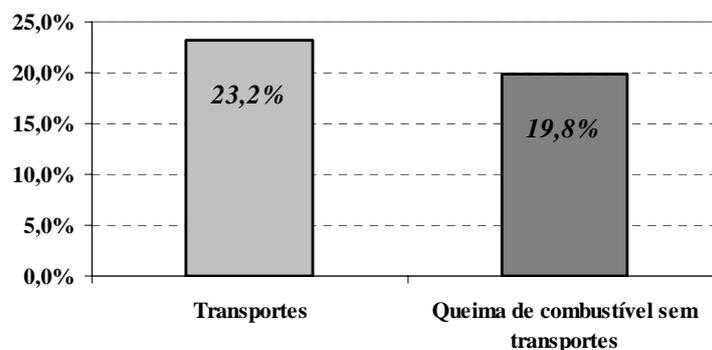
**Figura 2.10:** Crescimento nas emissões de CO<sub>2</sub> devidas ao transporte e ao resto da economia no período de 1990 a 1997 (SCHIPPER *et al.*, 2000)

Na União Europeia, ao excluir-se o setor de transportes da categoria de emissões por queima de combustível e também do módulo de energia e comparar-se o setor de transportes isoladamente com esta categoria e com outras atividades dos módulos do IPCC, observa-se uma grande disparidade entre as variações de emissões de CO<sub>2</sub>. De acordo com a Figura 2.11, o setor de transportes foi o único a apresentar aumento de emissões de CO<sub>2</sub> (20%), no período de 1990 a 2004, enquanto que os referidos módulos e categoria se mantiveram constantes ou apresentaram reduções nas emissões (EEA, 2006b).



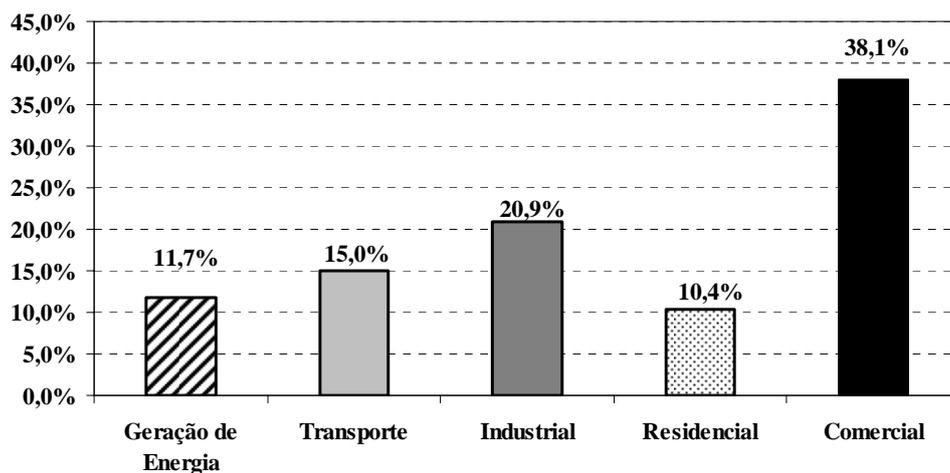
**Figura 2.11:** Variação das Emissões de CO<sub>2</sub> na União Europeia (EU-15) no período de 1990 a 2004 (a partir de EEA, 2006b).

Já nos Estados Unidos, não se observa uma disparidade tão acentuada na variação das emissões de CO<sub>2</sub> uma vez que nenhum setor da categoria de queima de combustível apresentou redução de emissões. Considerando-se o setor de transportes separado da categoria de queima de combustível observa-se (Figura 2.12), para o período de 1990 a 2004, que o setor de transportes apresentou um crescimento de emissões de CO<sub>2</sub> (23%) maior que o dos outros setores em conjunto (20%) (US-DOE, 2005).



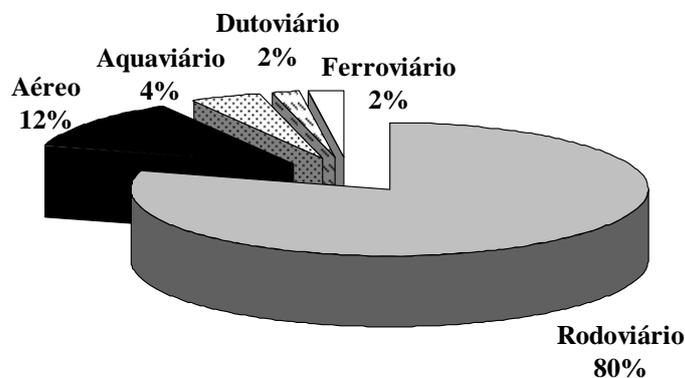
**Figura 2.12:** Variação das Emissões de CO<sub>2</sub> nos Estados Unidos no período de 1990 a 2004 (a partir de US-DOE, 2005)

No Brasil o setor de transportes, em relação ao período 1990-1994, figura em terceiro lugar com um crescimento de 15% das emissões de CO<sub>2</sub> (Figura 2.13).



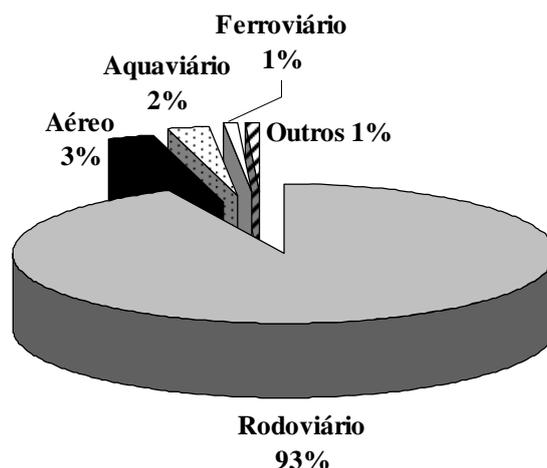
**Figura 2.13:** Variação das Emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil no período de 1990 a 1994 (a partir de MCT, 2002a)

No setor de transportes o grande responsável pelas emissões de CO<sub>2</sub> é o modo rodoviário. Nos Estados Unidos em 2003, o modo rodoviário foi responsável por 80% das emissões de CO<sub>2</sub> do setor de transportes (1.482.622,87 Gg). (DAVIS E DIEGEL, 2006) como se observa na Figura 2.14.



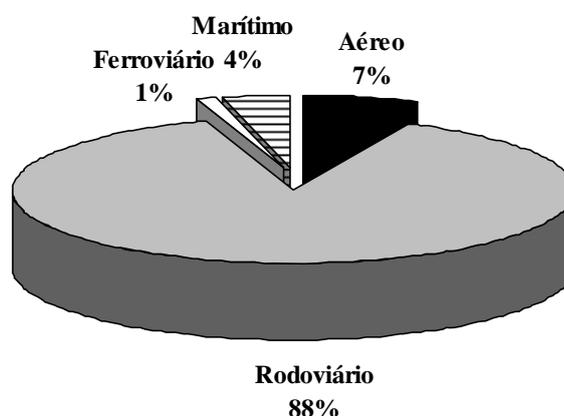
**Figura 2.14:** Participação dos modos do setor de transportes nas emissões de CO<sub>2</sub> nos Estados Unidos – 2003 (a partir de DAVIS E DIEGEL, 2006)

Em 2004, na União Européia 93% das emissões de CO<sub>2</sub> do setor de transportes (801.102,92 Gg) foram devidas ao modo rodoviário (Figura 2.15).



**Figura 2.15:** Participação dos modos do setor de transportes nas emissões de CO<sub>2</sub> na União Européia - 2004 (a partir de EEA, 2006b)

No Brasil, em 1994, também se verificava a preponderante participação de 88% (83,3 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>) do modo rodoviário nas emissões de CO<sub>2</sub> do setor de transportes (Figura 2.16).



**Figura 2.16:** Participação dos modos do setor de transportes nas emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil - 1994 (a partir de MCT, 2002a)

Finalmente, a importância dos veículos leves (automóveis e veículos comerciais leves) no modo rodoviário pode ser avaliada pelo seu consumo energético que em 2000 correspondeu a 58% do consumo do modo rodoviário de todo o mundo (WBCSD, 2004b).

Em função desta grande participação do modo rodoviário nas emissões de CO<sub>2</sub> e do aumento das mesmas, surge a necessidade de políticas de mitigação de emissão de CO<sub>2</sub> específicas para o setor de transportes.

#### **2.4. ABORDAGEM METODOLÓGICA DE CORRELAÇÃO ENTRE EMISSÃO DE CO<sub>2</sub> E O SETOR DE TRANSPORTES (MODO RODOVIÁRIO)**

A real necessidade de políticas voltadas para a redução de emissão de CO<sub>2</sub> no setor de transportes é indiscutível, entretanto, algumas questões pertinentes ao setor acabam por dificultar a elaboração das mesmas e devem ser destacadas.

A primeira delas é o fato da atividade de transporte de um país ser fortemente correlacionada ao seu PIB (o que será comentado no item 2.4.1.). Dada esta questão, para se reduzir a emissão de CO<sub>2</sub> torna-se aparentemente necessária a redução da atividade de transporte. Desta forma, fica muito difícil desfazer a correlação entre transporte e PIB. Para que isto ocorra é necessária uma estrutura analítica de políticas que reconheça amplamente e integre a natureza do transporte, de demanda derivada. E que, com criatividade, procure caminhos para mudar esta estrutura, sem impedir o acesso direto aos bens demandados.

Em segundo lugar, as emissões de CO<sub>2</sub> não apresentam por si só uma consequência direta e imediata para os usuários dos sistemas de transporte. Ao contrário dos congestionamentos, ruídos, da falta de segurança ou da degradação da qualidade do ar local, que representam esta resposta imediata ao uso excessivo do sistema, as emissões de CO<sub>2</sub> não propiciam nenhum sinal claro de que estão sendo excessivas.

Em terceiro lugar e relacionada ao fato anterior está a questão do preço dos combustíveis apresentarem uma elasticidade baixa, particularmente no curto prazo, em relação à utilização de veículos. Isto significa dizer que alterações no preço dos combustíveis produzem respostas insignificantes no curto prazo para a utilização de veículos (KIRBY *et al.*, 2000). Esta questão torna-se mais evidente nos países desenvolvidos. No longo prazo a elasticidade pode aumentar devido a mudanças tecnológicas ou de estilo de vida.

Observa-se então que apesar da necessidade, existem algumas dificuldades para o delineamento de uma política de redução de emissão de CO<sub>2</sub> em transportes adequada à situação de cada país, sem que se restrinja o seu desenvolvimento. Para tal delineamento exige-se uma compreensão dos fatores que produzem a correlação entre o transporte e as emissões de CO<sub>2</sub>.

Tais fatores podem ser identificados e correlacionados com as emissões de CO<sub>2</sub> através da abordagem metodológica desenvolvida por SCHIPPER *et al.* (2000). Esta abordagem metodológica de correlação entre emissão de CO<sub>2</sub> e o setor de transportes é denominada Metodologia ASIF e correlaciona a emissão de CO<sub>2</sub> com quatro características inerentes a este setor: (A) a atividade de transportes; (S) a estrutura modal; (I) a intensidade energética; e (F) os combustíveis utilizados. A Metodologia ASIF é uma ferramenta analítica que além de permitir a apreciação de tendências para o setor de transportes, apresenta também uma estrutura para avaliação de políticas públicas. Desta forma, a Metodologia ASIF permite aos especialistas em políticas públicas preverem os diversos efeitos que podem ser produzidos através das políticas por eles recomendadas.

A Metodologia ASIF é formalizada matematicamente através da Equação 2.1 (SCHIPPER *et al.*, 2000).

$$G = A \times \sum S_i \times I_i \times F_{i,j} \quad (2.1)$$

Onde i.....modos do setor de transportes;

j.....combustíveis do setor de transportes;

G.....emissões de carbono do setor de transportes;

A.....atividade de transporte de passageiros e de carga (passageiro-km ou tonelada-km);

S<sub>i</sub>.....estrutura modal (percentual de participação do modo i);

I<sub>i</sub>.....intensidade energética do modo i;

F<sub>i,j</sub>.....somatório dos fatores de emissão de carbono (padrões do IPCC) de cada combustível j do modo i.

Cada um dos fatores da Metodologia ASIF abrange, em diferentes proporções, as questões fundamentais que interagem com o setor de transportes tais como a variação da

renda, a variação dos preços, a implantação de políticas públicas, o desenvolvimento de novas tecnologias dentre outras.

A fim de se quantificar a participação dos fatores que modelam as emissões de CO<sub>2</sub> no setor de transportes dos países da OCDE, a Agência Internacional de Energia utilizando como base a Metodologia ASIF, elaborou um relatório (LANDWEHR E MARIE-LILLIU, 2002) onde foram levadas em consideração: a atividade de transporte (A), a estrutura modal (S) e a intensidade energética (I). O conteúdo de carbono dos combustíveis (F) não foi considerado, uma vez que, a variedade de combustíveis vinha apresentando um impacto direto muito baixo nas emissões de carbono até então. Esta questão deve-se ao fato dos combustíveis disponíveis serem todos derivados de petróleo apresentando diferenças pequenas nos níveis de emissões.

A Figura 2.17 apresenta as projeções de crescimento anual do consumo energético para o período de 1997 a 2020, considerando-se o cenário BAU (*Business as Usual*), ou seja, sem adoção de novas políticas voltadas para o setor de transportes, no caso deste trabalho será considerado apenas o transporte de passageiros. Pelo fato de em 1997 a Europa e o Japão terem 97% do seu consumo energético baseados em combustíveis derivados de petróleo e a América do Norte 99%, pode-se considerar que o crescimento do consumo energético é equivalente às emissões de CO<sub>2</sub>.

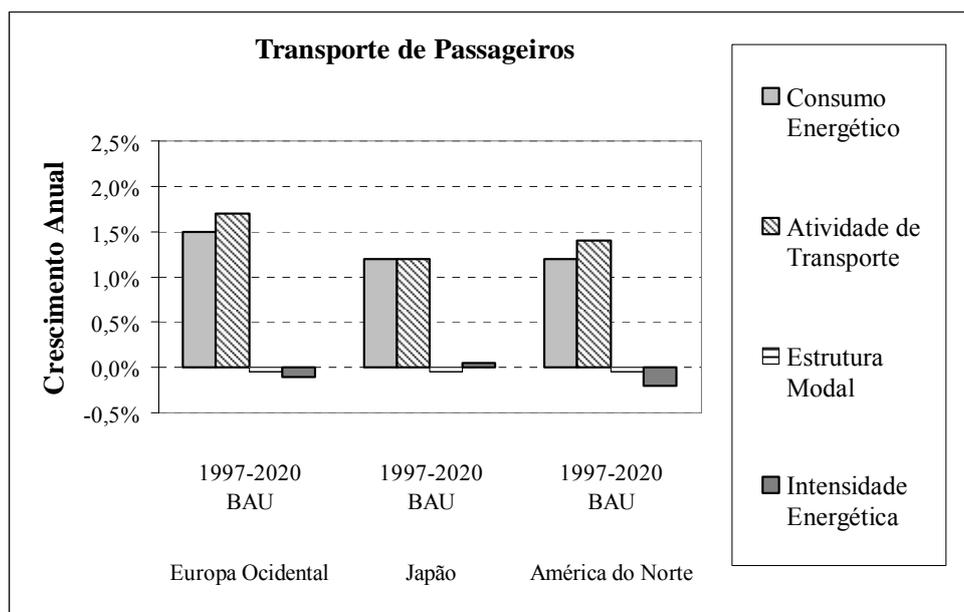


Figura 2.17: Projeções de crescimento anual do consumo energético de acordo com (a partir de LANDWEHR E MARIE-LILLIU (2002))

A seguir serão analisados separadamente os fatores que modelam as emissões de CO<sub>2</sub> no setor de transportes.

#### **2.4.1. A Atividade de Transporte (A)**

Com base na Figura 2.17 observa-se, que o aumento da atividade de transportes (A) é o principal responsável pelo aumento dos níveis de emissão de CO<sub>2</sub> do setor de transportes de passageiros em todo o mundo. Independente da forma como as pessoas se movimentam, ou o quanto eficientes são os veículos, a realidade é que o aumento na quantidade a ser transportada é o fator predominante no aumento das emissões de CO<sub>2</sub>.

A atividade de transporte de passageiros é medida em passageiro-km (pkm) e vem crescendo imensamente desde 1970. A situação varia de país para país, entretanto, todos apresentam um padrão de crescimento. Dentre os países desenvolvidos a Suécia apresentou o menor crescimento (35%) no período 1970-2000 e a Itália apresentou o maior (150%). Neste mesmo período, Estados Unidos, Canadá e Austrália apresentam os maiores níveis de atividade de transporte de passageiros atingindo no ano 2000 26.000 pkm per capita, 19.000 pkm per capita e 16.000 pkm per capita, respectivamente. Em 1973, a atividade de transporte de passageiros foi responsável por 38% do consumo final de petróleo de 11 países membros<sup>7</sup> da OCDE e, em 1998, por 53% deste consumo (IEA, 2004a)

O crescimento da atividade de transporte de passageiros per capita é similar ao crescimento do PIB per capita nas diferentes regiões da OCDE, com exceção da América do Norte, onde o nível de atividade de transportes de passageiros é muito elevado, fazendo com que se apresente um crescimento um pouco menor que o crescimento do PIB. Com base neste ponto de vista, o crescimento econômico e o crescimento populacional se mostram aspectos determinantes da atividade de transporte de passageiros (LANDWEHREMARIE-LILLIU, 2002).

---

<sup>7</sup> Estados Unidos, Canadá, Austrália, Itália, Dinamarca, França, Noruega, Reino Unido, Suécia, Holanda e Japão.

### **2.4.2. A Estrutura Modal (S)**

A estrutura modal apresenta-se como a segunda responsável pelo aumento das emissões no setor de transportes (Figura 2.17). Até então, observa-se a tendência de transferência de viagens para modos de maior intensidade energética, ou seja, modos que consomem mais energia e com isso emitem mais carbono por passageiro-km. Neste caso são as viagens de passageiros transferindo-se para o modo aéreo e rodoviário (automóveis e comerciais leves). No período de 1973 a 1998 nos Estados Unidos, a participação do modo aéreo no número de pkm passou de 8% para 13%, de 3% para 6% no Japão e de 1% para 2% na Europa. Neste mesmo período, no Japão, a participação do modo rodoviário no número de pkm passou de 36% para 55% e de 79% para 83% na Europa (IEA, 2004a).

A estrutura modal do transporte de passageiros é influenciada pelo PIB, pelo crescimento populacional, pelas condições de infra-estrutura e pela disponibilidade de transporte público. Quanto às projeções futuras para o cenário BAU do transporte de passageiros (Figura 2.17), espera-se a estabilização ou uma pequena redução da participação dos automóveis nos países da OCDE, uma vez que os mesmos já atingiram ou estão por atingir o grau de saturação de seus níveis de motorização (DARGAY E GATELY, 1999).

### **2.4.3. A Intensidade Energética (I)**

Reduções na intensidade energética, como as que têm ocorrido nos países da OCDE, vêm amortecendo o crescimento das emissões de CO<sub>2</sub>, causado pelo aumento da atividade de transportes e por outros fatores, mas, significativamente, não provocaram uma redução nas emissões totais como se pode observar na Figura 2.17.

O transporte rodoviário merece destaque em relação aos veículos leves, pode-se afirmar que a intensidade energética dos veículos novos melhorou de forma significativa no período entre a metade da década de 1970 e a metade da década de 1980, em todas as regiões da OCDE, de forma mais notável na América do Norte. Esta melhora foi devida ao surgimento de leis regulamentando a eficiência energética dos veículos. Contudo, o peso e a potência dos veículos novos aumentaram contrabalançando os ganhos obtidos

na intensidade energética (em MJ/veículo-km) através das inovações tecnológicas (NHTSA, 2006).

Com a intensidade energética dos veículos novos se mantendo constante nos níveis de 1990, os veículos novos da América do Norte e da Europa não se apresentam mais eficientes do que a frota média de veículos. Quanto às projeções futuras, espera-se que a eficiência energética dos veículos novos apresente uma melhora em função apenas de uma resposta ao aumento no preço dos combustíveis após 2010. O progresso tecnológico continuará a ser aproveitado em prol da melhora de performance do veículo em detrimento da eficiência energética do mesmo apesar das efetivas melhorias de eficiência energética alcançadas. Ao mesmo tempo, projeta-se um fator de carregamento em declínio e um aumento da motorização em todas as regiões (LANDWEHR E MARIE-LILLIU, 2002).

A intensidade energética em transportes, na década de 1990, foi o fator que mais sofreu ações e medidas voltadas para a sua redução (SCHIPPER *et al.*, 2000). Muitos governos pressionaram de forma direta os fabricantes de veículos de forma a estimular a produção de veículos mais eficientes. Alguns países também agiram de forma a aumentarem o fator de carga nos veículos de transporte público ou privado tanto para o transporte de passageiros quanto de carga.

#### **2.4.3. O Conteúdo de Carbono dos Combustíveis (F)**

A variedade de combustíveis tem apresentado um impacto direto muito baixo nas emissões de carbono até então, devido ao fato dos combustíveis disponíveis serem todos à base de derivados de petróleo apresentando diferenças pequenas nos níveis de emissões. A exceção do álcool etílico de cana-de-açúcar brasileiro, muito pouco sucesso vem sendo apresentado na busca de um substituto aos derivados de petróleo que seja economicamente competitivo e com baixo conteúdo de carbono. Algumas mudanças de combustíveis vêm ajudando a reduzir a poluição local mas com pouca economia de combustível e algumas vezes com aumento nas emissões brutas de carbono.

A variedade de combustíveis pode representar um importante papel no futuro, uma vez que veículos a base de combustíveis alternativos já estão sendo comercializados competitivamente nos países industrializados.

## **2.5. REDUÇÃO DE EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> EM TRANSPORTES – UM CO-BENEFÍCIO**

Ao se identificar e compreender os fatores que correlacionam as emissões de CO<sub>2</sub> e transportes, os tomadores de decisão e responsáveis pela elaboração de políticas estariam aptos a atuar diretamente no setor de forma a promover a mitigação destas emissões. Entretanto, pelo fato das emissões de CO<sub>2</sub> não apresentarem por si só uma consequência direta e imediata para os usuários dos sistemas de transporte e para a qualidade do ar, estas emissões acabam não representando o foco principal das políticas de transportes em diversos países. Contudo, a redução destas emissões é geralmente invocada para dar suporte ao foco principal das políticas apresentadas, e na maior parte das vezes, obtém-se, por fim, a redução destas emissões como um co-benefício.

Em geral, as motivações estratégicas (redução da dependência do petróleo); as motivações econômicas (desenvolvimento da indústria automotiva local e o desenvolvimento econômico); as motivações ambientais (a poluição atmosférica local, ruído, intrusão visual, a segurança); e as motivações sociais (melhoria da saúde da população) são as principais causas de elaboração de políticas de transportes. Políticas de redução de CO<sub>2</sub> apresentam sinergias em potencial com as demais políticas mas provavelmente permanecerão subordinadas às mesmas para um futuro próximo.

### ***2.5.1. As Motivações Estratégicas e Econômicas***

A Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency – IEA*) projeta para o período de 2000 a 2030, um aumento de 50% no uso de energia do setor de transportes nos países da OCDE, apesar das políticas recentemente implantadas para conter tal crescimento (IEA, 2002b). Espera-se ainda que a participação do petróleo no uso energético de transportes permaneça em torno de 97%, sendo o aumento no consumo de petróleo devido aos transportes o único responsável pelo aumento no consumo de petróleo na OCDE ao longo deste período. Nas três principais regiões da OCDE a dependência do petróleo importado está aumentando e projeta-se para 2030 uma dependência de petróleo importado de: 85% para a OCDE–Europa (atualmente com 50% de dependência); 50% para a OCDE–América do Norte (atualmente com 35% de dependência); e 95% para a OCDE–Pacífico (atualmente com 90% de dependência).

Além disto, projeta-se para 2030, também um aumento ainda mais rápido no consumo energético do setor de transportes nos países que não fazem parte da OCDE.

No curto prazo, a IEA projeta um crescimento de 17% no consumo de petróleo pelo setor de transportes dos países da OCDE no período de 2000 a 2010. Embora 2010 esteja muito próximo, considera-se possível obter-se uma redução no consumo de petróleo e por consequência nas emissões de CO<sub>2</sub> até esta data. Além disto, algumas ações tais como as mudanças nos veículos novos implantadas neste período, podem ter seus benefícios expandidos para além de 2010, na medida em que a frota for se renovando. Estas mudanças (melhoria da aerodinâmica dos veículos; utilização de materiais mais leves; lubrificantes avançados; pneus menos resistentes ao rolamento) podem alcançar reduções imediatas no consumo energético podendo chegar a reduções de 20-30% na intensidade energética dos veículos leves do setor de transportes em 2010, superando assim o crescimento de consumo projetado (IEA, 2003).

Quanto à situação brasileira tem-se que nas últimas três décadas, as modificações conjunturais e estruturais ocorridas no cenário internacional promoveram relevantes alterações nos critérios de planejamento energético e de aproveitamento de recursos energéticos no Brasil que acabaram por influenciar direta e significativamente o setor de transportes. A segunda crise do petróleo, ocorrida em 1979, gerou uma série de políticas públicas visando à redução do consumo de combustíveis oriundos dessa fonte e dos custos correspondentes à sua importação, à época, responsáveis por quase 50% das importações totais do País (MME, 2005). Em consequência destas iniciativas alcançou-se uma diminuição significativa do grau de dependência do petróleo de cerca de 85% em 1979 para 7,8% em 2004, alcançando em 2006 a auto-suficiência na produção de petróleo cru. Além disso, ocorreu uma alteração na Matriz Energética Nacional onde, em 1979, o petróleo e derivados tinham participação de 50% e os derivados da cana-de-açúcar de 7% passando em 2005 para participações de 38% e 14% respectivamente (MME, 2005).

Além disto, o processo de planejamento energético do país passou a tratar a eficiência energética como um parâmetro do cenário que define o mercado de energia, com isto, a eficiência energética passou a ser considerada na elaboração de projeções da Matriz

Energética Nacional que é a base para a formulação de políticas energéticas e que por sua vez influenciam diretamente o setor de transportes.

A Eficiência Energética, como variável de planejamento, é utilizada de duas formas. Primeiro, sendo considerada fator atenuador de crescimento da demanda e segundo, sendo considerada uma alternativa efetiva de investimento de oferta energética (através de projeto de substituição de equipamentos e/ou processos; projeto de substituição de fontes energéticas; e simulação de modelos de planejamento como uma fonte virtual de energia). Com isto, obtém-se: a redução de custos e aumento de competitividade para consumidores, produtores e distribuidores; o aumento da eficiência econômica através da redução da intensidade energética; e a melhoria da balança comercial através da redução da importação.

### ***2.5.2. As Motivações Ambientais e Sociais***

Os impactos produzidos pelos poluentes oriundos do setor de transporte afetam também o meio-ambiente em nível local. Os impactos locais são aqueles percebidos pela comunidade do local onde as emissões foram produzidas, como por exemplo, a degradação da qualidade do ar nos grandes centros urbanos que prejudica a saúde dos seres humanos e dos animais e ainda causa danos à vegetação e aos materiais.

O nível de poluição do ar é medido pela quantificação das substâncias poluentes presentes neste ar. Considera-se poluente qualquer substância presente no ar e que pela sua concentração possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade. A interação entre as fontes de poluição e a atmosfera vai definir o nível de qualidade do ar, que determina por sua vez o surgimento de efeitos adversos da poluição do ar sobre os receptores.

#### Efeitos adversos menos diretos para a comunidade local

Em regiões urbanas com alta poluição atmosférica é comum se verificar alterações das propriedades da atmosfera como: a redução da visibilidade; a formação de névoa e precipitação; a redução da intensidade de radiação solar e a alteração da distribuição das temperaturas e do vento.

### Efeitos adversos mais diretos para a comunidade local

O efeito direto da poluição atmosférica na comunidade local é o impacto que a mesma causa na saúde humana e que depende da intensidade e da duração da exposição do indivíduo ao poluente, bem como do seu estado de saúde. Alguns grupos da população, como as crianças, os idosos e os que já sofrem com problemas respiratórios, estão mais expostos aos riscos dos poluentes.

Em função do exposto anteriormente, muitas políticas de transportes vêm sendo direcionadas de forma a garantir que as emissões de poluentes relacionados ao transporte não constituam um problema de saúde significativo para a população. Para que isto ocorra é preciso que sejam identificados os veículos mais poluentes e que os mesmos tenham seus sistemas de emissões consertados ou o veículo removido de operação. De acordo com o Banco Mundial (FAIZ *et al.*, 1996) a identificação de veículos com problemas de manutenção, seguida pelo adequado reparo através de um Programa de Inspeção e Manutenção pode levar a uma redução de 30% a 50% nas emissões médias e de 3,5% a 19% no consumo de combustível.

Além disto, políticas voltadas para a redução dos ruídos dos veículos e dos congestionamentos acabam por contribuir também com a redução da poluição local. Uma vez que as ações voltadas para a redução da poluição local acabam por gerar uma economia no consumo de combustível ou uma substituição dos combustíveis fósseis por combustíveis renováveis, obtém-se por fim uma redução nas emissões do CO<sub>2</sub> como co-benefício.

Finalmente, mesmo com as reduções obtidas como co-benefício é preciso que os tomadores de decisão tracem estratégias específicas para a redução das emissões de CO<sub>2</sub>. É necessário tratá-las, também, de forma direta e o mais cedo possível.

## **CAPÍTULO 3. ESTRATÉGIAS PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO – VEÍCULOS LEVES**

Uma série de estratégias objetivando a redução de emissões de CO<sub>2</sub> devidas ao transporte rodoviário é apontada e discutida pela literatura. Este capítulo ao identificar e analisar as principais delas acaba por constatar o valor da combinação das mesmas para se alcançar a redução das emissões de CO<sub>2</sub> no transporte rodoviário por veículos leves.

### **3.1. OPÇÕES DE ESTRATÉGIAS PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO – VISÃO GERAL**

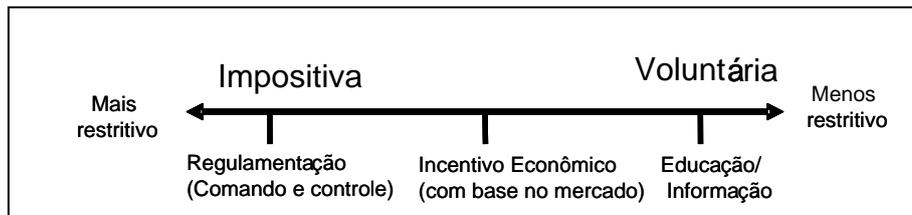
Uma vez constatada a relevância do modo rodoviário nas emissões de CO<sub>2</sub> bem como os seus principais fatores de influência (fatores de correlação apresentados através da Metodologia ASIF), apresenta-se uma síntese de estratégias voltadas para a redução das emissões de CO<sub>2</sub> deste modo. Optou-se por definir estas estratégias de acordo com seus objetivos primários de atuar frente a cada um dos fatores de correlação da Metodologia ASIF. São três as estratégias apresentadas neste trabalho:

- Estratégia para redução da atividade de transporte e mudanças na estrutura modal;
- Estratégia para o aumento da eficiência energética (redução da intensidade energética);
- Estratégia para redução do conteúdo de carbono dos combustíveis.

Visando examinar de forma consistente as estratégias apresentadas, as medidas de atuação utilizadas para alcançar o objetivo destas estratégias serão expostas sinteticamente com base em quatro atributos:

- Método de implantação;
- Tempo de impacto;
- Nível de implantação;
- Fatores de efetividade.

Quanto ao método de implantação, as medidas de atuação variam em relação à severidade das mesmas de acordo com a Figura 3.1. As medidas apresentadas variam desde as mais restritivas e impositivas, a serem implementadas através de regulamentação, até as menos restritivas e voluntárias a serem implantadas através de educação e informação da população.



**Figura 3.1:** Métodos de implantação das estratégias para a redução das emissões de CO<sub>2</sub> do modo rodoviário

Em relação ao tempo de impacto, algumas medidas têm a capacidade de produzir impacto imediato enquanto outras podem levar décadas para produzir impacto. Quanto ao nível de implantação uma medida pode ser implantada a nível nacional, estadual ou local. Já os fatores de efetividade, como a própria definição já indica, são aqueles que irão determinar a efetividade da medida.

A Tabela 3.1. apresenta um panorama das estratégias analisadas neste estudo através da síntese de suas medidas, seus métodos de implantação, tempo de impacto e nível de implantação.

**Tabela 3.1.** Resumo das estratégias para redução das emissões de CO<sub>2</sub>.

| ESTRATÉGIAS e Medidas   |   | Método de implantação                            | Tempo de impacto    | Nível de implantação           |
|---|---|--|---------------------|--------------------------------|
| <b>A) ESTRATÉGIA PARA REDUÇÃO DA ATIVIDADE DE TRANSPORTE E MUDANÇAS NA ESTRUTURA MODAL</b>          |   |  |                     |                                |
| A.1) Medidas de Taxação de Viagens  | A.1.1) Taxa de congestionamento   | Incentivo econômico                              | Curto prazo         | Estadual e local               |
|   | A.1.2) Taxa para distância viajada  |  |                     | Desconhecido                   |
|   | A.1.3) Taxa de combustível  |  |                     | Nos três níveis                |
| A.2) Medidas de Gerenciamento de Estacionamentos  | A.2.1) Estacionamento com cobrança  | Incentivo econômico                              | Curto prazo         | Local                          |
|   | A.2.2) Oferta limitada de estacionamento                                    | Regulamentação ou incentivo                      | Longo prazo         | Local                          |
| A.3) Medidas de Planejamento do Uso do Solo   | A.3.1) Aumento da densidade e mistura de usos                               | Regulamentação ou incentivo                      | Longo prazo         | Local                          |
|   | A.3.2) Melhoria do ambiente do pedestre e do ciclista                       | Regulamentação e Investimento em infra-estrutura | Médio prazo         | Local                          |
| A.4) Medidas de Investimento Financeiro   | A.4.1) Transporte público   | Investimento em infra-estrutura                  | Médio prazo         | Nos três níveis                |
|   | A.4.2) Faixas para veículos com alta ocupação                               |  |                     | Estadual e local               |
|   | A.4.3) Ciclovias  |  | Curto prazo         | Local                          |
|   | A.4.4) Integração entre transporte público e estacionamentos                |  |                     | Estadual e local               |
| A.5) Outras Medidas   | A.5.1) Trabalho à distância   | Educação e informação                            | Curto prazo         | Local                          |
|   | A.5.2) Semanas de trabalho reduzidas  |  |                     | Depende do empregador          |
|   | A.5.3) Restrição voluntária do uso do veículo                               |  |                     |                                |
| <b>B) ESTRATÉGIA DE AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b>  |   |  |                     |                                |
| B.1) Medidas de Melhoria das Operações de Tráfego   | B.1.1.) Melhoria na sinalização das vias e tecnologia de informação         | Investimento em infra-estrutura                  | Curto prazo         | Estadual e local               |
|   | B.1.2.) Limitação da velocidade   | Regulamentação                                   |                     | Federal, estadual              |
|   | B.1.3) Educação dos motoristas  | Educação e informação                            |                     | Nos três níveis                |
| B.2) Medidas de Avanço Tecnológico dos Veículos   | B.2.1.) Padrões de eficiência energética                                    | Regulamentação                                   | Médio prazo         | Federal                        |
|   | B.2.2.) Pesquisa e desenvolvimento para eficiência energética               | Incentivo aos fabricantes                        | Longo prazo         | Federal e setor privado        |
| B.3) Medidas de Mudança no Padrão de Compra, de Manutenção e de Retirada de Circulação dos Veículos | B.3.1.) Informação a respeito da eficiência energética                      | Educação e informação                            | Médio prazo         | Federal e setor privado        |
|   | B.3.2.) Taxas ou incentivos fiscais com base na eficiência energética       | Incentivo econômico                              |                     | Desconhecido                   |
|   | B.3.3.) Taxa de licenciamento com base nas emissões                         |  |                     | Estadual                       |
|   | B.3.4.) Programa de retirada de circulação dos veículos                     |  | Curto prazo         | Estadual local e setor privado |
|   | B.3.5.) Programa de Inspeção e Manutenção                                   | Regulamentação                                   | Curto prazo         | Local                          |
| <b>C) ESTRATÉGIA PARA REDUÇÃO DO CONTEÚDO DE CARBONO DOS COMBUSTÍVEIS.</b>                          |   |  |                     |                                |
| C.1) Medidas para combustíveis  | C.1.1) Obrigatoriedade de Veículos a Combustíveis Alternativos              | Regulamentação                                   | Médio prazo         | Nos três níveis                |
|   | C.1.2) Pesquisa e Desenvolvimento para Combustíveis e Veículos Alternativos | Incentivo aos fabricantes                        | Longo prazo         | Federal e setor privado        |
|   | C.1.3.) Taxas diferenciadas por combustíveis                                | Incentivo econômico                              | Longo e curto prazo | Federal e estadual             |

Fonte: a partir de (US-DOT, 1998)

### ***3.1.1 (A) Estratégia para Redução da Atividade de Transporte e Mudanças na Estrutura Modal***

O crescimento da atividade de transportes está diretamente relacionado com o crescimento da renda, como pôde ser constatado anteriormente no Capítulo 2. Se o aumento na renda produz um aumento da atividade de transportes, então restringi-la para se alcançar uma redução de emissão não é conveniente para muitas sociedades.

Entretanto, é importante ressaltar que a atividade de transporte é uma demanda derivada, ou seja, pessoas e bens se movem ou são movidos não visando à movimentação em si mesma, mas para terem acesso a serviços, bens, mercados, locais de atividades e pessoas. A demanda direta na verdade é por estes componentes de atividades econômicas e sociais. Desta forma, quanto maior for o crescimento da população e o crescimento econômico, mais pessoas terão necessidade de transportes e mais bens estarão sendo transportados, tornando mais intensa a atividade de transportes.

Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA, 2002b), o crescimento econômico e o crescimento populacional médios anuais para o período de 1971 a 2000, a nível mundial, foram de 3,3% e 1,7%, respectivamente, e estima-se para o período de 2000 a 2030 uma desaceleração nestes crescimentos com médias anuais de 3,0% e 1,0% respectivamente. Contudo, estima-se para os países em desenvolvimento taxas de crescimento maiores: 4,1% de crescimento econômico médio anual e 1,3% de crescimento populacional médio anual. Tal fato indica a necessidade de cuidado com os países em desenvolvimento.

A primeira ordem da demanda derivada, é a necessidade de acesso a atividades econômicas e sociais. Geralmente, acesso implica em transporte, mas não necessariamente. Transporte ou mobilidade é apenas um meio de se obter acesso; dentre outros meios tem-se a proximidade e a telecomunicação. A mobilidade propriamente dita é uma demanda derivada de segunda ordem, ou seja, deriva imediatamente da demanda por acesso, que por sua vez deriva da demanda por participação econômica e social. Conseqüentemente, dizer que a atividade de transporte tem aumentado é na verdade dizer que a demanda por atividades econômicas e sociais tem crescido ou que

os meios de acesso a estas atividades têm sofrido uma transição de modo a proporcionar uma maior mobilidade ou ambos os aspectos.

O primeiro aspecto do aumento da atividade de transporte está relacionado diretamente ao aumento do bem demandado (aumento da demanda direta) e o segundo aspecto à mudança estrutural a fim de se aumentar a acessibilidade (aumento da demanda derivada). Esta distinção é importante pois caso esteja definido que o motivador econômico que realmente move a economia é a melhoria do acesso aos bens, serviços, locais de atividades, mercados e pessoas, então é possível que se direcionem políticas para a estrutura desta acessibilidade sem se produzir um impacto negativo na economia. Desta forma pode ser possível restringir-se a mobilidade e a atividade de transporte sem impactos negativos na economia. A questão está em como influenciar estrategicamente essa estrutura e não considerar que a correlação entre atividade de transporte e renda seja completamente inflexível.

A estratégia para redução da atividade de transporte e mudanças na estrutura modal se propõe a reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> através da eliminação de viagens em veículos particulares; da redução da distância viajada em veículos particulares; e/ou da troca de viagens em veículos particulares por viagens em modos alternativos que consomem menos energia. Um impacto secundário destas estratégias é a redução dos congestionamentos que acaba por reduzir o consumo de combustível dos veículos particulares que permanecem viajando, reduzindo com isto as emissões de CO<sub>2</sub>. A maior parte destas estratégias está sob a classificação de “Gerenciamento da Demanda por Transportes” (*Transportation Demand Management – TDM*).

#### A.1) Taxação de Viagens

Toda viagem em veículo motorizado particular apresenta um custo monetário além de um custo associado ao tempo necessário para a sua realização. Uma vez diante de modos de transporte alternativos ou rotas alternativas, o indivíduo toma sua decisão de viagem baseando-se nos custos em que se incorre toda vez que uma viagem é realizada. A demanda por viagens particulares motorizadas é inversamente relacionada à percepção do custo variável da viagem por parte do usuário – uma vez que os custos aumentam, a demanda por viagens particulares motorizadas diminui. Esta correlação inversa entre demanda por viagens particulares motorizadas e custos de viagens serve de

justificativa para medidas de taxaço de viagens a fim de se reduzir este tipo de viagem (US-DOT, 1998).

A efetividade de medidas voltadas para o aumento do custo de viagens motorizadas depende da resposta da demanda por viagens ao preço destas viagens. Esta resposta   estimada pela elasticidade dos veículos-quil metros viajados (veiculo.km) em rela o ao seu custo variável percebido pelo usuário. Teorias econômicas sugerem que a incorpora o de todo o custo social ao custo da viagem resulta em um nível de viagem mais eficiente. Se o custo variável de viagem não reproduz todo o custo marginal da viagem então os indivíduos irão gerar um número de viagens acima do nível eficiente. Desta forma, externalidades, como polui o, que geram custos para a sociedade, teriam seus custos repassados para o custo da viagem fazendo que os mesmos fossem percebidos pelos indivíduos ao tomarem uma decisão de viagem (US-DOT, 1998).

Dentre as medidas de taxaço de viagens tem-se:

- A.1.1) Pedágio/ taxa de congestionamento;
- A.1.2) Taxa em fun o da distância viajada;
- A.1.3) Taxa de combustível.

Quanto aos fatores de efetividade da taxaço de viagens como medida para a redu o das emissões de CO<sub>2</sub> relaciona-se:

- O valor a ser cobrado pela taxa;
- A extensão da taxa;
- O atual custo por km rodado;
- A resposta dos usuários ao custo da viagem (medida pela elasticidade de preço).

Diversos estudos têm investigado a sensibilidade da viagem motorizada particular em rela o   taxaço de viagens. Um destes estudos (TCRP, 2003) aponta que um aumento de 10% nas taxas de pedágio reduz o uso do veículo particular de 1% a 4%. Um outro estudo (APOGEE, 1994) estima que taxas de congestionamento podem reduzir em até 5,7% o número de veículos.km viajados e em até 4,2% o número de viagens em veículos particulares. HARVEY E DEAKIN (1997), em seu estudo de impacto da taxa de congestionamento na Califórnia, para 2010, apontam que uma taxa de 19 centavos de

dólar por milha viajada em Los Angeles, em condições de tráfego congestionado, poderiam reduzir em 3,3% o número de veículos.km viajados, em 3,1% o número de viagens em veículos particulares e em 9,6% o consumo de combustível.

Vários exemplos bem sucedidos de aplicação de medidas de taxação de viagens podem ser apontados. Um deles é a aplicação da taxa de congestionamento em Londres, capital da Inglaterra, que teve início em fevereiro de 2003. A taxa consiste no valor de £5 por dia para os veículos particulares circularem na área central de Londres durante os dias de semana. Um sistema automático identifica em tempo real os veículos que entram na zona central e verifica se o mesmo já está com a taxa devidamente paga. Segundo RICHARDS (2005), apesar de ser uma estratégia controversa, a taxação em Londres foi implementada sem grandes problemas, tendo reduzido substancialmente o problema de congestionamento, aumentando a velocidade do tráfego, aumentando as viagens por ônibus e reduzindo o consumo de combustível e a poluição atmosférica.

Um outro exemplo é o pedágio implantado em 1991, em Trondheim, terceiro maior centro urbano da Noruega com 140.000 habitantes. O pedágio cobre a área do centro da cidade com 12 praças de pedágio. Cada cabine do pedágio opera com um sistema de cobrança eletrônico utilizado por 80% dos veículos que entram no centro da cidade. Os outros 20% utilizam máquinas para pagamentos com moedas ou cartões magnéticos. A taxa varia de US\$ 0,60 a US\$ 1,56, com uma taxa de pico de 6:00h da manhã as 10:00h da manhã. Como resultado deste pedágio obteve-se uma redução de 10% no tráfego do centro da cidade nas horas de pico e um aumento de 7% nas viagens por ônibus durante os dias de semana (VTPI, 2006a).

Quanto à taxa em função da distância viajada HARVEY E DEAKIN (1997) estimaram, para Los Angeles em 2010, uma redução de 4,1% nas viagens motorizadas particulares devido à cobrança de uma taxa de US\$ 0,02<sup>8</sup> por milha viajada. Um outro estudo (LITMAN, 2003) também aponta estimativas de redução de distância viajada de acordo com diferentes formas de cobrança de taxas em função da distância viajada conforme apresentado na Tabela 3.2.

---

<sup>8</sup> Dólar de 1991.

**Tabela 3.2:** Estimativas de redução de viagens

| Taxas em função da distância viajada | Taxa por milha | Redução na milhagem |
|--------------------------------------|----------------|---------------------|
| Seguro                               | US\$ 0,06      | 9,7%                |
| Registro e licenciamento             | US\$ 0,015     | 2,7%                |
| Compra                               | US\$ 0,01      | 1,8%                |
| Taxa de Leasing                      | US\$ 0,05      | 8,2%                |
| Taxa em função da distância          | US\$ 0,035     | 5,9%                |
| Taxa de emissões                     | US\$ 0,015     | 2,7%                |

Fonte: (LITMAN, 2003)

Em relação à taxa de combustível, estudos da década passada (Tabela 3.3) observaram que o aumento do preço dos combustíveis em função de uma taxa adicionada ao mesmo produziu uma redução no consumo de combustíveis maior do que em relação à redução no número de viagens por veículos particulares, o que levou à conclusão que a taxação de combustíveis acarretaria, a longo prazo, na maior parte das vezes, em se utilizar veículos mais eficientes e em menor parte, em se reduzir o número de viagens. Entretanto, este comportamento não pode ser confirmado para os dias de hoje em função da uma mudança muito grande no perfil da frota de veículos leves e da falta de estudos recentes, o que será comentado mais adiante no item 3.3.2.

**Tabela 3.3:** Impactos das taxas de combustível

| Estudo                   | Aumento no preço do combustível | Redução no consumo de combustível de médio a longo prazo (de 5 a 10 anos) |
|--------------------------|---------------------------------|---|
| (GOODWIN, 1992)          | 1%                              | 0,7%  |
| (DECICCO E GORDON, 1993) | 1%                              | 0,3% - 0,5%   |
| (BAILLY, 1999)           | 1%                              | 0,6%  |

Fonte: Elaboração Própria

#### A.2) Gerenciamento de Estacionamentos

O estacionamento é um componente essencial da viagem particular motorizada. Para se utilizar um veículo particular é preciso encontrar um espaço disponível para estacioná-lo e estar disposto a pagar o preço cobrado por este espaço. Medidas de gerenciamento de estacionamentos visam reduzir as viagens particulares motorizadas através do aumento dos custos do usuário, associados ao estacionamento: custo monetário; tempo de viagem; e conveniência. O gerenciamento de estacionamentos envolve tanto o preço do estacionamento quanto a limitação da oferta de vagas de modo a forçar o usuário a

procurar uma vaga por mais tempo ou a estacionar em um ponto mais distante do seu destino final. Envolve também tratamento preferencial para veículos com alta ocupação.

Dentre as medidas de gerenciamento de estacionamentos tem-se:

- A.2.1) Estacionamento com cobrança;
- A.2.2) Oferta limitada de estacionamento.

Quanto aos fatores de efetividade do gerenciamento de estacionamentos como medida para a redução das emissões de CO<sub>2</sub> relaciona-se:

- O valor a ser cobrado;
- A resposta dos usuários ao custo;
- A extensão da cobrança.

A cobrança de estacionamento produz um impacto significativo nas viagens por veículos particulares. Mesmo pequenas cobranças podem afetar os padrões de viagens. De acordo com VACA E KUZMYAK (2005) um aumento de 10% nas tarifas de estacionamento reduz de 1% a 3% o número de viagens por automóveis particulares, dependendo das características das viagens. HESS (2001) aponta em seu estudo que a mudança da gratuidade para uma tarifa que reflita os custos totais referentes ao parque de estacionamento, tipicamente reduz as viagens casa-trabalho-casa entre 10% e 30%, particularmente se a tarifa for implementada em conjunto com outras estratégias de gerenciamento da demanda.

Dois exemplos de sucesso de gerenciamento de estacionamento são os programas desenvolvidos nas cidades de Viena, capital da Áustria e em Berna, capital da Suíça . O programa de gerenciamento de estacionamentos de Viena foi iniciado em 1991, levou 8 anos para ser totalmente implantado e conseguiu mudar os padrões de comportamento dos usuários de automóveis. Após a introdução do programa, 25% dos usuários de automóveis passaram a utilizar transporte público (HERRY E SCHUSTER, 2000).

O programa de gerenciamento de estacionamentos de Berna teve início no fim da década de 80 e foi totalmente implementado até 1995. As zonas azuis (*Blue Zones*), zonas de estacionamento em áreas residenciais, foram responsáveis pela redução, nestas

áreas, do volume de tráfego em 15% e do número de veículos em 13% (NEUENSCHWANDER *et al.*, 2001).

### A.3) Planejamento do Uso do Solo

O objetivo do planejamento do uso do solo como parte da estratégia para redução das emissões de CO<sub>2</sub> é orientar os padrões de desenvolvimento de modo a estimular a redução de viagens veiculares e a redução de consumo de combustível. As medidas de planejamento do uso do solo podem ser examinadas tanto a nível local, quanto a nível regional.

Os padrões de desenvolvimento das localidades podem adquirir diferentes formas. A formatação física de uma localidade pode incluir uma mistura de usos do solo ou uma separação dos mesmos. Com isto, uma comunidade pode estar em um ambiente que leve a viagens em transporte público, de bicicleta ou a pé ou em um ambiente que induza viagens particulares motorizadas.

Dentre as ações de planejamento do uso do solo a nível local e que pretendem um padrão de desenvolvimento orientado para o pedestre, tem-se:

- Aumento da densidade local e mistura de diferentes usos do solo;
- Orientação do desenvolvimento com maior densidade em torno de centros comerciais e linhas de transporte público;
- Melhoria do ambiente do pedestre e do ciclista através da implantação de ciclovias e calçadas, bem como medidas de moderação de tráfego.

Os padrões de desenvolvimento regional também podem adquirir diversas formas, podendo o desenvolvimento regional ser concentrado ou descentralizado, apresentando poucos mas grandes centros de empregos, ou múltiplos e pequenos centros de atividades. A região pode ser orientada através de corredores de tráfego ou dispersa por uma vasta área. Uma vez que a maior parte dos indivíduos não costuma trabalhar na sua própria vizinhança o nível das viagens particulares motorizadas é afetado pela dispersão regional dos empregos e das residências.

As medidas de planejamento do uso do solo a nível regional que podem levar a uma redução no consumo de combustível são:

- Aumento da densidade das áreas metropolitanas;
- Promoção do desenvolvimento regional no entorno das linhas de transporte público;
- Promoção nas sub-regiões do equilíbrio entre postos de empregos e residências.

Uma vez que se torna difícil isolar o efeito das ações de planejamento do uso do solo pelo fato delas serem aplicadas de modo combinado, apresentando efeitos devido à sinergia entre elas, as mesmas são agrupadas em dois tipos de medidas:

- A.3.1) Aumento da densidade e mistura de usos;
- A.3.2) Melhoria do ambiente do pedestre e do ciclista;

Em relação aos fatores de efetividade das medidas de planejamento do uso do solo tem-se:

- Crescimento populacional;
- Efetividade na alteração dos padrões de desenvolvimento;
- Distâncias viajadas.

Estudos recentes apontam que áreas que apresentam aumento de densidade, mistura de usos e alta conectividade tendem a apresentar um nível mais baixo de motorização, um menor uso de automóveis e uma maior utilização de modos alternativos de transporte. ALLEN E BENFIELD (2003) constataram que uma zona suburbana na cidade de Nashville no estado norte-americano do Tennessee, com características de uma nova urbanização (com densidade, mistura de usos e conectividade ligeiramente maiores que a média) apresentava um número de veículos.km viajados per capita 25% menor que o de uma outra zona vizinha comparável. De forma similar, KHATTAK E RODRIGUEZ (2005) comprovaram que os moradores de uma zona com características de uma nova urbanização na Carolina do Norte (Estados Unidos) geravam 22,1% menos viagens por automóveis e três vezes mais viagens a pé que os residentes de uma outra zona comparável.

EWING E CERVERO (2002) calcularam a elasticidade per capita do número de viagens por automóveis e do número de veículos.milha viajados em relação a diferentes fatores de uso do solo e verificaram que: ao se dobrar a densidade de uma zona reduz-se

em 5% tanto as viagens por automóveis per capita quanto o número de veículos.milha viajados per capita; ao se dobrar a mistura de usos do solo (empregos e residências numa mesma zona) reduz-se em 3% as viagens por automóveis per capita e em 5% o número de veículos.milha viajados per capita; e ao se dobrar o calçamento melhorando o ambiente do pedestre reduz-se em 5% as viagens por automóveis per capita e em 3% o número de veículos.milha viajados per capita.

Localidades que promovem a melhoria do ambiente para pedestres e ciclistas experimentam reduções significativas nas viagens por automóveis. CERVERO E RADISCH (1995) constataram que em uma zona onde foi promovido um ambiente favorável aos pedestres e ciclistas, os residentes realizavam a pé, por bicicleta ou por transporte coletivo rodoviário 49% de suas viagens para o trabalho e 15% de suas viagens que não para o trabalho, 18 e 11 pontos percentuais a mais que os residentes de uma zona comparável, orientada para o automóvel. Numa outra pesquisa realizada nos Estados Unidos (MORRIS, 2004) observou-se que pessoas que residem a meia milha (0,80 km) de distância de uma ciclovía realiza três vezes mais viagens para o trabalho por bicicleta do que a média de todos os pesquisados no país.

Diversas cidades européias que proporcionaram a melhoria do ambiente do pedestre e do ciclista apresentam menores percentuais de transporte por automóvel que por outros meios, chegando este percentual a ser menor que o percentual de transporte não motorizado conforme se observa na Tabela 3.4.

**Tabela 3.4:** Partição modal em cidades européias

| Cidade                 | Bicicleta e a pé | Transporte público | Automóvel | Habitantes |
|------------------------|------------------|--------------------|-----------|------------|
| Amsterdã (Holanda)     | 47%              | 16%                | 34%       | 718.000    |
| Groningen (Holanda)    | 58%              | 6%                 | 36%       | 170.000    |
| Delf (Holanda)         | 49%              | 7%                 | 40%       | 93.000     |
| Copenhagen (Dinamarca) | 47%              | 20%                | 33%       | 562.000    |
| Barcelona (Espanha)    | 32%              | 39%                | 29%       | 1.643.000  |
| L'Hospitalet (Espanha) | 35%              | 36%                | 28%       | 273.000    |
| Mataro (Espanha)       | 48%              | 8%                 | 43%       | 102.000    |
| Vitoria(Espanha)       | 66%              | 16%                | 17%       | 215.000    |

Fonte: (ADONIS, 1998)

#### A.4) Investimentos Financeiros

Ações voltadas para a promoção ou melhoria dos modos de transporte alternativos ao transporte individual motorizado podem reduzir a dependência do automóvel encorajando o uso destes transportes alternativos tais como: transporte coletivo, bicicleta, e compartilhamento do veículo. Melhorias no tempo de viagem, na confiabilidade, na frequência dos serviços e no conforto reduziriam o custo relativo destes modos em comparação com a viagem motorizada individual. Para que estas melhorias sejam alcançadas são necessários investimentos financeiros em:

- A.4.1) Transporte público;
- A.4.2.) Faixas para veículos com alta ocupação;
- A.4.3.) Ciclovias;
- A.4.4) Integração entre transporte público e estacionamentos.

Os fatores de efetividade dos investimentos financeiros abrangem:

- A melhoria no nível de serviço alcançada no transporte público;
- A extensão das ciclovias implantadas;
- A melhoria no tráfego;
- O número de integrações entre estacionamentos e estações de transporte público;
- O número de faixas para veículos com alta ocupação.

O impacto do investimento financeiro para a melhoria do transporte público depende do tipo e das condições do serviço implantado. O aumento do nível de serviço e do conforto do transporte público, e a redução das tarifas tendem a aumentar o número de usuários deste tipo de transporte. Um aumento de 1% no nível de serviço de um determinado transporte público (medido pela quilometragem do veículo ou pelas horas de operação) aumenta em 0,5% o seu número de usuários (PRATT, 2000).

Um exemplo de sucesso de investimento em transporte público ocorre na cidade de Boulder no estado do Colorado, EUA. Em 1989 teve início a implantação, em Boulder, de um serviço municipal de transporte público por pequenos ônibus com alta frequência e tarifa baixa, que atualmente conta com seis linhas. Em 1990, o transporte público em Boulder contava com 5.000 usuários por dia, e em 2002, após a consolidação no novo sistema o número de usuários passou para 26.000 por dia, o que promoveu uma

significativa melhoria no trânsito da cidade em função da redução do uso do automóvel (VTPI, 2005).

As faixas para veículos com alta ocupação acarretam uma melhoria do tráfego em função da redução do número de automóveis em circulação. Estudos (CORPORATION, 1993, PRATT, 2000) apontam que faixas para veículos com alta ocupação podem reduzir o número de viagens em uma rodovia em particular de 4% a 30%.

#### A.5) Outras Medidas para Redução de Viagens

Outras medidas para se obter a redução da demanda por viagens individuais motorizadas abrangem tipicamente medidas voluntárias adotadas pelos indivíduos, pelos empregadores ou pelas comunidades. Algumas destas medidas têm como foco as viagens casa-trabalho e envolvem a relação empregado-empregador:

- A.5.1) Trabalho à distância;
- A.5.2) Semana de trabalho reduzida;
- A.5.3) Restrição voluntária do uso do veículo.

O trabalho à distância acarreta a não realização parcial ou completa das viagens casa-trabalho, uma vez que o empregado, por meio de serviços de telecomunicação, pode montar uma estação de trabalho em sua própria casa ou em outro local mais próximo de casa.

A semana de trabalho reduzida também é uma medida que propicia a redução das viagens casa-trabalho uma vez que, num programa típico de redução da semana, trabalha-se 10 horas por dia, 4 vezes na semana, ao invés de 8 horas por dia, cinco vezes por semana.

A restrição voluntária do uso do veículo é uma medida que encoraja os motoristas a não realizarem viagens motorizadas individuais em determinados dias da semana, de acordo com a placa do veículo, ou em função da baixa qualidade do ar naquele dia. Encoraja-se o motorista a utilizar transporte público ou a compartilhar do veículo de outras pessoas.

A questão estratégica que envolve todas estas medidas e que cabe aos tomadores de decisão é incentivar a população a adotar estas medidas, de forma voluntária, através de campanhas informativas e educativas.

Quanto aos fatores de efetividade tem-se:

- Os efeitos reais observados no tráfego;
- Aumento de outros tipos de viagens que não casa-trabalho, nos dias em que se trabalha em casa ou que não se trabalha;
- Aumentos indiretos de viagens em função da melhoria do tráfego;
- Tipo de incentivo utilizado;
- Extensão da aplicação das medidas.

Quanto à efetividade do trabalho a distância, uma pesquisa realizada nos Estados Unidos com 400 trabalhadores à distância indicou uma redução bruta de 30 milhas (48,28 km) por dia de trabalho à distância (NILLES, 1996). MOKHTARIAN (1997) estima que de 1% a 2% das viagens por automóvel podem ser reduzidos pelo trabalho a distância.

Em relação às semanas de trabalho reduzidas, uma pesquisa entre usuários de automóveis para viagens casa-trabalho na Flórida, Estados Unidos, apontou que se poderiam reduzir estas viagens de 7% a 10% utilizando um programa típico de semana de trabalho reduzida (CUTR, 1998). Uma outra análise (APOGEE, 1994) estima que as semanas de trabalho reduzidas podem diminuir em até 0,6% o número de veículos.milha viajados e até 0,5% o número de viagens em uma determinada região.

### ***3.1.2(B) Estratégia para Aumento da Eficiência Energética***

Além da redução das viagens individuais motorizadas, o modo rodoviário apresenta um segundo foco para aplicação de estratégias de redução de emissões de CO<sub>2</sub>: a intensidade energética dos seus veículos. Uma vez que as emissões de CO<sub>2</sub> são diretamente proporcionais à quantidade de combustível queimado, qualquer redução na intensidade energética ou aumento da eficiência energética dos veículos acarretaria proporcionalmente uma redução das emissões por quilômetro. Já que se espera o aumento da demanda por viagens individuais motorizadas por causa do aumento da

população e da renda, não será possível a estabilização do consumo de combustível por automóveis sem que se aumente a eficiência energética dos mesmos.

A eficiência energética tanto pode ser aumentada nos veículos em uso, através da melhoria do tráfego, já que quanto mais fluente é o tráfego menos combustível é consumido pelo veículo, quanto nos veículos novos, através do desenvolvimento tecnológico dos próprios veículos. Entretanto, é preciso que os consumidores, ao comprarem e operarem seus veículos, estejam cientes da questão da eficiência energética a fim de optarem por veículos mais eficientes além de utilizá-los da forma mais eficiente possível.

Cabe ressaltar que embora o aumento da eficiência energética dos veículos reduza o consumo de combustível, ele também provoca um efeito reverso o chamado efeito *rebound*. Um aumento na eficiência energética reduz o custo de combustível por quilômetro de viagem o que acaba se tornando um incentivo para aumentar a quantidade de quilômetros viajados (GREENE, 1991) .

#### B1.) Melhoria das Operações de Tráfego

O consumo específico de um dado veículo depende da sua velocidade média e de sua aceleração média. Ao trafegar a baixas velocidades, o veículo tem grande parte da energia gerada sendo dissipada na fricção interna do motor e sendo destinada para a operação de sistemas acessórios como transmissão, bombas de água e óleo, e ar-condicionado. Testes realizados pelo *Oak Ridge National Laboratory* (DAVIS E DIEGEL, 2006) mostram que há um aumento de 33% no consumo específico do veículo ao se reduzir a sua velocidade de tráfego de 80,5 km/h para 24 km/h. Uma vez que além das baixas velocidades, o elevado número de frenagens e acelerações, e a operação do motor em marcha lenta são características de tráfego congestionado e acabam por aumentar o consumo de combustível do veículo, torna-se necessário a implantação de medidas que venham reduzir o congestionamento e melhorar o fluxo dos veículos e com isso reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>.

Contudo, não só as baixas velocidades aumentam o consumo específico dos veículos, as muito elevadas também o fazem. Ao trafegar a velocidades acima de 88,5 km/h o veículo tem a resistência aerodinâmica aumentada causando um aumento do consumo

de combustível. Novamente os testes realizados pelo *Oak Ridge National Laboratory* (DAVIS E DIEGEL, 2006) mostram que há um aumento de 30% no consumo específico do veículo ao se passar de 88,5 km/h para 113 km/h. Desta forma, medidas que limitem a velocidade do tráfego também serão de grande importância na redução das emissões de CO<sub>2</sub>.

Finalmente, para se aumentar a eficácia das medidas anteriormente apontadas é preciso que os motoristas estejam cientes da relação entre consumo específico e velocidade de tráfego a fim de contribuírem de forma ativa na economia de combustível, o que representa tanto um ganho financeiro quanto um ganho ambiental.

As medidas para melhoria das operações de tráfego podem ser então resumidas em três grupos de medidas:

- B.1.1.) Melhorias na sinalização das vias e tecnologia de informação;
- B.1.2.) Limitação da velocidade;
- B.1.3) Educação dos motoristas.

Quanto aos fatores de efetividade destas medidas tem-se:

- Nível existente de congestionamento;
- Número de vias com velocidade limitada;
- Punição para os excessos de velocidade;
- Número de motoristas atingidos pelos programas educacionais.

Uma ação direta para se obter a melhoria na sinalização das vias é o controle eficiente dos sinais de trânsito. Como exemplo tem-se que a otimização dos tempos dos sinais luminosos de tráfego levou a uma redução (nos veículos que trafegavam pelas vias afetadas) de 4% no consumo de combustível no estado da Virgínia nos Estados Unidos (US-GAO, 1994) e de 8,6% no estado da Califórnia (SKABARDONIS, 1988).

Um exemplo de sucesso de medida de educação dos motoristas é o projeto *ECO-DRIVING EUROPE* iniciado, em 2001, de forma conjunta em seis países da Europa - Portugal, Espanha, Bélgica, Holanda, Áustria e Grécia - e de forma isolada na Alemanha, Finlândia e Suíça. Este projeto é parcialmente financiado pelo Programa

Europeu de Eficiência Energética (SAVE) e é coordenado pela Agência de Energia da Áustria (E.V.A.). O projeto visa, através de cursos práticos, adaptar o modo de direção dos motoristas às modernas tecnologias veiculares de forma a atender às necessidades de segurança e economia de combustível. Em Portugal e na Espanha o *ECO-DRIVING* está incluído nas auto-escolas e é pré-requisito para se obter a licença de motorista. Na Bélgica o projeto foi implantado em uma grande empresa para o treinamento dos seus motoristas. Na Áustria e na Grécia o projeto está associado ao transporte público e na Holanda tem-se um grande estudo de caso sendo desenvolvido com 10.000 motoristas.

Os resultados obtidos com o *ECO-DRIVING* são significativos. Uma redução de 20% no consumo de combustível é verificada no modo de direção do motorista logo após o seu treinamento, contudo esta redução passa a ser de 5% a longo prazo. O Programa Europeu de Mudanças Climáticas (*European Climate Change Programme*) calculou um potencial de redução de pelo menos 50 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas na Europa em 2010, além de uma economia de 20 bilhões de EUROS (EVA, 2006).

### B.2.) Avanço Tecnológico dos Veículos

O aumento da eficiência energética dos veículos convencionais é uma realidade alcançada pelo avanço tecnológico. Entretanto, nem sempre os avanços tecnológicos são totalmente aproveitados para reduzir o consumo específico dos veículos o que será comentado no item 3.3. Além disso, apesar da redução do consumo específico reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> por veículo.km viajado, existe um fator que pode encobrir esta redução de emissões: o baixo consumo específico pode acarretar, em função do custo da tecnologia, o aumento do preço do veículo o que levaria a um atraso na renovação da frota, permitindo que veículos menos eficientes permanecessem trafegando por mais tempo. A Tabela 3.5 apresenta os potenciais de aumento da eficiência energética para cada tipo de tecnologia desenvolvida.

A Agência Internacional de Energia (IEA, 2001) desenvolveu um modelo para calcular o potencial de redução de emissões de CO<sub>2</sub> dos veículos leves em função do desenvolvimento tecnológico. O modelo apresenta quatro cenários aplicados à Dinamarca, Alemanha e Estados Unidos. Os cenários refletem o desenvolvimento das emissões de CO<sub>2</sub> ao longo do tempo, representadas por um índice de emissões (uso de combustível/emissão de CO<sub>2</sub>) que equivale a 1 para o ano de 1990. Todos os cenários

têm como pressuposto a penetração necessária das tecnologias custo-efetivas no mercado.

**Tabela 3.5:** Potenciais de aumento de eficiência energética das tecnologias convencionais

| Tecnologia   | Potencial de Aumento de Eficiência Energética  |
|--|--|
| Motores de 2 tempos                                      | 15% a 20% (se comparados aos motores de 4 tempos com potência similar)   |
| Motores de 4 tempos com injeção direta                   | 18% a 23%  |
| Motores diesel com injeção direta                        | 25% a 40% (se comparados a motores similares a gasolina)   |
| Transmissão continua variável (CVT)                      | 3% a 10%   |
| Material mais leve (alumínio, magnésio, plásticos, etc.) | 10% a 20% (assumindo uma redução de 30% na massa do veículo sem comprometer segurança, conforto e performance)             |
| Redução da resistência ao rolamento                      | 5% a 8% (assumindo uma redução de 30% na resistência ao rolamento)   |
| Melhoria da aerodinâmica                                 | 5% a 15% (com base na redução de 30% na resistência dos ventos sem mudanças radicais no formato ou no conforto do veículo) |

Fonte: (US DOE, 1997).

O primeiro cenário – Sem Desenvolvimento Tecnológico - representa a linha de referência onde se considera que nenhum desenvolvimento tecnológico é introduzido a partir do ano 2000 mantendo-se para os anos seguintes o consumo específico deste ano. O segundo cenário – Tecnologias Custo-Efetivas Com Mudanças nos Atributos do Veículo - representa o efeito da introdução de tecnologias custo-efetivas para aumento da eficiência energética assumindo que os novos veículos tenderão a ser maiores, mais pesados e mais potentes. O terceiro cenário – Tecnologias Custo-Efetivas Sem Mudanças nos Atributos do Veículo - assume a mesma velocidade de penetração das tecnologias do segundo cenário mas mantém os atributos dos veículos no mesmo nível daqueles de ano-modelo 2000. E finalmente o quarto cenário – Aumento das Tecnologias Custo-Efetivas Sem Mudanças nos Atributos do Veículo - mantém os atributos dos veículos nos níveis de 2000 e considera a introdução de tecnologias adicionais consideradas custo-efetivas (a níveis de US \$ 100/t CO<sub>2</sub>) num mercado com combustíveis mais caros e taxas veiculares mais elevadas. Os principais resultados obtidos podem ser observados na Tabela 3.6.

**Tabela 3.6:** Resultados do modelo para calcular o potencial de redução de emissões de CO<sub>2</sub> dos veículos leves em função do desenvolvimento tecnológico

| Potencial de redução de emissões de CO <sub>2</sub> para 2020 em relação a não introdução de novas tecnologias a partir de 2000 |           |          |                |
|---|-----------|----------|----------------|
| Introdução de tecnologias custo-efetivas:   | Dinamarca | Alemanha | Estados Unidos |
| • Com Mudanças nos Atributos do Veículo   | 10%       | 20%      | 5%             |
| • Sem Mudanças nos Atributos do Veículo   | 20%       | 40%      | 10%            |
| • Sem Mudanças nos Atributos do Veículo e a introdução de tecnologias adicionais  | 30%       | 50%      | 15%            |

Fonte: A partir de (IEA, 2001)

A partir destes cenários desenvolvidos observou-se que reduções significativas nas emissões de CO<sub>2</sub> só ocorrerão se forem acompanhadas de mudanças nos atributos dos veículos.

A Agência Internacional de Energia também estimou o potencial de redução de emissões de CO<sub>2</sub> para tecnologias avançadas. Os potenciais apresentados na Tabela 3.7 representam a redução na emissão de CO<sub>2</sub> por quilômetro percorrido pelos veículos com tecnologia avançada em comparação com os veículos novos convencionais desenvolvidos no mesmo ano e mantendo-se os mesmos atributos.

**Tabela 3.7:** Resultados do modelo para calcular o potencial de redução de emissões de CO<sub>2</sub> dos veículos leves em função do desenvolvimento tecnológico avançado.

| Potencial de redução de emissões de CO <sub>2</sub> por quilômetro em relação aos veículos convencionais |      |      |
|--|------|------|
| Tipo de tecnologia avançada  | 2010 | 2030 |
| Veículos Híbridos  | 21%  | 21%  |
| Células combustível - gasolina   | 39%  | 39%  |
| Células combustível - hidrogênio   | 60%  | 69%  |

Fonte: (a partir de (IEA, 2001))

Diante da situação apresentada as medidas a serem adotadas devem forçar os fabricantes de veículos a desenvolverem e utilizarem novas tecnologias para reduzir diretamente o consumo específico a preços competitivos sem promoverem grandes alterações nos atributos dos veículos. Dentre estas estratégias tem-se:

- B.2.1.) Padrões de eficiência energética;
- B.2.2.) Pesquisa e desenvolvimento para eficiência energética.

Quanto aos fatores de efetividade destas medidas tem-se:

- A velocidade de renovação das frotas;
- A velocidade de penetração das novas tecnologias no mercado;
- A troca de automóveis para veículos mais pesados;
- Aumento dos veículos.km viajados.

### B.3) Mudança no Padrão de Compra e Retirada de Circulação dos Veículos

De acordo com o que foi apresentado anteriormente, as medidas para melhoria da operação de tráfego e para a promoção dos avanços tecnológicos serão potencializadas e alcançarão a sua efetividade à medida que os compradores e usuários de veículos leves tiverem a sua parcela de participação ativa neste processo. Para se garantir esta participação é preciso que o comprador esteja informado a respeito da eficiência energética dos veículos na hora da compra, de forma a ter novos subsídios para a sua escolha. São necessários também incentivos econômicos, tais como a cobrança ou a isenção de taxas em função do consumo específico ou emissão de poluentes, além de programas que incentivem a adequada manutenção dos veículos em uso e a sua retirada de circulação no momento adequado. Em síntese, são necessárias medidas como:

- B.3.1.) Informação a respeito da eficiência energética;
- B.3.2.) Taxas ou incentivos fiscais com base na eficiência energética;
- B.3.3.) Taxa de licenciamento com base nas emissões;
- B.3.4.) Programa de retirada de circulação dos veículos;
- B.3.5.) Programa de inspeção e manutenção.

Quanto aos fatores de efetividade tem-se:

- O tipo e a qualidade da informação fornecida;
- O número de veículos comprados anualmente;
- O valor das taxas;
- A obrigatoriedade da manutenção;
- O percentual de troca para veículos mais eficientes.

Quanto à efetividade da divulgação de informações a respeito da eficiência energética dos veículos, estudos (HILL E LARSEN, 1990 APUD US-DOE, 1997) indicam que consumidores bem informados compram veículos com consumo específico 0,85 km/l

abaixo dos veículos comprados por consumidores que não estão informados. De acordo com uma pesquisa conduzida na Europa, 82% dos consumidores afirmaram que informações a respeito do consumo específico dos veículos, apresentadas em etiquetas nos próprios veículos, seriam de grande utilidade na escolha de um modelo específico a ser comprado (FICKL E RAIMUND, 1999)

Em relação aos incentivos fiscais, DAVIS *et al.* (1993) estimaram que um incentivo de US\$ 500,00 distinguindo veículos com eficiência de 20 milhas/galão de veículos com eficiência de 25 milhas/galão poderiam alcançar melhorias na ordem de 15% no consumo específico dos veículos novos em 2010 se comparados com o consumo específico sem este tipo de incentivo.

Pode-se dizer que programas para retirada de veículos de circulação produzem nos países desenvolvidos resultados muito pouco significativos ou até mesmo resultados negativos na redução das emissões de CO<sub>2</sub> uma vez que na maior parte destes países os veículos novos apresentam consumo específico similares aos veículos com mais de 10 anos de uso (WEE *et al* 2000; IEA, 2001). Este tipo de programa apresenta resultados positivos se aplicados em países em desenvolvimento onde a frota em uso, que é pouco eficiente, é substituída por veículos mais modernos e mais eficientes. A eficácia deste tipo de programa depende do aumento da eficiência dos veículos individualmente e do padrão de compra dos consumidores.

Apesar do objetivo principal dos programas de inspeção e manutenção não ser a redução das emissões de CO<sub>2</sub>, isto acaba acontecendo em função da economia de combustível proporcionada pela constante manutenção do veículo. Estima-se uma economia de combustível de 3,5% nos programas básicos de inspeção e manutenção e uma economia de 6% a 19% nos programas de alta performance (FAIZ *et al.*, 1996). ABREU E RIBEIRO (2006a) contabilizaram para o programa de inspeção e manutenção aplicado no Rio de Janeiro um potencial de redução de emissões de CO<sub>2</sub> entre 207 mil toneladas de CO<sub>2</sub> e 354 mil toneladas de CO<sub>2</sub> só no ano de 2002.

### ***3.1.3 (C) Estratégia para Redução do Conteúdo de Carbono dos Combustíveis***

O terceiro foco para aplicação de estratégias de redução de emissões de CO<sub>2</sub> no modo rodoviário é a redução do conteúdo de carbono dos combustíveis através da utilização de combustíveis alternativos. Todos os combustíveis apresentam um conteúdo de carbono único que reflete a quantidade de carbono emitida por unidade de energia consumida na combustão. Entretanto, os GEE são produzidos durante todo o ciclo de vida do combustível, ou seja, há produção também durante as atividades anteriores à queima do combustível (cadeia de suprimento) como a produção ou extração da matéria prima, o transporte da matéria prima, a produção do combustível, e a distribuição do combustível.

As emissões ao longo da cadeia de suprimento são componentes importantes nas emissões de CO<sub>2</sub> do setor de transportes. Veículos movidos à bateria não produzem emissões de CO<sub>2</sub> durante a sua utilização, entretanto, GEE podem ser emitidos pela fonte de energia utilizada para produzir a eletricidade estocada nas baterias do veículo. Se veículos elétricos são recarregados com energia fornecida por plantas de carvão, as emissões totais do ciclo de vida da energia elétrica são maiores que as da gasolina. Veículos elétricos equipados com baterias emitem menos CO<sub>2</sub> durante todo o ciclo de vida se utilizam energia gerada por hidroeletricidade, gás natural e energia solar (DELUCCHI, 1991).

A utilização de combustíveis que emitam menos CO<sub>2</sub> em sua cadeia de suprimento oferece a oportunidade de se reduzir as emissões sem a necessidade de se reduzir substancialmente a demanda por transportes. Uma variedade de combustíveis não derivados do petróleo cru podem ser considerados como combustíveis alternativos tais como o álcool metílico, o álcool etílico, o gás natural, o hidrogênio e a eletricidade. Embora muitos destes combustíveis tenham conteúdo de carbono menor que o da gasolina convencional, em alguns casos, ao se considerar o ciclo de vida do combustível, eles não se apresentam como alternativa para redução de emissões de CO<sub>2</sub>. Teoricamente, os combustíveis produzidos a partir de biomassa apresentariam zero de emissões totais de carbono uma vez que todo carbono queimado na combustão foi antes absorvido no crescimento da matéria prima. Contudo, o cultivo e a conversão da biomassa em combustível também requerem um consumo energético.

Para o caso do ciclo de vida dos combustíveis brasileiros, D'AGOSTO (2004) conclui que o álcool etílico hidratado utilizado em veículos com sistema de propulsão convencional é mais vantajoso, em relação às emissões de CO<sub>2</sub> (16,43 kgCO<sub>2</sub>/1.000 pass.km), se comparado à gasolina C com 25% de álcool etílico anidro (193,89 kgCO<sub>2</sub>/1.000 pass.km) utilizada em veículos com sistema de propulsão convencional ou se comparado ao gás natural veicular utilizado em veículos com sistema de propulsão convencional bi-combustível (207,18 kgCO<sub>2</sub>/1.000 pass.km).

Ainda levando em consideração o ciclo de vida do combustível, um estudo recente (MACEDO *et al.*, 2006) apresenta as recentes emissões de GEE na produção e no uso do álcool etílico de cana-de-açúcar no Brasil bem como um cenário para 2020 (Tabela 3.8).

**Tabela 3.8:** Emissões de GEE no ciclo de vida do álcool etílico de cana-de-açúcar no Brasil

|                          | Emissões no Ciclo de Vida [t CO <sub>2</sub> eq/m <sup>3</sup> ] |             |              |             |
|--------------------------|--|-------------|--------------|-------------|
|                          | 2005   |             | Cenário 2020 |             |
|                          | Hidratado  | Anidro      | Hidratado    | Anidro      |
| Álcool Etílico           |  |             |              |             |
| Combustíveis fósseis     | 0,19   | 0,20        | 0,20         | 0,21        |
| Queima da palha          | 0,10   | 0,10        | 0,02         | 0,02        |
| N <sub>2</sub> O do solo | 0,07   | 0,07        | 0,07         | 0,08        |
| <b>Total de emissões</b> | <b>0,36</b>  | <b>0,38</b> | <b>0,29</b>  | <b>0,30</b> |

Fonte: MACEDO *et al.*, 2006

Medidas para a redução das emissões de CO<sub>2</sub> através da substituição de combustíveis convencionais por combustíveis alternativos precisam estar focadas no desenvolvimento e na utilização de combustíveis que produzam menos emissões em todo o seu ciclo de vida. Uma vez que as emissões ao longo da cadeia de suprimento são incertas e podem variar de acordo com a escala de utilização deste combustível é preciso promover uma expansão do mercado de forma a garantir economias de escala no processamento e distribuição do combustível reduzindo assim as emissões por quilômetro (OTA, 1994 apud US-DOT, 1998).

Em geral, a adoção de combustíveis alternativos tem como objetivo principal a redução da dependência do petróleo. Entretanto, padrões de qualidade do ar também contribuem

para a utilização de combustíveis alternativos. Além destas motivações algumas medidas podem ser adotadas para encorajar o uso de combustíveis alternativos:

- C.1.1) Obrigatoriedade ou Subsídios para Veículos Movidos a Combustíveis Alternativos;
- C.2.1) Pesquisa e Desenvolvimento para Combustíveis e Veículos Alternativos;
- C.3.1) Taxas Diferenciadas por Combustíveis.

No Brasil, combustíveis renováveis para uso nos motores de combustão interna, substituindo os combustíveis tradicionais derivados do petróleo, vêm sendo utilizados nos últimos 20 anos. O álcool etílico brasileiro deriva da cana-de-açúcar, que é uma gramínea que apresenta elevado potencial energético. Cada tonelada utilizada na produção de álcool etílico gera 499.400 kcal de energia (incluindo a energia do bagaço excedente) (MACEDO *et al.*, 2004)

Em 1973, quando ocorreu o primeiro choque do petróleo o governo brasileiro começou a investir em pesquisas para a obtenção de fontes alternativas de energia, estabelecendo o Proálcool – Programa Nacional do Álcool em 1975, viabilizando a continuidade do abastecimento de combustíveis automotivos, a partir do uso da cana-de-açúcar. Os incentivos foram dirigidos à produção de álcool etílico hidratado e anidro nas unidades açucareiras e nas destilarias independentes; ao financiamento do desenvolvimento de motores apropriados pela indústria automobilística, bem como a formação de uma extensa rede de distribuição do combustível.

Neste cenário, o álcool etílico hidratado foi destinado a substituir totalmente a gasolina em automóveis equipados com motores a álcool etílico. Já o álcool etílico anidro foi introduzido no mercado, como um aditivo à gasolina, substituindo o chumbo tetra-etila, para aumentar a octanagem do combustível.

A contribuição do álcool etílico brasileiro para a redução do efeito estufa destaca-se por dois fatos. O primeiro é devido à plantação de cana-de-açúcar, pois durante seu crescimento, via o processo da fotossíntese, a planta absorve CO<sub>2</sub> e libera oxigênio puro para a atmosfera. Ou seja, a quantidade de carbono, sob a forma de CO<sub>2</sub>, absorvida pela cana-de-açúcar durante o seu crescimento compensa a quantidade liberada na queima do álcool etílico. O segundo deve-se ao fato da produção do álcool etílico a partir da cana-

de-açúcar gerar bagaço. E é a queima deste bagaço que gera a energia necessária para a produção do álcool etílico, sendo que as destilarias que produzem álcool etílico têm, em média, um excesso de 12% de bagaço que ainda é comercializado para outras indústrias. Desta forma, o próprio insumo do álcool etílico é responsável pelo fornecimento da energia gasta em seu processo de produção, sem que haja necessidade da queima de outro combustível, ou seja, existe uma relação positiva entre a energia consumida no processo de produção, e a energia disponibilizada pelo combustível produzido (RIBEIRO, 1995). Este resultado positivo no balanço energético do álcool etílico brasileiro é verificado através de estudos que indicam que para cada unidade de energia investida na agroindústria canavieira, são produzidas 8,9 unidades de energia renovável (MACEDO, 2006). Comparativamente, nos EUA o álcool etílico tem uma relação de apenas 1,3.

A utilização do álcool etílico hidratado substituindo a gasolina atingiu o ápice em 1986. No entanto, uma série de fatores políticos e econômicos não permitiu a consolidação da sua participação no mercado nacional de combustíveis automotivos que ficou reduzida para apenas 0,1% em 1997 (ANFAVEA, 2007).

Contudo, no princípio da década de 90, vislumbrou-se no Brasil a possibilidade de veículos *Flex Fuel* (sistema flexível de gerenciamento de motores, formado por um grupo de dispositivos que permite ao veículo o uso de gasolina, álcool etílico puro ou uma mistura em qualquer proporção destes dois combustíveis para alimentar um único motor com um conjunto único de tanque de combustível e sistema de abastecimento) substituírem os veículos exclusivamente a álcool etílico hidratado que na ocasião apresentavam declínio nas vendas. Desta forma, a tecnologia começou a ser desenvolvida no Brasil em 1992, e em 2003, foi lançado oficialmente no mercado brasileiro o primeiro veículo *Flex Fuel*: o Gol Total Flex.

A participação dos veículos *Flex Fuel* nas vendas no mercado brasileiro de veículos leves teve um crescimento acelerado ao longo dos quatro anos desde o seu lançamento, passando de 3,7% de participação nas vendas no fim de 2003 a 78 % das vendas no ano 2006, num total de 2,6 milhões de veículos vendidos até dezembro de 2006 (ANFAVEA, 2007).

De acordo com um estudo desenvolvido por ABREU E RIBEIRO (2006b) quantidades significativas de CO<sub>2</sub> poderiam não ter sido lançadas na atmosfera devido à substituição total da gasolina pelo álcool etílico hidratado nos veículos leves da frota brasileira com tecnologia *Flex Fuel*. Desta forma, num período de apenas quatro anos (2003 a 2006) poderia ter sido evitado no mínimo o lançamento de 23.432 Gg de CO<sub>2</sub> em todo o país.

Quanto aos fatores de efetividade destas estratégias tem-se:

- O escopo e a extensão da obrigatoriedade de combustíveis alternativos;
- Número de veículos alternativos vendidos;
- Aceitação do consumidor em relação ao combustível alternativo;
- Preço do combustível alternativo em relação ao do combustível convencional.

### **3.2. AVALIAÇÃO DAS TRÊS ESTRATÉGIAS QUANTO AO POTENCIAL FUTURO DE REDUÇÃO DE EMISSÃO DE CO<sub>2</sub>**

Atualmente, as três estratégias apresentadas no item anterior vêm sendo analisadas e tendo os seus potenciais de redução de emissões de CO<sub>2</sub> levantados em horizontes de curto, médio e longo prazo.

#### ***3.2.1 Avaliação das Estratégias Isoladas***

A estratégia de redução da atividade de transporte e mudanças na estrutura modal é de extrema importância uma vez que o crescimento da atividade de transporte, como observado no Capítulo 2, é o principal responsável pelos grandes aumentos projetados de emissões de GEE relacionadas ao transporte nas próximas décadas.

Ao longo de curtos períodos, de um a dois anos e de três anos até uma década, algumas mudanças no padrão da demanda por transportes podem ocorrer em função da estratégia de redução da atividade de transporte e mudanças na estrutura modal. Entretanto, somente por períodos de várias décadas é que as mais significativas mudanças ocorrem. Muitos estudos de avaliação dos impactos causados por taxaço dos combustíveis e taxaço de viagens, por exemplo, concluíram que o impacto destas medidas sobre o total da atividade de transportes ou sobre a estrutura modal ao longo de um ou dois anos, é relativamente pequeno. Estudos sobre a elasticidade da demanda por transporte

individual (GOODWIN *et al.*, 2003 *apud* VTPI, 2006b) demonstram que o aumento de 1% no custo do transporte leva a uma redução na demanda por transporte de 0,1% no curto prazo (de um a dois anos) e de 0,3% no médio prazo (de três anos a uma década). Apesar de ser uma resposta significativa, não é grande o suficiente para alterar o crescimento da atividade de transportes, especialmente quando fatores, como o aumento da renda, vêm contribuindo para manter ou aumentar a atividade de transporte.

Estimativas que quantifiquem, por períodos de várias décadas, o impacto das medidas de redução da atividade de transporte e mudanças na estrutura modal aplicadas isoladamente não são de grande utilidade. Na prática, as muitas mudanças que são percebidas estão ocorrendo simultaneamente com mudanças estruturais (alteração na configuração da área urbana, novos padrões de produção, etc.) impedindo que as medidas sejam isoladas a fim de se obter uma resposta estatisticamente significativa. Desta forma, existem várias medidas que, em teoria, podem impactar o volume total de atividade de transporte e a estrutura modal da mesma. Contudo, o impacto a curto e médio prazo destas medidas, agregadas a nível regional e/ou nacional, se apresenta relativamente pequeno, significando que o potencial das mesmas como uma ferramenta direta para redução das emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas ao transporte é bastante limitado (WBCSD, 2004).

Da mesma forma que o potencial de impacto nas emissões de CO<sub>2</sub>, a longo prazo, da estratégia de redução da atividade de transporte e mudanças na estrutura modal não pode ser avaliado de forma separada, a estratégia para redução da intensidade energética ou aumento da eficiência energética também não pode ser avaliada separadamente.

Quanto à estratégia para redução do conteúdo de carbono dos combustíveis é preciso basear-se na tecnologia disponível e na possível tecnologia futura para o desenvolvimento de novos veículos e novos combustíveis a fim de se obter o potencial de redução das emissões de CO<sub>2</sub> devido ao transporte rodoviário por veículos leves.

Diversas tecnologias custo-efetivas como os sistemas de injeção direta, a utilização de materiais mais leves e a melhoria da aerodinâmica já estão disponíveis e são capazes de promover no setor de transportes a redução das emissões de CO<sub>2</sub> a curto prazo. Todavia, sem a adoção de medidas que encorajem fortemente a utilização destas tecnologias é

pouco provável que o mercado as utilize. A Agência Internacional de Energia estima que em 2010 possa ser alcançada uma redução de até 25% no consumo de combustível da frota de automóveis novos, a baixo custo, utilizando apenas as tecnologias já disponíveis. Embora o impacto desta redução de 25% no consumo não seja realizado totalmente em 2010, em função da renovação do estoque de capital, haveria ainda nesta data, a redução de 10% no consumo de combustível da frota de automóveis novos (IEA, 2003).

Para se ter uma melhor compreensão do potencial de impacto das diversas tecnologias e combustíveis na redução das emissões de CO<sub>2</sub> no setor de transportes do mundo como um todo, o *Sustainable Mobility Project* (SMP) realizou um estudo (WBCSD, 2004) onde primeiramente foi avaliado o impacto isolado de cada tipo de tecnologia. Cabe aqui ressaltar que para cada tecnologia estudada pelo SMP foi calculado um potencial hipotético, já que, foi assumida como premissa deste estudo uma penetração hipotética de 100% de cada tecnologia no mercado mundial. Em função disto, os resultados obtidos para cada tecnologia não podem ser agregados.

O SMP avaliou cinco tecnologias – veículos diesel, veículos híbridos<sup>9</sup>, células-combustível<sup>10</sup> (com base em hidrogênio a partir de gás natural), células combustível (com base em hidrogênio neutro em carbono<sup>11</sup>), bio-combustíveis avançados<sup>12</sup> – comparando-as às projeções do caso de referência que aponta as emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas ao transporte sendo duplicadas entre o ano 2000 e 2050.

Para os veículos diesel e híbridos assumiu-se que 100% das vendas destes veículos seriam alcançadas em 2030, cobrindo tanto veículos leves quanto veículos médios. No caso das células-combustível, assumiu-se que 100% das vendas seriam alcançadas em 2050, sendo que o hidrogênio utilizado nestas células seria produzido pela reforma de gás natural e que o seqüestro de carbono não seria contemplado neste caso. Para se estimar o impacto das células-combustível com base em hidrogênio neutro em carbono

---

<sup>9</sup> São os veículos que utilizam mais de um meio de propulsão, como por exemplo, um motor de combustão interna e um motor elétrico.

<sup>10</sup> Dispositivo eletroquímico que continuamente transforma a energia química de um combustível (hidrogênio) e um oxidante (oxigênio) diretamente em energia elétrica e calor sem realizar combustão.

<sup>11</sup> Não ocorre emissão de carbono na obtenção deste hidrogênio.

<sup>12</sup> Bio-combustíveis produzidos a partir de novas matérias primas (herbáceas e madeiras perenes, resíduos e lixo) e de novas tecnologias de transformação (pirólise, gaseificação e digestão)

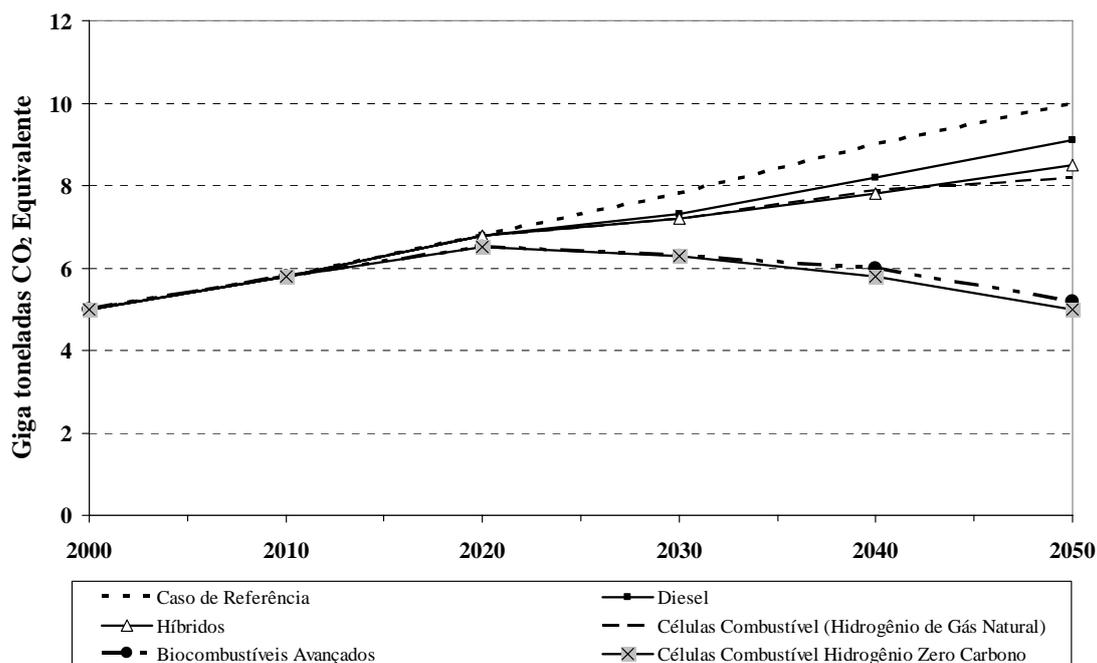
alterou-se apenas as emissões devidas à produção do hidrogênio utilizado no caso anteriormente apresentado. Para avaliar-se o impacto dos bio-combustíveis, assumiu-se que estes seriam utilizados numa frota rodoviária mundial similar em uso energético à frota utilizada no caso de referência.

Assumiu-se para os veículos diesel (utilizando diesel convencional) um benefício de 18% no consumo de combustível em relação aos veículos a gasolina em todo o período de avaliação. Já para os veículos diesel-híbridos e gasolina-híbridos foram considerados benefícios de 36% e 30% respectivamente. Para as células-combustível o benefício considerado foi de 45%.

O potencial de impacto nas emissões de CO<sub>2</sub> obtido na avaliação do SMP pode ser observado na figura 3.2. A partir desta avaliação das tecnologias isoladas, o SMP concluiu que mesmo se implantados em todo o mundo, os veículos diesel e híbridos com motores de combustão interna a gasolina ou a diesel, ou até mesmo as células-combustível com base em hidrogênio a partir de gás natural, poderiam não mais que retardar o crescimento das emissões de CO<sub>2</sub> do transporte rodoviário durante o período de 2000 a 2050. Somente o uso de hidrogênio neutro em carbono nas células-combustível e o uso de bio-combustíveis avançados, em veículos com motores de combustão interna, poderão amplamente ou totalmente impedir o crescimento das emissões de CO<sub>2</sub> produzidas pelo crescimento das viagens no transporte rodoviário no período de 2000 a 2050.

Outros estudos recentes alcançaram resultados similares aos do estudo SMP após examinarem tecnologias específicas aplicadas em regiões específicas.

Um estudo realizado pelo *National Research Council* (NRC, 2004), examinou todos os potenciais usos de tecnologias do hidrogênio para a redução de emissões de CO<sub>2</sub> nos Estados Unidos. Constatou-se neste estudo que para o horizonte de 2050 os veículos híbridos sozinhos não seriam capazes de reduzir as emissões de carbono dos veículos leves aos níveis de 2000. Tal redução só seria alcançada ou ultrapassada através de 100% de utilização de veículos com tecnologias avançadas de hidrogênio (geração de hidrogênio distribuída por eletrólise através de fotovoltaicos ou turbinas eólicas e a partir de bio-combustíveis).



**Figura 3.2:** Potencial hipotético de redução de emissões de CO<sub>2</sub> através de tecnologias avaliadas individualmente (WBCSD, 2004).

Um outro estudo, encomendado pelo Departamento de Transportes do Reino Unido (HART *et al.*, 2003) teve como foco o potencial das tecnologias de bio-combustíveis líquidos e do hidrogênio a partir de fontes renováveis, para a total substituição das tecnologias convencionais em todo o setor rodoviário do Reino Unido até 2050. Este estudo concluiu que a substituição total das tecnologias convencionais pela tecnologia dos veículos híbridos não será suficiente para alcançar, em 2050, a redução das emissões de CO<sub>2</sub> do setor de transportes aos níveis de 2003. Como nos estudos anteriores, tal redução só seria alcançada ou ultrapassada através de 100% de utilização de veículos híbridos associados aos bio-combustíveis ou 100% de utilização de veículos a células-combustível.

Entretanto, no que tange aos bio-combustíveis, de acordo com MOREIRA (2004) existe uma subestimação, por parte de muitos autores, do potencial de energia primária e principalmente secundária da cana-de-açúcar na co-produção de álcool etílico e energia elétrica. MOREIRA (2004) desenvolveu um cenário futuro, de 2003 a 2030 de uso em larga escala de cana-de-açúcar para produção de energia baseado nas seguintes premissas: área total cultivada de cana-de-açúcar (abrangendo diversos países) alcançando 143 Mha em 2030; produtividade de 140 t/ha/ano em 2030; e atingindo uma produção de álcool etílico de 114 litros/t de cana. Para tanto será necessário um

aumento anual na área plantada de menos de 8% além de uma melhoria de produtividade de 3% ao ano.

Neste cenário seria possível a produção de 38EJ/ano de energia elétrica bem como 51,5 EJ/ano de álcool etílico. Desta forma seriam alcançados abatimentos de 300 Mt C/ano devido ao uso de álcool etílico e 500 Mt C/ano devido à geração de energia elétrica em 2015, e de 1.300 Mt C/ano e 2.200 Mt C/ano, respectivamente, em 2030. Ainda com base neste cenário seria possível, para o período de 2003 a 2020, retardar o crescimento das emissões de CO<sub>2</sub> (devidas ao uso energético) previstas no cenário B2<sup>13</sup> do IPCC e para o período de 2020 a 2030 se alcançaria uma redução destas emissões (MOREIRA, 2004).

### ***3.2.2 Avaliação das Estratégias Combinadas***

A partir dos estudos apresentados anteriormente (item 3.2.1.) pode-se apontar a necessidade de se combinar diferentes estratégias para se alcançar reduções significativas de emissão de CO<sub>2</sub>.

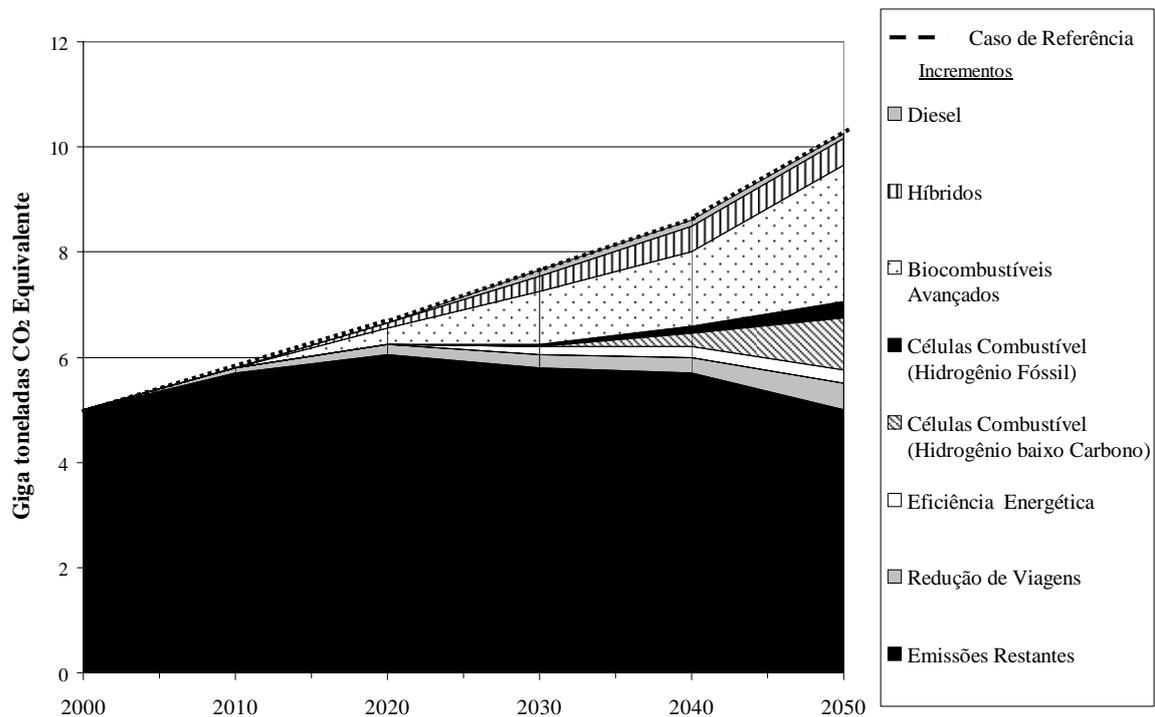
Com o propósito de examinar o potencial de redução de emissões de CO<sub>2</sub> através da combinação de diferentes estratégias, o SMP (WBCSD, 2004) conduziu a avaliação de sete diferentes medidas (de diferentes estratégias) combinadas entre si para se alcançar em 2050 a redução das emissões anuais de CO<sub>2</sub> do modo de transporte rodoviário, ao nível de 2000, em todo o mundo (Figura 3.3). Como o objetivo da análise é ilustrar o que pode ser alcançado se mudanças ambiciosas forem realizadas, não foram feitos julgamentos de custo ou probabilidade de aceitação das medidas apresentadas. As cinco primeiras medidas avaliadas foram:

1. Utilização de diesel por 45% da frota mundial de veículos leves e médios em 2030;
2. Utilização de veículos híbridos (diesel e gasolina) por 40% da frota mundial de veículos leves e médios com motores de combustão interna em 2030;

---

<sup>13</sup> Este cenário descreve um mundo no qual se enfatiza as soluções locais para as questões econômicas, sociais e ambientais. Um mundo com um crescimento contínuo da população e níveis intermediários de desenvolvimento econômico e voltado para a proteção ambiental e a equidade social.

3. Substituição por bio-combustíveis de um terço do total de gasolina e diesel consumidos (5% bio-combustível convencional e 95% bio-combustível avançado);
4. Utilização de células-combustível a base de hidrogênio derivado de combustíveis fósseis (sem sequestro de carbono) chegando a 50% dos veículos vendidos em 2050;
5. Utilização de células-combustível a base de hidrogênio neutro em carbono a partir de 2030, sendo 80% do hidrogênio produzido, em 2050, neutro em carbono.



**Figura 3.3:** Potencial de redução de emissões de CO<sub>2</sub> combinando diferentes soluções (WBCSD, 2004).

Apesar de terem sido combinadas, estas cinco medidas que refletem as propriedades inerentes às tecnologias veiculares e aos combustíveis não apresentam potencial para alcançar a redução das emissões de CO<sub>2</sub> em 2050 ao nível de 2000. Observou-se, então, que seriam necessárias soluções estratégicas para o aumento da eficiência energética que contemplassem uma mudança no mix dos veículos vendidos e na forma como estes veículos seriam dirigidos. Com isto, foram acrescentadas duas novas medidas a serem combinadas com as anteriores:

1. Um aumento anual de 10% na eficiência energética dos veículos em relação ao potencial projetado de 0,5%<sup>14</sup> ao ano através de avanços tecnológicos dos veículos;
2. Uma redução de 10% nas viagens do modo rodoviário através de melhorias nas operações de tráfego.

Na mesma direção que o estudo do SMP, o estudo encomendado pelo Departamento de Transportes do Reino Unido (HART *et al.*, 2003) também aponta para a necessidade de se combinar as soluções tecnológicas e de combustíveis com soluções de eficiência energética e mudança de comportamento dos consumidores e usuários de veículos para se alcançar ou ultrapassar em 2050 o nível de missões de CO<sub>2</sub> de 2000.

Uma perspectiva fundamental da avaliação em conjunto das estratégias para a redução de emissão de CO<sub>2</sub> é a influência dos países em desenvolvimento na aplicação destas estratégias. Um aspecto essencial que revela a importância dos países em desenvolvimento é o intervalo de tempo em que os novos combustíveis e as novas tecnologias de aumento de eficiência energética são implantados nos países em desenvolvimento em relação aos países desenvolvidos. Ao tomar-se como exemplo a redução das emissões dos poluentes convencionais ligados ao transporte, nota-se que os países em desenvolvimento, tipicamente, apresentam um atraso na adoção das novas tecnologias disponíveis. A avaliação conduzida pelo SMP considerou que a velocidade de implantação das soluções combinadas seria a mesma nos países desenvolvidos e nos países em desenvolvimento. Entretanto, um intervalo de 15 anos para a implantação destas mesmas soluções nos países em desenvolvimento faria com que o pico das emissões de CO<sub>2</sub> que ocorreria em 2020 retornando em 2050 ao nível de 2000, passasse a ocorrer em 2030 e a ficar 1G t CO<sub>2</sub>/ano acima do nível de emissões de 2000.

Os resultados da avaliação do potencial das estratégias de redução de emissão de CO<sub>2</sub>, apresentados neste item, juntamente com as considerações apresentadas até aqui neste capítulo, destacam a relevância da estratégia de aumento da eficiência energética. Dois

---

<sup>14</sup> O potencial de aumento de eficiência energética incorporado aos veículos atuais é na verdade de 1% ao ano, entretanto, metade deste potencial é perdido por causa da preferência dos consumidores em adquirir veículos maiores e mais potentes (WBCSD, 2004)

fatores são primordiais neste destaque: a urgência e a facilidade de se obter, o quanto antes, reduções crescentes de emissões de CO<sub>2</sub>.

Em primeiro lugar, quanto à urgência de se obter reduções crescentes de emissões de CO<sub>2</sub>, observou-se que as tecnologias mais promissoras para impedir o crescimento destas emissões, como os bio-combustíveis avançados e as células-combustível só começam a apresentar resultados significativos a partir de 2020 e de 2040 respectivamente. Por sua vez, as medidas para o aumento da eficiência energética apresentam resultados a partir de 2010. Em segundo lugar, quanto à facilidade de se obter reduções crescentes de emissões de CO<sub>2</sub>, observou-se que as medidas para o aumento da eficiência energética são as mais simples de serem implantadas. As medidas de redução do conteúdo de carbono dos combustíveis e principalmente as medidas para a redução das atividades de transportes tocam na questão da restrição do desenvolvimento das nações, envolvendo diretamente outros agentes da economia que não apenas os fabricantes de veículos, os consumidores de veículos e o governo, como ocorre com as medidas de aumento da eficiência energética.

### **3.3. O AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS VEÍCULOS LEVES NOVOS**

Pela complexidade de se desenvolver um aprofundamento do estudo em relação a todas as estratégias optou-se pela análise mais detalhada de uma estratégia específica – a estratégia para aumento da eficiência energética - que levou, por fim, ao reconhecimento da fundamental importância de duas das medidas relacionadas a esta estratégia: a adoção de padrões que reflitam o aumento da eficiência energética e a implantação de programas de informação ao consumidor de veículos baseados em sistemas de etiquetagem veicular

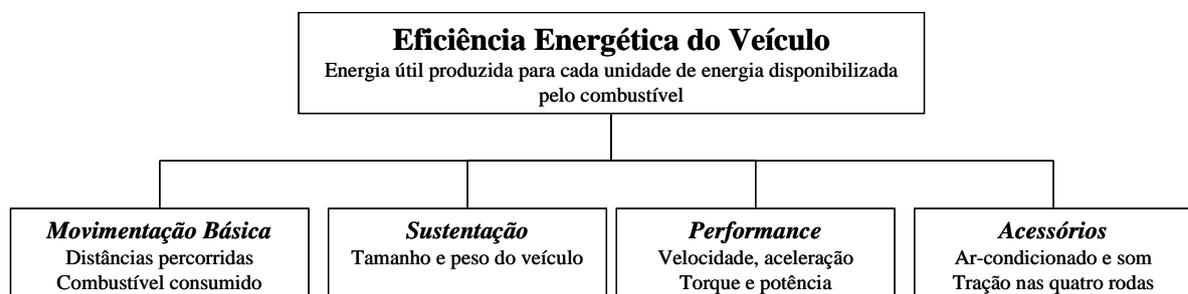
#### ***3.3.1. Eficiência Energética e Consumo Específico dos Veículos***

Entende-se por eficiência energética de um veículo a energia útil produzida pelo veículo para cada unidade de energia disponibilizada pelo combustível que alimenta o veículo. Apesar do conceito definido, muitas vezes o termo “eficiência energética” é utilizado de forma imprópria na literatura, na maioria dos casos, por dificuldades de tradução.

O termo *fuel efficiency* frequentemente utilizado na literatura norte-americana, é traduzido como eficiência energética mas na verdade se refere à distância percorrida por combustível consumido e é expresso em milhas por galão (*miles per gallon – mpg*). Na Europa o termo *fuel efficiency* é mais comumente utilizado no sentido inverso ao do norte-americano, ou seja, se refere à quantidade de combustível consumida para se percorrer a distância de 100 quilômetros sendo expresso em litros por 100 quilômetros (l/100km). Alguns autores utilizam também o termo *fuel economy*, que também é traduzido como eficiência energética, no mesmo sentido ou no sentido inverso de *fuel efficiency* ou como um termo genérico cobrindo os dois sentidos.

Neste trabalho optou-se por utilizar o termo eficiência energética somente no sentido estrito do seu conceito de energia útil produzida em função da energia disponibilizada pelo combustível. Para expressar sentido de consumo de combustível por distância percorrida será utilizado o termo consumo específico, expresso em l/100km ou em l/km. Quando se tratar do sentido de distância percorrida por combustível consumido será utilizado o termo eficiência de consumo ou será feita a conversão para consumo específico<sup>15</sup>.

Desta forma, um aumento de eficiência energética significa uma maior quantidade de energia útil produzida na movimentação do veículo para cada unidade de energia disponibilizada pelo combustível. Uma vez produzida, a energia útil será consumida no veículo de quatro formas diferentes (Figura 3.4): na movimentação básica do veículo; na sustentação do veículo; na performance do veículo; e nos acessórios do veículo.



**Figura 3.4:** Esquema de aproveitamento da eficiência energética de um veículo (TURRENTINE E KURANI, 2007).

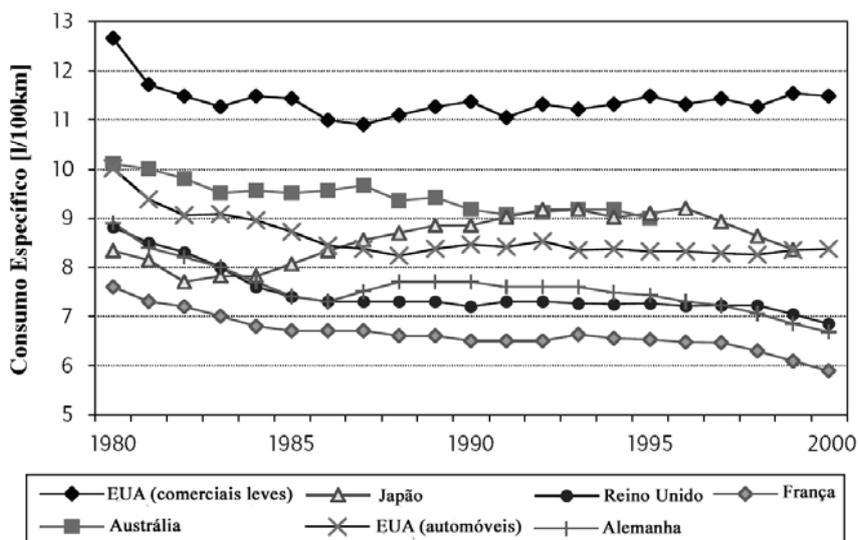
<sup>15</sup> Um aumento percentual de y% na eficiência de consumo é recalculado como uma variação de x% no consumo específico utilizando-se a fórmula  $x = -100y / (100+y)$

Aumentar a eficiência energética de um veículo significa disponibilizar mais energia para ser aproveitada em:

- Movimentação básica do veículo, ou seja, permitir que o veículo com uma mesma quantidade de combustível percorra maiores distâncias, ou percorra a mesma distância com quantidades menores de combustível, isto é, que o veículo tenha maior eficiência de consumo ou menor consumo específico de combustível;
- Sustentação do veículo, ou seja, permitir que o veículo com uma mesma quantidade de combustível seja maior e mais pesado;
- Performance do veículo, ou seja, permitir que o veículo com uma mesma quantidade de combustível desenvolva velocidades mais altas, maiores acelerações, tenha mais torque e mais potência;
- Acessórios do veículo, ou seja, permitir que o veículo com uma mesma quantidade de combustível possa disponibilizar aparelhos de ar-condicionado e som mais potentes, televisão, tração nas quatro rodas, sistemas complexos de iluminação, etc.

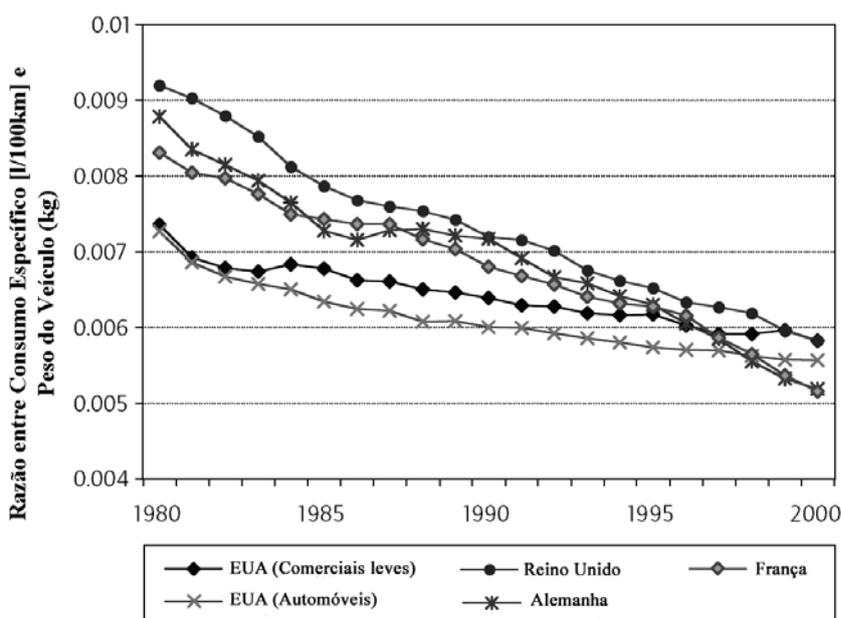
Desta forma, a fim de se promover uma efetiva redução das emissões de CO<sub>2</sub> nos veículos leves novos é preciso que as medidas para o aumento da eficiência energética direcionem o ganho da eficiência energética para a movimentação básica do veículo, ou seja, para a redução do consumo específico dos veículos. Avaliando-se os dados dos últimos vinte anos observa-se que não é isto o que vêm acontecendo.

Ao levantar-se o consumo específico de combustível dos veículos leves novos nota-se que, desde 1980, os mesmos vêm se mantendo praticamente constantes na maior parte dos países desenvolvidos. As exceções são alguns países europeus que apresentaram reduções no início da década de 1980 e no fim da década de 1990 como se pode observar na Figura 3.5.



**Figura 3.5:** Evolução do consumo específico de veículos leves novos em alguns países desenvolvidos (IEA, 2001)

Entretanto, apesar do consumo específico dos veículos leves novos virem se mantendo praticamente constantes nos últimos vinte anos, estes veículos vêm apresentando uma eficiência energética cada vez maior neste mesmo período. Um exemplo que ilustra esta afirmação é o fato do consumo específico por unidade de peso do veículo vir diminuindo, desde 1980, para alguns países desenvolvidos, alcançando-se reduções entre 27% e 41% (IEA, 2001) como se pode observar na Figura 3.6.



**Figura 3.6:** Evolução do consumo específico por unidade de peso dos veículos leves novos (IEA, 2001)

Porém, estes ganhos de eficiência energética vêm sendo destinados ao aumento do peso dos veículos novos como se constata na Figura 3.7. Um comportamento similar ocorre com a potência dos motores dos veículos novos. O consumo específico por unidade de potência vem diminuindo, entretanto, a potência dos motores (geralmente medidas em HP e kW) vem aumentando e com isso acabam encobrindo o ganho de eficiência energética que já foi alcançado (IEA, 2001).

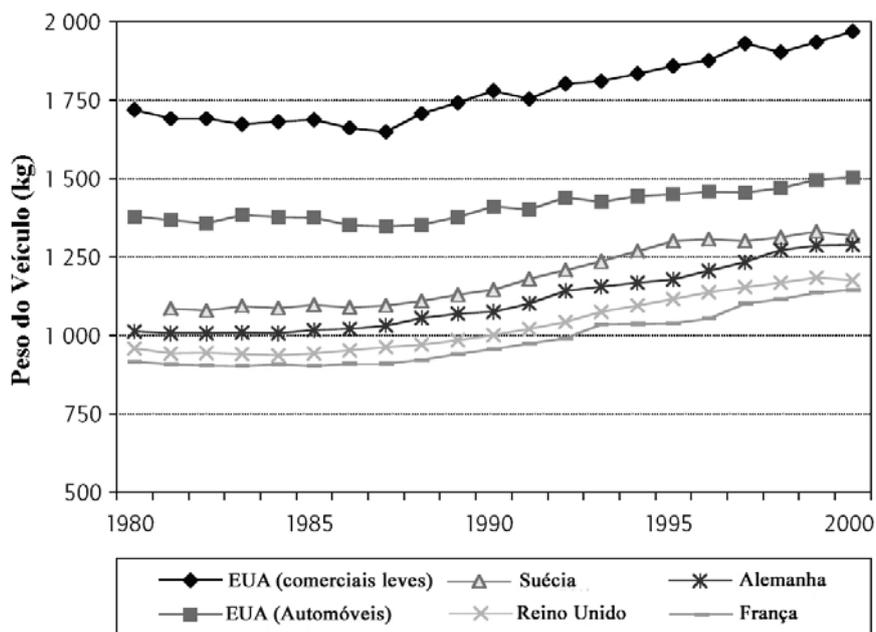
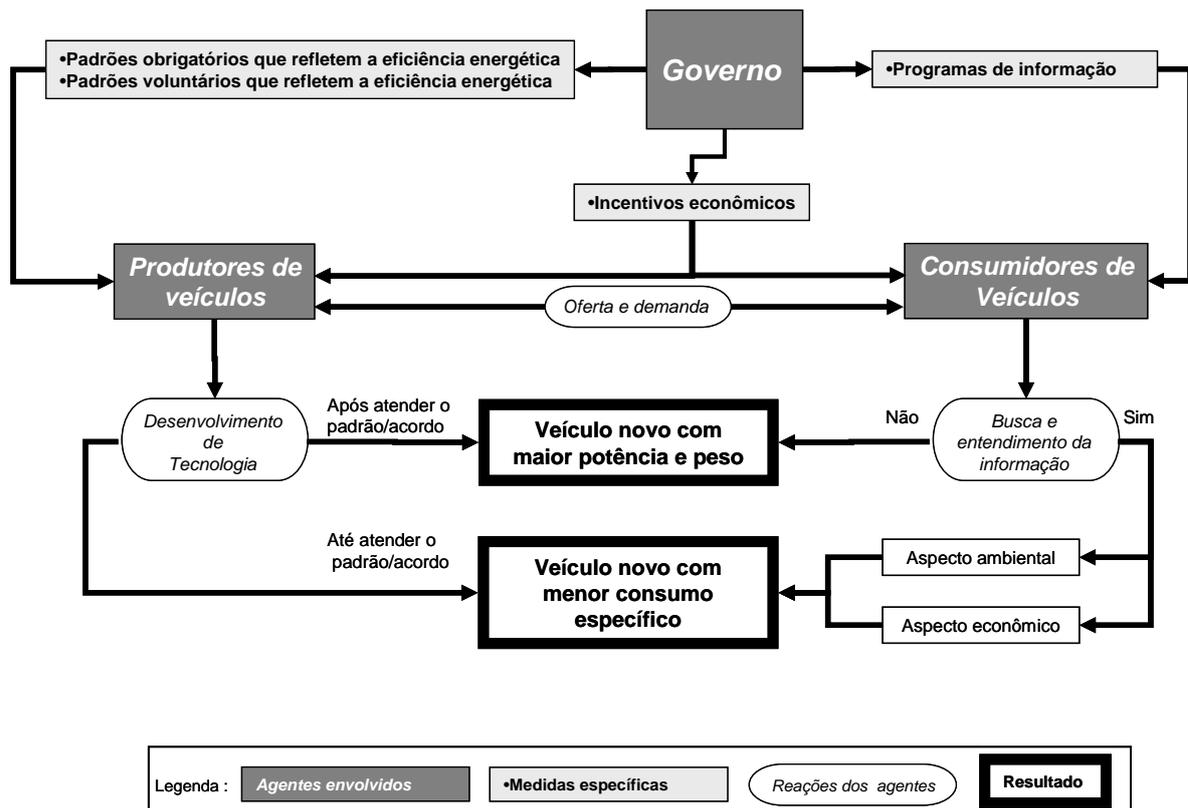


Figura 3.7: Evolução do peso dos veículos leves novos (IEA, 2001).

### 3.3.2. A Redução do Consumo Específico nos Veículos Leves Novos

A questão da aplicação de medidas para o aumento da eficiência energética visando à redução do consumo específico dos veículos leves novos, sob o foco deste estudo, envolve a interação de três agentes principais – o governo, os produtores de veículos, e os consumidores de veículos – bem como algumas ações específicas decorrentes da função de cada um destes agentes. Esta interação está esquematizada na Figura 3.8.

O primeiro agente envolvido é o governo que objetivando a redução do consumo de combustíveis fósseis, seja para diminuir a dependência do petróleo, seja para reduzir as emissões de GEE, decide promover a redução do consumo específico dos veículos leves novos em seu país. Para se atingir tal objetivo, o governo adota medidas específicas que irão movimentar os outros dois agentes.



**Figura 3.8:** Interação entre os principais agentes da aplicação de medidas para a redução do consumo específico dos veículos leves novos.

A primeira medida específica do governo, que irá movimentar diretamente os produtores de veículos, é a adoção de padrões que reflitam a eficiência energética. Tais padrões podem ser limites máximos de consumo específico, limites mínimos de eficiência de consumo, ou limites máximos de emissões de CO<sub>2</sub>, que serão adotados de forma obrigatória, através de uma legislação própria ou de forma facultativa, através de acordos voluntários. Os produtores de veículos, em resposta, poderão apresentar como reações específicas a utilização de tecnologias disponíveis e/ou o desenvolvimento de novas tecnologias a fim de atenderem os limites adotados. Esta primeira medida específica irá promover uma primeira interação entre os produtores e os consumidores de veículos, alterando a oferta e a demanda entre eles. Como consequência, estas reações e interações levariam a uma redução no consumo específico dos veículos novos e consequentemente das emissões de CO<sub>2</sub>. Entretanto, os produtores poderão também, uma vez tendo atingido o limite máximo de consumo específico padronizado, utilizar as novas tecnologias para aumentar o tamanho, o peso, a velocidade, a aceleração e a quantidade de acessórios consumidores de energia do veículo. Desta forma, estarão promovendo uma outra interação com os consumidores ofertando a eles veículos que

não apresentam seu consumo específico mínimo possível. Por sua vez, esta interação não acarretaria na redução das emissões CO<sub>2</sub>.

A segunda medida específica do governo, que irá movimentar diretamente os consumidores de veículos, é a implantação de programas de informação de modo a alertar o consumidor a respeito do consumo específico do veículo e/ou das emissões de CO<sub>2</sub> por ele produzidas. Uma vez bem informados e conscientes a respeito da questão da eficiência energética, os consumidores de veículos poderão reagir escolhendo um veículo com baixo consumo específico, com base em critérios econômicos e/ou ambientais. Tal reação levaria à redução das emissões de CO<sub>2</sub>. Por outro lado, por não estarem bem informados e conscientes, os consumidores poderão reagir com uma escolha de um veículo com alto consumo específico o que não acarretaria na redução das emissões de CO<sub>2</sub>.

Esta segunda medida específica do governo irá também promover uma outra interação entre os produtores e os consumidores de veículos. Os consumidores bem informados e conscientes poderão não aceitar apenas o que é oferecido pelos produtores mas sim exigir o mínimo possível de consumo específico enquanto que os produtores poderão estar novamente em busca de atendê-los.

A terceira medida específica do governo, que irá atingir diretamente tanto os produtores quanto os consumidores de veículos, é a adoção de incentivos econômicos como a taxação de veículos ou os incentivos fiscais em função do consumo específico de combustíveis. Esta medida irá provocar uma nova interação entre produtores e consumidores uma vez que os produtores poderão procurar atender a demanda dos consumidores por veículos que paguem menos taxas ou por veículos que recebam isenção de impostos em função da pouca emissão de CO<sub>2</sub>.

Quanto à primeira medida específica do governo, a adoção de padrões de consumo específico ou de eficiência de consumo, não se tem dúvida da sua eficácia em reduzir o consumo específico dos veículos leves de forma individual e também da frota de veículos leves como um todo. Tal resultado reduz o consumo de combustíveis fósseis levando a uma redução das emissões de CO<sub>2</sub>. Nos Estados Unidos, por exemplo, os padrões CAFE (*Corporate Average Fuel Economy Standards*) promoveram no período

de 1975 a 1985 a redução do consumo específico dos automóveis de 18,1 l/100km (13 mpg) para 8,5 l/100km (27,6 mpg) e dos veículos leves de serviço de 18,0 l/100km (13,1 mpg) para 11,4 l/100km (20,7 mpg) (US-DOT, 2005). De acordo com GREENE (1998) se em 1995 os veículos leves de serviço tivessem permanecido com seus consumos específicos de 1975 teriam sido necessários 208,5 bilhões de litros de combustível a mais do que foi realmente consumido.

Um outro exemplo de eficácia dos padrões de eficiência de consumo é o caso dos padrões estabelecidos para os veículos leves, em 1999, pelo governo japonês. A meta era de se atingir em 2005 os padrões estabelecidos para os veículos a diesel e em 2010 os padrões para os veículos a gasolina. Assumindo-se que não ocorrerão mudanças na composição da frota, os padrões japoneses implicariam em 2010 numa redução de 18,7% no consumo específico dos veículos a gasolina e de 12,3% nos veículos a diesel em relação ao consumo específico médio de 1995. Esta redução de consumo específico irá resultar, em 2010, num consumo específico médio de 6,6 l/100km (35,5 mpg) para a frota japonesa (AN E SAUER, 2004).

Os acordos voluntários para redução de consumo específico ou aumento de eficiência de consumo e redução de emissões de CO<sub>2</sub> também vêm se apresentando eficazes. O acordo voluntário ACEA (*ACEA Agreement*) estabelecido em 1998 entre a Comissão Européia e a Associação dos Construtores Europeus de Automóveis (*Association des Constructeurs Européens d'Automobiles -ACEA*), promoveu em 2004, em relação a 1995 (ano de referência), uma redução de 13% nas emissões de CO<sub>2</sub> dos veículos novos. As emissões destes veículos nos países da União Européia (EU-15) passaram de 185gCO<sub>2</sub>/km para 161g CO<sub>2</sub>/km. Além disto, os veículos novos (gasolina e diesel) que registravam emissões de até 140 gCO<sub>2</sub>/km e os que registravam emissões de mais de 160 gCO<sub>2</sub>/km, respectivamente 2,6% e 80,8% dos veículos novos em 1995, passaram a 29,6% e 36,4% de participação em 2004. Já os modelos com emissões abaixo de 120 gCO<sub>2</sub>/km atingiram 8% das vendas (1 milhão de veículos) em 2004 (ACEA, 2006). De acordo com a ACEA (2006) estes resultados foram alcançados por causa dos avanços tecnológicos desenvolvidos e aplicados aos veículos sem a contribuição da demanda consciente dos consumidores por veículos menos emissores.

Apesar da eficácia dos padrões de consumo específico, eficiência de consumo ou emissões de CO<sub>2</sub>, se os mesmos não são constantemente atualizados acabam por permitir que os produtores de veículos, uma vez tendo atendido aos padrões exigidos, direcionem o ganho tecnológico para a oferta de mais potência e mais acessórios nos veículos induzindo a compra de veículos que não oferecem aos consumidores o seu mínimo consumo específico (GREENE, 2005). Nos Estados Unidos, a eficiência de consumo média alcançada pela combinação da frota de automóveis e comerciais leves teve um aumento de 32% do início da aplicação dos padrões CAFE até o ano de 1987. Contudo, de 1987 a 2005, apesar dos resultados positivos das duas frotas, a eficiência de consumo média alcançada pela combinação da frota de automóveis e comerciais leves sofreu uma redução de 4%. Isto ocorreu devido a dois fatores: (1) de 1985 a 2005, nos Estados Unidos, os padrões CAFE não sofreram alteração; e (2) ao aumento do número de comerciais leves compondo a frota. Em 1975 os comerciais leves, 25.781.000 veículos, representavam 20% da frota conjunta de automóveis e comerciais (DAVIS *et al.*, 2005). Entretanto, a partir da metade da década de 80, a distinção entre automóveis e comerciais leves se tornou muito vaga, uma vez que, a indústria automobilística introduziu um conceito novo de veículo os chamados SUVs (*Sport Utility Vehicle*) que possuem massa superior a 8.500 libras (3.855,53 kg) mas possuem características de automóveis e por isso são amplamente utilizados no transporte individual, ou seja, são veículos classificados como comerciais leves mas utilizados como automóveis. Em 2003, os SUVs e as mini-vans (94.944.000 veículos) representavam 41% da frota de automóveis e comerciais (DAVIS *et al.*, 2005). Neste mesmo ano, a venda de comerciais leves ultrapassou a de automóveis e em 2004 esta tendência foi consolidada tendo sido vendidos 8.017.060 automóveis e 8.380.031 comerciais leves (US-DOT 2005). Em função desta nova classificação estes veículos menos eficientes estão sujeitos a padrões de eficiência de consumo mais brandos e acabam com isto reduzindo a eficiência de consumo da frota como um todo.

BEZDEK E WENDLING (2005) simularam para 2030 os efeitos produzidos por padrões CAFE mais rígidos e constataram que as alterações propostas poderiam aumentar o PIB norte-americano e gerar 300.000 empregos por todo o país. Além disto, padrões CAFE mais rígidos poderiam reduzir, a cada ano, o consumo norte-americano de petróleo em 30 bilhões de galões (114 bilhões de litros) economizando US\$ 40

bilhões de dólares dos usuários de veículos particulares e ainda reduzir as emissões de GEE em 100 milhões de toneladas.

Já a segunda medida específica do governo, a implantação de programas de informação, apresenta um grande potencial de eficácia na redução do consumo específico da frota. Tal potencial irá depender da significância das informações oferecidas e do modo como forem apresentadas. Como visto anteriormente, a participação do consumidor é de extrema importância para a obtenção da redução de consumo específico da frota de veículos leves como um todo, uma vez que é o consumidor quem decide a composição desta frota.

Tanto maior será a eficácia dos programas de informação quanto mais campanhas e instrumentos informativos e de conscientização forem criados para atingir os consumidores, uma vez que aparentemente estes consumidores subestimam os ganhos com a redução de consumo específico. Pouco se conhece a respeito do comportamento do consumidor em relação às suas estimativas de ganho financeiro e ambiental com a redução de consumo de combustível e em relação à influência das informações na decisão de compra por um determinado veículo. É possível que a aparente subestimação do ganho com a redução de consumo de combustível seja o resultado de um comportamento racional já demarcado, ou seja, que os consumidores infiram que não vale o sacrifício, despendendo esforços em calcular custos e benefícios de um consumo específico menor.

Alguns estudos (NRC,2002; GERMAN, 2002; PATTERSON, 2002; MAPLES, 2003) apresentados em GREENE (2005) indicam fortemente que pode haver uma importante falha de mercado em relação à tomada de decisão do consumidor em função do consumo específico do veículo. É citado como exemplo o fato do consumidor considerar apenas os três primeiros anos de economia de combustível ao avaliar o benefício de um menor consumo específico. Isto poderia subestimar em 60% o valor econômico real da economia de combustível que é geralmente calculada ao longo de 14 anos de vida útil do veículo. Um outro exemplo citado é o fato do consumidor, em média, considerar apenas as primeiras 50.000 milhas (80.467 km) no cálculo da economia de combustível e desejar receber em 2,8 anos, um retorno financeiro do investimento em redução de consumo específico. No entanto, até 2004, se utilizava em

modelos de estimativa do valor econômico da redução de consumo específico para o consumidor (*US Energy Information's National Energy Modeling System - NEMS*) um retorno financeiro em 4 anos com uma taxa de desconto anual de 10%, sendo estes parâmetros alterados para 3 anos para o tempo de retorno e 30% para a taxa de retorno.

A questão a ser novamente ressaltada está no fato dos consumidores não poderem otimizar suas decisões em relação ao consumo específico do veículo por que além de faltarem as informações necessárias, falta o conhecimento indispensável para se fazer uma boa estimativa de custos e economia. Muitas vezes, sob a ótica do consumidor, obter tais informações e tal conhecimento não é compensador (GREENE, 1998). TURRENTINE E KURANI (2007) apresentaram uma pesquisa qualitativa onde quase todos os participantes não calculavam ou não sabiam calcular o quanto era gasto com combustível ao longo de um determinado período. Muitos dos entrevistados não sabiam o consumo específico de seus veículos atuais e muito menos o quanto era despendido com combustível, de forma acumulativa, em um mês ou em um ano. Desta forma, os consumidores ficavam sem ter como saber o quanto poderia ser economizado com um veículo de menor consumo específico. Mesmo aqueles entrevistados nesta pesquisa, que na teoria seriam mais capacitados para cálculos financeiros, como os contadores, bancários e analistas financeiros, não faziam o acompanhamento dos custos com combustível do domicílio, nem ao menos recordavam o preço do galão de gasolina ou do valor total pago no último abastecimento. A consequência desta falta de conhecimento e informações é que o consumidor, quando vai comprar um veículo, não se comporta como um modelo matemático que utiliza todos os parâmetros necessários para uma boa estimativa de custos e economias, como alguns estudiosos podem assumir que acontece. Pelo contrário, os consumidores elaboram estimativas erradas de custos e de economias, isto, quando elaboram alguma estimativa.

TURRENTINE E KURANI (2007) apresentaram também evidências de que adquirir um veículo com um baixo consumo específico, para alguns consumidores, não é apenas uma questão de ganhos financeiros, é também visto como um valor moral. O baixo consumo específico se torna também um valor simbólico entre os motoristas que vêem a conservação dos recursos naturais um valor importante a ser propagado. Desta forma, informações a respeito das questões ambientais também podem contribuir na escolha de um veículo. NOBLET *et al.* (2006) apontam que os consumidores considerariam na sua

decisão de compra as emissões de GEE de um veículo caso tal informação fosse disponibilizada.

Um estudo conduzido na União Européia pela Agência Austríaca de Energia (EVA, 1999) a fim de avaliar o impacto de um programa de informação, a ser implantado através de um sistema de etiquetagem veicular, mostrou que 73,5% dos entrevistados estariam dispostos a alterar de alguma forma a sua decisão inicial de compra de um veículo. Ao se depararem com o consumo específico do veículo inicialmente escolhido sendo classificado como acima da média, 27% dos entrevistados estariam dispostos a trocar de modelo e 34,5% a reduzir a potência do veículo. Este tipo de comportamento ao ser aplicado à realidade dos veículos europeus indicou um potencial de redução de 4,6% a 5,1% no consumo específico dos veículos novos. Aplicando-se estes potenciais de redução de consumo específico em cenários futuros obteve-se para o sistema de etiquetagem veicular a ser implantado na União Européia, um potencial de redução de consumo de combustível de 6,2 milhões de toneladas em 2010 e 6,8 milhões de toneladas em 2020. Tais reduções equivalem a um potencial de redução de emissões de CO<sub>2</sub> de 19,5 milhões de toneladas em 2010 e 21,1 milhões de toneladas em 2020.

A terceira medida específica do governo que é a de adotar incentivos econômicos como a taxação de veículos ou os incentivos fiscais em função do consumo específico de combustíveis, é vista como uma ação complementar em relação às outras duas ações governamentais. Um exemplo de taxação é a adoção de um sistema de *feebates*, onde os veículos com consumo específico acima de um valor definido são sobre-taxados e os veículos com consumo específico abaixo deste valor recebem descontos no preço de venda. Este tipo de taxação acaba por complementar os padrões obrigatórios na medida em que promovem um incentivo contínuo à redução do consumo específico.

TRAIN *et al.* (1997) em seu estudo com seis diferentes cenários de aplicação de *feebates* nos Estados Unidos, até 2010, estimou um potencial de redução de emissões de 660 milhões a 890 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> entre 1995 e 2010. Um estudo mais recente de GREENE *et al* (2005) com nove cenários de aplicação de *feebates* nos Estados Unidos, até 2015, obteve os seguintes potenciais de impacto: redução de 2% a 30% no consumo específico dos automóveis; redução de 12% a 32% no consumo específico dos veículos leves de serviço; redução de emissões de 5 milhões a 28 milhões

de toneladas de carbono por ano em 2010 e de 30 milhões a 156 milhões de toneladas de carbono por ano em 2020.

Nesta ação governamental também nota-se a importância da informação ao consumidor, que pode até mesmo levar o governo a prescindir dos incentivos econômicos. GREENE (2005) aponta que o comportamento de consumidores bem informados a respeito da possível economia com combustível ao longo da vida útil do veículo novo, é capaz de induzir os fabricantes a utilizarem as tecnologias disponíveis de forma a se obter, em 2015, uma redução de 25% no consumo específico dos veículos, sem a necessidade de qualquer incentivo econômico.

Através dos estudos de TRAIN *et al.* (1997) e GREENE *et al.* (2005) pode-se constatar a necessidade de associar-se a informação ao consumidor à adoção de *feebates*. Estes estudos mostram que 93% (TRAIN *et al.*, 1997) e 95% (GREENE *et al.*, 2005) das reduções de consumo específico, alcançadas através de *feebates*, são devidas à adoção de tecnologia por parte dos produtores ficando os consumidores responsáveis pelo restante destas reduções em função da escolha dos veículos que irão compor a frota. Desta forma, as *feebates* se não forem acompanhadas de informações ao consumidor irão contribuir para a redução do consumo específico dos veículos individualmente e não para a frota de veículos como um todo, já que não são capazes de sensibilizar o consumidor de modo a promover uma mudança na composição da frota.

Alguns estudos apontam para a substituição da taxa de combustíveis pela taxa dos veículos em função da comprovação da ineficácia da primeira e da eficácia da segunda. A princípio, espera-se que, a longo prazo, o consumo específico dos veículos novos seja reduzido em função do aumento do preço dos combustíveis provocado pela adição de taxas. Esta redução seria alcançada pelos produtores de veículos na tentativa de compensar o aumento de preço do combustível. De acordo com KIRBY *et al.* (2000) as mudanças ocorridas nos últimos 30 anos no preço real dos combustíveis não apresentam uma boa correlação com as mudanças no consumo específico dos veículos. Na verdade, o preço real dos combustíveis tem permanecido praticamente constante chegando até mesmo cair em alguns períodos enquanto que o consumo específico dos veículos vem sofrendo reduções consistentes. ESPEY (em KIRBY *et al.*, 2000) aponta que embora o preço real dos combustíveis nos Estados Unidos seja o mesmo em 1970 e

na década de 1990, o consumo específico dos veículos novos em 1990 caiu 33% em relação a 1970. Na década de 1980 enquanto os preços reais dos combustíveis caíam, caía também o consumo específico dos veículos novos. Dados do Reino Unido, levantados nesta mesma época indicam um comportamento muito semelhante. Com isto, apresentam-se evidências de que o preço dos combustíveis pode apresentar somente uma influência muito pequena no consumo específico dos veículos novos. Entretanto, necessita-se avaliar a influência do preço do combustível no comportamento dos consumidores bem informados quanto ao consumo específico dos veículos. É intuitiva a tendência de que quanto mais caro for o combustível e mais bem informado for o consumidor, maiores serão as chances deste consumidor optar por comprar um veículo mais eficiente.

Finalmente, destaca-se mais uma vez que, reduções de consumo específico irão resultar em redução efetiva no custo unitário das viagens. Como consequência, as viagens irão aumentar (em número ou em distâncias viajadas) levando com isso um aumento no consumo de combustível (efeito *rebound*), fazendo com que se perca parte do impacto positivo alcançado com a redução do consumo específico. Entretanto, os resultados obtidos por GREENING *et al.* (2000) através de análises agregadas e por domicílio indicam que as reduções de consumo específico apresentam uma eficiência de 50% a 80% . Contudo, estudos de análise de efeito dos padrões CAFE sobre a composição da frota, sobre preços e sobre consumo de combustível mostram que um menor consumo específico da frota não é neutralizado pelo aumento das viagens devido ao efeito *rebound* que se apresenta insignificante (GOLDBERG, 1996 em BEZDEK E WENDLING, 2005).

A seguir serão detalhadas as duas principais medidas específicas visando à redução do consumo específico dos veículos leves novos: adoção de padrões que refletem a eficiência energética e implantação de programas de informação ao consumidor de veículos.

## **CAPÍTULO 4. PADRÕES QUE REFLETEM A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E PROGRAMAS DE INFORMAÇÃO AO CONSUMIDOR DE VEÍCULOS**

### **4.1. PADRÕES OBRIGATÓRIOS QUE REFLETEM A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

#### ***4.1.1. Visão Geral***

Padrões obrigatórios, que refletem a eficiência energética nos veículos, são normas que estipulam um valor máximo de consumo específico ou mínimo de eficiência de consumo. Estes limites podem ser definidos para determinados grupos de veículos ou para a frota como um todo. Por sua vez, padrões de emissão de CO<sub>2</sub>, que também refletem a eficiência energética, determinam um valor máximo de emissão para certos veículos de uma frota ou para toda a frota em questão.

Devido a razões históricas, culturais e políticas, diferentes países adotam diferentes tipos de padrões que refletem a eficiência energética dos veículos. Tais padrões podem diferir quanto ao rigor, à forma, à abrangência e ao teste utilizado para medir o consumo específico ou as emissões do veículo. A Tabela 4.1 lista os cinco países que em janeiro de 2006 já haviam adotado algum tipo de padrão obrigatório. Observa-se também nesta tabela, além do tipo de padrão adotado, qual a unidade deste padrão, a sua abrangência, ou seja, quais os veículos que devem respeitar estes padrões e por fim o ano em que os padrões foram estabelecidos.

Alguns países desenvolveram seu próprio protocolo de testes para medição de emissões e de eficiência de consumo ou consumo específico, sendo estes protocolos adotados por outros países. O elemento chave de um protocolo de teste é o ciclo de direção desenvolvido de modo a representar os padrões de direção dos veículos em uso de cada país. O ciclo de direção é uma curva velocidade x tempo a ser seguida em cada ensaio. Na Figura A1 em anexo são apresentados os ciclos de direção US-CAFE, NEDC e Japan 10-15. Uma vez que as emissões veiculares e o consumo de combustível de um veículo dependem de como o veículo é dirigido torna-se um desafio comparar os padrões de eficiência energética ou emissões de diferentes países.

**Tabela 4.1:** Padrões obrigatórios de eficiência energética e emissões de CO<sub>2</sub>

| País          | Tipo de Padrão e (Teste)            | Unidade                  | Abrangência   | Início |
|---------------|-------------------------------------|--------------------------|---|--------|
| EUA           | Eficiência de consumo (US CAFE)     | milha/galão              | automóveis/<br>comerciais leves                               | 1975   |
|               | Emissões (Califórnia) (US CAFE)     | g CO <sub>2</sub> /milha |   | 2006   |
| Japão         | Eficiência de consumo (Japan 10-15) | km/l                     | automóveis/comerciais leves<br>Com base na massa do veículo   | 1999   |
| Taiwan        | Eficiência de consumo (US CAFE)     | km/l                     | automóveis/comerciais leves<br>Com base no tamanho do motor   | 2003   |
| China         | Consumo específico (EU NEDC)        | l/100km                  | automóveis/comerciais leves<br>Com base na massa do veículo   | 2004   |
| Coréia do Sul | Eficiência de consumo (US CAFE)     | km/l                     | automóveis e comerciais leves<br>Com base no tamanho do motor | 2004   |

Fonte: (AN E SAUER, 2004)

O primeiro conjunto de padrões de eficiência de consumo surgiu nos Estados Unidos, em 1975, em decorrência da crise do petróleo iniciada em 1973. Em vista de reduzir a dependência americana em relação ao petróleo estrangeiro, o Congresso dos Estados Unidos aprovou a Lei de Conservação e Política Energética (*Energy Policy and Conservation Act*) que estabelecia os padrões CAFE (*Corporate Average Fuel Economy*) a serem respeitados pelos fabricantes de veículos leves.

Mesmo com os padrões CAFE em vigor, em 2002, o estado da Califórnia, determinou que o *California Air Resources Board (CARB)* estabelecesse a máxima redução possível (tecnologicamente e economicamente) de GEE por parte dos veículos automotores da Califórnia. Em janeiro de 2006, uma lei contendo uma nova regulamentação de padrões de emissão de GEE (proposta pelo *CARB*) entrou em vigor.

Em 1999, o governo japonês estabeleceu o *Top Runner Program* um programa de conservação energética abrangendo indústria, construções e equipamentos. Como parte deste programa, foi estabelecido um conjunto de padrões obrigatórios de eficiência de consumo para automóveis e veículos comerciais leves a gasolina e a diesel com base na massa dos veículos.

Em 2003, Taiwan estabeleceu um conjunto de padrões obrigatórios de eficiência de consumo. Tais padrões são baseados no tamanho do motor dos veículos (volume do

cilindro) e abrange motocicletas, automóveis e veículos comerciais leves a gasolina e a diesel.

Por sua vez o governo chinês em 2004 estabeleceu um conjunto obrigatório de padrões de consumo específico para automóveis e veículos comerciais leves a fim de reduzir a dependência do petróleo importado. Além disto, o governo visava consolidar a indústria automobilística na China, ou seja, eliminar os fabricantes pequenos e ineficientes, e promover uma maior utilização, no mercado chinês, de tecnologias mais eficientes por parte dos fabricantes estrangeiros.

#### ***4.1.2. Nos Estados Unidos***

Em 1975, com a aprovação pelo Congresso norte-americano da lei de Conservação e Política Energética que estabelecia a criação dos padrões obrigatórios que refletissem a eficiência energética dos veículos, o Departamento de Transportes norte-americano (DOT), através da *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA), definiu e regulamentou os padrões CAFE.

Para efeito de definição dos padrões CAFE, os veículos norte-americanos apresentam uma importante distinção entre automóveis e veículos comerciais leves, com cada grupo tendo seus próprios padrões, sendo os padrões dos automóveis mais restritivos que os dos veículos comerciais leves. Esta distinção foi levada em consideração numa época em que os veículos comerciais leves correspondiam a um pequeno percentual da frota de veículos leves sendo os mais comuns as caminhonetes usadas para serviços gerais e na agricultura. De acordo com a regulamentação própria é classificado como automóvel qualquer veículo com quatro rodas que não tenha sido projetado para uso fora-de-estrada e que transporte 10 ou menos passageiros. Por sua vez, veículos comerciais leves são os veículos com quatro rodas que são projetados para uso fora-de-estrada ou veículos com peso bruto entre 6.000 libras e 8.500 libras (entre 2,72 t e 3,86 t) e que têm características de projeto de caminhão.

Os padrões CAFE são limites mínimos (em milhas por galão) a serem alcançados pela frota de cada fabricante de automóveis e veículos comerciais leves vendidos nos Estados Unidos. Ou seja, a eficiência de consumo média de uma frota de um

determinado fabricante, ponderada pelo número de veículos produzidos por este fabricante, deve ultrapassar o valor determinado como padrão CAFE. O cálculo desta eficiência de consumo média da frota de cada fabricante é feito através da equação 4.1 (NHTSA, 2006).

$$\text{Eficiência de consumo média}_{\text{fabricante}}(\text{frota}) = \frac{\sum_{i=1}^j \text{veículos do modelo}(i)}{\sum_{i=1}^j \left( \frac{\text{veículos do modelo}(i)}{\text{eficiência de consumo do modelo}(i)} \right)} \quad (4.1)$$

onde: frota.....frota de automóveis ou de veículos comerciais leves;

j ..... modelos fabricados com menos de 8.500 libras de peso bruto.

A legislação que estabelece os padrões CAFE prevê um tratamento especial para o cálculo da eficiência de consumo dos veículos que utilizam combustíveis alternativos, seja o veículo dedicado ou bi-combustível. A eficiência de consumo dos veículos dedicados para fins de atendimento dos padrões CAFE é calculada dividindo-se a sua eficiência de consumo real por 0,15. Já a dos veículos bi-combustível é calculada através de uma ponderação da eficiência de consumo do combustível tradicional com a eficiência de consumo do combustível alternativo dividida por 0,15 (NHTSA, 2006).

A legislação estabelece também os créditos CAFE que são créditos recebidos pelos fabricantes quando a eficiência de consumo média de um determinado modelo excede o padrão CAFE daquele ano. Estes créditos poderão ser utilizados nos três anos seguintes ou nos três anos anteriores para compensar a eficiência de consumo média que não tenha alcançado o padrão estabelecido (NHTSA, 2006).

Os padrões CAFE para automóveis foram definidos com o intuito de se alcançar, em 1985, o dobro da eficiência de consumo média em relação aos níveis de 1975, ou seja, alcançar 27,5 mpg. Para isto foram estabelecidos pelo próprio Congresso limites para os anos-modelo 1978 (18mpg), 1979 (19mpg), 1980 (20mpg) e 1985 (27,5 mpg). Posteriormente foram estabelecidos pela NHTSA os limites para os anos-modelo de 1981 a 1984: 22, 24, 26 e 27 mpg respectivamente. Para o período pós 1985, o Congresso recomendou que se mantivesse o patamar de 27,5 mpg, entretanto, autorizava o DOT a alterar este limite. Desta forma, os limites para os anos-modelo de

1986 a 1989 foram reduzidos. Por fim, o limite de 27,5mpg para automóveis voltou a ser adotado para o ano-modelo 1990, permanecendo neste patamar até 2006 (USDOT, 2005).

Quanto aos padrões CAFE para veículos comerciais leves, o Congresso norte-americano não definiu um patamar de eficiência energética a ser alcançado. Em vez disso, requisitou que os limites a serem estabelecidos para o ano-modelo 1979 e seguintes fossem factíveis. Desta forma a NHTSA estabeleceu limites para os anos-modelo de 1979 a 2006. Inicialmente para os veículos de ano-modelo 1979, com peso bruto inferior a 6.000 libras (2,72 t), foram estabelecidos dois limites: 17,2 mpg para modelos com tração 4x2 e 15,8 mpg para modelos com tração 4x4. Os limites para o ano-modelo 1980 e seguintes se referem aos veículos com peso bruto inferior a 8.500 libras (3,86t). Até o ano-modelo 1991, os padrões para veículos comerciais leves foram sendo restringidos gradativamente até o patamar de 20,7 e 19,1 mpg. Para os anos-modelo de 1982 a 1991 os fabricantes poderiam optar entre combinar a eficiência das frotas 4x2 e 4x4 ou calculá-las separadamente. Para o ano-modelo 1992 foi eliminada a distinção entre os diferentes tipos de tração e as frotas passaram a ter como limite mínimo o valor de 20,2 mpg. Progressivamente este limite mínimo foi sendo restringido até chegar ao valor de 20,7 mpg para o ano-modelo de 1996. Este limite permaneceu fixo até o ano-modelo 2004 sendo alterado para 21,0 mpg para o ano-modelo 2005, 21,6 mpg para o ano-modelo 2006 e 22,2 mpg para o ano-modelo 2007 (US-DOT, 2005).

Em 2006, a NHTSA publicou uma lei que além de estabelecer novos padrões de eficiência de consumo para os veículos comerciais leves, referentes aos anos-modelo 2008-2011, também reformou a estrutura destes padrões. Afim de permitir uma melhor adaptação dos fabricantes à nova estrutura, foram estabelecidos, nos moldes antigos, padrões para anos-modelo de 2008 a 2010. Estes padrões foram chamados padrões não-reformados sendo: 22,5 mpg para 2008; 23,1 mpg para 2009; e 23,5 mpg para 2010. Para o período de 2008 a 2010 os fabricantes poderão optar por seguir os padrões não-reformados ou os reformados.

A nova estrutura a ser adotada, obrigatoriamente a partir do ano-modelo 2011, é baseada no tamanho do veículo e passará a contemplar também os veículos comerciais médios (entre 8.500 libras e 10.000 libras – de 3.850kg a 4.500 kg) . Os padrões

reformados são estabelecidos de acordo com a área da base do veículo (distância, pelo eixo, entre os centros dos pneus, multiplicada pela distância entre eixos). Cada valor definido de área da base é associado a uma meta de eficiência de consumo calculada através de uma função contínua representada na Equação 4.2 (US-DOT, 2006). Os parâmetros a serem utilizados na equação 4.2 são apresentados na Tabela 4.2

$$T = \frac{1}{\frac{1}{a} + \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{a}\right) \frac{e^{(x-c)/d}}{1 + e^{(x-c)/d}}} \quad (4.2)$$

Onde: T .....meta de eficiência de consumo [mpg];

a .....meta máxima de eficiência de consumo [mpg];

b.....meta mínima de eficiência de consumo [mpg];

c.....área da base correspondente a meta média de eficiência de consumo [pés<sup>2</sup>];

d.....taxa de declínio [pés<sup>2</sup>];

x.....área da base do veículo [pés<sup>2</sup>];

e = 2,718.

**Tabela 4.2:** Valores calibrados para os parâmetros de cálculo de meta de eficiência de consumo para padrões CAFE reformados.

| Ano-modelo | Parâmetros |       |       |       |
|------------|------------|-------|-------|-------|
|            | a          | b     | c     | d     |
| 2008       | 28,56      | 19,99 | 49,30 | 5,58  |
| 2009       | 30,07      | 20,87 | 48,00 | 5,81  |
| 2010       | 29,96      | 21,20 | 48,49 | 5,50  |
| 2011       | 30,42      | 21,79 | 47,74 | 4,645 |

Fonte: (US-DOT, 2006)

No sistema reformado o padrão CAFE é estabelecido para cada fabricante separadamente, já que, depende do número de veículos produzidos pelo fabricante e das metas de eficiência de consumo calculadas de acordo com a área da base dos veículos produzidos. Com isto, o padrão CAFE reformado para cada fabricante é calculado através da Equação 4.3.

$$Padr\tilde{a}oCAFE_{fabricante}(frota) = \frac{\sum_{i=1}^j \text{ve\i{c}ulos do modelo}(i)}{\sum_{i=1}^j \left( \frac{\text{ve\i{c}ulos do modelo}(i)}{T(i)} \right)} \quad (4.3)$$

onde: i .....modelos dos ve\i{c}ulos;

frota....frota de comerciais leves do fabricante;

j.....n\i{u}mero de modelos de comerciais leves produzidos pelo fabricante;

T.....meta de efici\ec{e}ncia de consumo em fun\c{c}o da \e{a}rea da base.

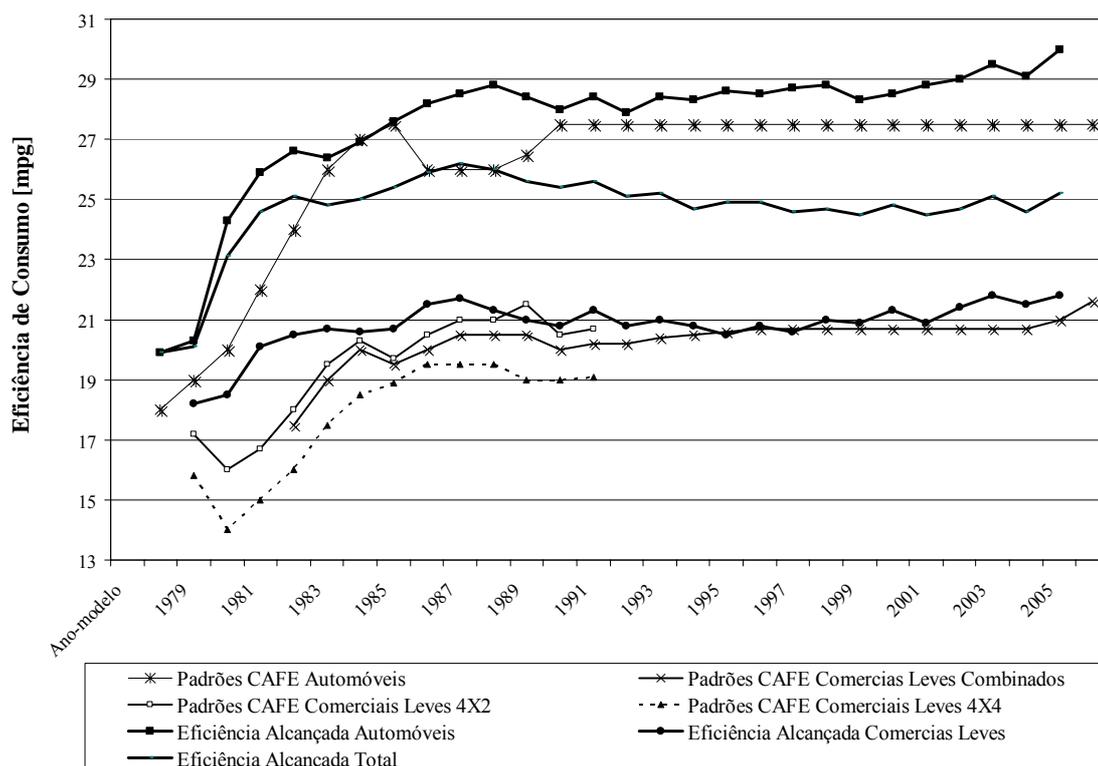
A Tabela 4.3 apresenta um exemplo de metas de efici\ec{e}ncia de consumo para comerciais leves ano-modelo 2005 associadas \e{a} estrutura reformada para ano-modelo 2011.

**Tabela 4.3:** Metas de efici\ec{e}ncia de consumo em fun\c{c}o da \e{a}rea da base para alguns modelos de ve\i{c}ulos comerciais leves

| Ve\i{c}ulo                | \e{a}rea da base (p\ea{e}^2) | Meta de efici\ec{e}ncia de consumo (mpg) |
|---------------------------|------------------------------|--|
| Ford F-150 Super Cab      | 75,8                         | 21,81                                    |
| GM Silverado Extended Cab | 65,3                         | 21,93                                    |
| Lincoln Navigator         | 55,4                         | 22,84                                    |
| Honda Odyssey             | 54,7                         | 22,98                                    |
| Hummer H3                 | 50,7                         | 24,16                                    |
| GM Equinox                | 48,2                         | 25,19                                    |
| Saturn Vue                | 45,2                         | 26,56                                    |
| Ford Escape               | 43,5                         | 27,32                                    |

Fonte: (US-DOT, 2006)

A evolu\c{c}o dos padr\es CAFE juntamente com a evolu\c{c}o da efici\ec{e}ncia de consumo m\ea{d}ia alcan\c{c}ada pela frota de autom\o{v}eis e pela frota de comerciais leves, bem como a efici\ec{e}ncia de consumo m\ea{d}ia combinada entre as duas frotas at\ea{e} 2006 pode ser observada na Figura 4.1. Pode-se notar que o patamar planejado de efici\ec{e}ncia de consumo de autom\o{v}eis para 1985 foi realmente alcan\c{c}ado e desde ent\ao a efici\ec{e}ncia de consumo alcan\c{c}ada pela frota de autom\o{v}eis sempre esteve acima do limite m\i{n}imo do padr\o CAFE.



**Figura 4.1** Evolução dos padrões CAFE e da eficiência de consumo da frota de veículos leves dos Estados Unidos (a partir de US-DOT, 2005)

Em relação à frota de comerciais leves nota-se que de 1979 até 1989 a eficiência de consumo média alcançada esteve acima dos limites mínimos estabelecidos, ficando abaixo do limite somente em 1989 em relação à frota com tração 4x2. De 1990 a 2005 a eficiência de consumo média alcançada ficou sempre muito próxima dos limites mínimos tendo ficado por duas vezes abaixo do limite mínimo: em 1995 e em 1997.

A regulamentação dos padrões CAFE prevê a aplicação de multas em caso de não atendimento aos limites mínimos estabelecidos. Atualmente a multa é de US\$ 5,50 para cada décimo de milha por galão abaixo do limite estabelecido, vezes o volume total de veículos fabricados do referido ano-modelo. Desde 1983, a indústria automobilística europeia já pagou mais de US\$ 500 milhões em penas civis. Os fabricantes americanos e asiáticos nunca pagaram multas.

Em janeiro de 2007, foi apresentado ao Congresso norte-americano um plano presidencial de segurança energética onde os principais objetivos são a reforma e o aperfeiçoamento dos padrões CAFE a fim de se obter, até 2017, uma redução de 5% no consumo norte-americano de gasolina.

Com o objetivo de implementar o plano presidencial de segurança energética, no que se refere ao aperfeiçoamento dos padrões CAFE, a NHTSA publicou, em fevereiro de 2007, um requerimento visando adquirir informações novas e mais atualizadas a respeito dos planos de produção dos fabricantes de veículos leves.

Mais especificamente, a NHTSA objetiva com este requerimento obter dos fabricantes de veículos informações relacionadas à melhoria de eficiência de consumo para os automóveis de ano-modelo 2007-2017 e para os comerciais leves de anos-modelo 2011-2017. A partir destas informações obtidas, a NHTSA pretende reformar a estrutura dos padrões CAFE para automóveis e estabelecer novos padrões para ano-modelos 2007-2017. Além disto, pretende-se também estabelecer novos padrões, com base na estrutura já reformada, para ano-modelos 2011-2017 de comerciais leves (NHTSA, 2007).

No caso do estado da Califórnia foram adotados padrões de emissões de CO<sub>2</sub> a serem seguidos em duas fases: a curto prazo (de 2009 a 2012); e a médio prazo (de 2013 a 2016). Os padrões de emissão de CO<sub>2</sub> serão aplicados em dois grupos de veículos: o grupo dos automóveis e dos veículos comerciais leves com menos de 3.750 libras (1.700kg); e o grupo dos veículos leves entre 3.750 libras e 8.500 libras (de 1.700kg a 3.855kg) e dos veículos médios entre 8.500 libras e 10.000 libras (de 3.855kg a 4.535 kg). Estes padrões serão incorporados diretamente no atual Programa de Veículos com Baixas Emissões (*LEV Program*) somando-se aos padrões de emissão de poluentes já utilizados. A Tabela 4.4 apresenta tanto os padrões de emissão de CO<sub>2</sub> da Califórnia quanto os padrões de eficiência de consumo equivalentes aos mesmos .

Ao término de cada fase de implantação, os padrões a curto prazo e os padrões a médio prazo irão representar para a nova frota de veículos leves uma redução de 22% e de 30%, respectivamente, nas emissões de CO<sub>2</sub> comparadas à frota de 2002. Além disto, o CARB estima que estes padrões de emissão adotados serão responsáveis pela redução de 87.700 toneladas de CO<sub>2</sub> eq por dia em 2020 e por 155.200 toneladas de CO<sub>2</sub> eq por dia em 2030 (CARB, 2004).

**Tabela 4.4:** Padrões de emissão de CO<sub>2</sub> a serem atendidos no estado da Califórnia

| Fases de Aplicação | Ano  | Padrões de Emissão de GEE<br>(gCO <sub>2</sub> Eq/milha) |                        | Padrão CAFE-equivalente (mpg) |                        |
|--------------------|------|--|------------------------|-------------------------------|------------------------|
|                    |      | Autos/Comerciais Leves(LDT1)                             | Comerciais Leves(LDT2) | Autos/Comerciais Leves(LDT1)  | Comerciais Leves(LDT2) |
| Curto Prazo        | 2009 | 323  | 439                    | 27,6                          | 20,3                   |
|                    | 2010 | 301  | 420                    | 29,6                          | 21,2                   |
|                    | 2011 | 267  | 390                    | 33,3                          | 22,8                   |
|                    | 2012 | 233  | 361                    | 38,2                          | 24,7                   |
| Médio Prazo        | 2013 | 227  | 355                    | 39,2                          | 25,1                   |
|                    | 2014 | 222  | 350                    | 40,1                          | 25,4                   |
|                    | 2015 | 213  | 341                    | 41,8                          | 26,1                   |
|                    | 2016 | 205  | 332                    | 43,4                          | 26,8                   |

Fonte: (CARB, 2004 e AN E SAUER, 2004)

#### 4.1.3. No Japão

O Programa *Top Runner* foi introduzido no Japão, em 1999, como consequência da Lei de Conservação de Energia a fim de assegurar o uso eficiente de energia em função da crise do petróleo e das questões do aquecimento global. Um dos principais focos deste programa foi o setor de transportes abordado através do estabelecimento de padrões de eficiência de consumo.

Neste mesmo ano de 1999, o governo japonês estabeleceu um conjunto de padrões de eficiência de consumo para veículos leves de passageiros e comerciais leves (até 10 passageiros e com menos de 2.500 kg), a gasolina e a diesel, baseados no peso dos veículos. Em 2003, foram estabelecidos padrões para gás liquefeito de petróleo (GLP). Os padrões para os veículos a diesel a serem atingidos de forma obrigatória em 2005 e os primeiros padrões para veículos a gasolina e a GLP a serem atingidos de forma obrigatória em 2010 são apresentados na Tabela 4.5. Em 2006, os padrões foram estendidos para veículos com mais de 10 passageiros e acima de 3.500 kg.

Os fabricantes japoneses bem como os importadores de veículos leves devem atender aos padrões estabelecidos para cada categoria de peso através de uma média ponderada pelo número de veículos produzidos e importados de cada categoria.

**Tabela 4.5:** Padrões de eficiência de consumo estabelecidos pelo Programa *Top Runner* do Japão para veículos leves de passageiros

| Parâmetros   | Padrões de eficiência de consumo (km/l) |        |      |
|--------------|---|--------|------|
|              | Tipos de Combustível Usado              |        |      |
| Peso (kg)    | Gasolina                                | Diesel | GLP  |
| Menos de 703 | 21,2                                    | 18,9   | 15,9 |
| 703-828      | 18,8                                    | 18,9   | 14,1 |
| 828-1016     | 17,9                                    | 18,9   | 13,5 |
| 1016-1266    | 16,0                                    | 16,2   | 12,0 |
| 1266-1516    | 13,0                                    | 13,2   | 9,8  |
| 1516-1766    | 10,5                                    | 11,9   | 7,9  |
| 1766-2016    | 8,9                                     | 10,8   | 6,7  |
| 2016-2266    | 7,8                                     | 9,8    | 5,9  |
| 2266 e acima | 6,4                                     | 8,7    | 4,8  |

Fonte: (ECCJ, 2006)

Uma vez que em 2004, 80% dos veículos leves a gasolina vendidos no mercado japonês já estavam em conformidade com os padrões a serem atingidos em 2010, e que maiores esforços seriam necessários para se atingir as metas japonesas para redução de emissões de CO<sub>2</sub>, foram instituídos em 2005 pelo governo japonês, dois comitês para o estabelecimento de novos padrões de eficiência de consumo baseados no Programa *Top Runner* (AESS e AFESS, 2007)

Em fevereiro de 2007, foi apresentado pelos dois comitês, em conjunto, um relatório final com as revisões propostas para os novos padrões de eficiência de consumo baseados no Programa *Top Runner*. Em síntese o relatório propõe:

- Quanto à abrangência dos padrões:
  - veículos de passageiros (até 10 passageiros) a gasolina, a diesel e a GLP;
  - veículos de passageiros (11 ou mais passageiros), com menos de 3.500kg, a gasolina e a diesel;
  - veículos de passageiros (11 ou mais passageiros), com mais de 3.500kg, a diesel;
  - veículos comerciais, com menos de 3.500kg, a gasolina e a diesel;
  - veículos comerciais, com mais de 3.500kg, a diesel;

- Quanto à meta de ano-modelo : 2015;
- Quanto ao ensaio para cálculo da eficiência de consumo: JC08;
- Quanto às categorias a serem utilizadas: categorias de peso de acordo com o tipo de veículo, tipo de combustível, tipo de estrutura<sup>16</sup> e tipo de transmissão;
- Padrões para veículos de passageiros de acordo com as Tabela 4.6, 4.7, 4.8 4.9. e 4.10

**Tabela 4.6:** Padrões de eficiência de consumo para veículos de passageiro, propostos para 2015 pelo Programa *Top Runner* do Japão.

| Categoria | Peso do Veículo (kg) | Padrões de Eficiência de Consumo (km/l) |
|-----------|----------------------|---|
| 1         | - 600                | 22,5                                    |
| 2         | 601 - 740            | 21,8                                    |
| 3         | 741 - 855            | 21,0                                    |
| 4         | 856 - 970            | 20,8                                    |
| 5         | 971 - 1.080          | 20,5                                    |
| 6         | 1.081 - 1.195        | 18,7                                    |
| 7         | 1.196 - 1.310        | 17,2                                    |
| 8         | 1.311 - 1.420        | 15,8                                    |
| 9         | 1.421 - 1.530        | 14,4                                    |
| 10        | 1.531 - 1.650        | 13,2                                    |
| 11        | 1.651 - 1.760        | 12,2                                    |
| 12        | 1.761 - 1.870        | 11,1                                    |
| 13        | 1.871 - 1.990        | 10,2                                    |
| 14        | 1.991 - 2.100        | 9,4                                     |
| 15        | 2.101 - 2.270        | 8,7                                     |
| 16        | 2.271 -              | 7,4                                     |

Fonte: (AESS e AFESS, 2007)

**Tabela 4.7:** Padrões de eficiência de consumo para veículos comerciais leves, propostos para 2015 pelo Programa *Top Runner* do Japão (AESS e AFESS, 2007)

| Categoria | Transmissão | Peso do Veículo (kg) | Padrões de Eficiência de Consumo (km/l) |
|-----------|-------------|----------------------|---|
| 1         | Manual      | - 1.080              | 18,5                                    |
| 2         |             | 1.081 -              | 17,1                                    |
| 3         | Automática  | - 1.080              | 17,4                                    |
| 4         |             | 1.081 - 1.195        | 15,8                                    |
| 5         |             | 1.196 -              | 14,7                                    |

Fonte: (AESS e AFESS, 2007)

<sup>16</sup> O tipo de estrutura é dado em função da capacidade de carga e do peso bruto do veículo.

**Tabela 4.8:** Padrões de eficiência de consumo para mini-veículos comerciais, propostos para 2015 pelo Programa *Top Runner* do Japão

| Categoria | Estrutura do Veículo | Transmissão | Peso do Veículo (kg) | Padrões de eficiência de consumo (km/l) |
|-----------|----------------------|-------------|----------------------|---|
| 1         | Estrutura A          | Manual      | - 740                | 23,2                                    |
| 2         |                      |             | 741 -                | 20,3                                    |
| 3         |                      | Automática  | - 740                | 20,9                                    |
| 4         |                      |             | 741 – 855            | 19,6                                    |
| 5         |                      |             | 856 -                | 18,9                                    |
| 6         | Estrutura B          | Manual      | - 740                | 18,2                                    |
| 7         |                      |             | 741 - 855            | 18,0                                    |
| 8         |                      |             | 856 - 970            | 17,2                                    |
| 9         |                      |             | 971 -                | 16,4                                    |
| 10        |                      | Automática  | - 740                | 16,4                                    |
| 11        |                      |             | 741 - 855            | 16,0                                    |
| 12        |                      |             | 856 - 970            | 15,4                                    |
| 13        |                      |             | 971 -                | 14,7                                    |

Fonte: (AESS e AFESS, 2007)

**Tabela 4.9:** Padrões de eficiência de consumo para veículos comerciais médios, propostos para 2015 pelo Programa *Top Runner* do Japão - Gasolina

| Categoria | Combustível | Estrutura do Veículo | Transmissão | Peso do Veículo (kg) | Padrões de eficiência de consumo |
|-----------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|----------------------------------|
| 1         | Gasolina    | Estrutura A          | Manual      | -                    | 14,2                             |
| 2         |             |                      | Automática  | - 1.310              | 13,3                             |
| 3         |             |                      |             | 1.311 -              | 12,7                             |
| 4         |             | Estrutura B1         | Manual      | - 1.310              | 11,9                             |
| 5         |             |                      |             | 1.311 - 1.420        | 10,6                             |
| 6         |             |                      |             | 1.421 - 1.530        | 10,3                             |
| 7         |             |                      |             | 1.531 - 1.650        | 10,0                             |
| 8         |             |                      |             | 1.651 - 1.760        | 9,8                              |
| 9         |             |                      | 1.761 -     | 9,7                  |                                  |
| 10        |             |                      | Automática  | - 1.310              | 10,9                             |
| 11        |             |                      |             | 1.311 - 1.420        | 9,8                              |
| 12        |             |                      |             | 1.421 - 1.530        | 9,6                              |
| 13        |             |                      |             | 1.531 - 1.650        | 9,4                              |
| 14        |             | 1.651 - 1.760        |             | 9,1                  |                                  |
| 15        |             | 1.761 - 1.870        | 8,8         |                      |                                  |
| 16        |             | 1.871 -              | 8,5         |                      |                                  |
| 17        |             | Estrutura B2         | Manual      | - 1.310              | 11,2                             |
| 18        |             |                      |             | 1.311 - 1.420        | 10,2                             |
| 19        |             |                      |             | 1.421 - 1.530        | 9,9                              |
| 20        |             |                      |             | 1.531 - 1.650        | 9,7                              |
| 21        |             |                      |             | 1.651 - 1.760        | 9,3                              |
| 22        |             |                      | 1.761 -     | 8,9                  |                                  |
| 23        |             |                      | Automática  | - 1.310              | 10,5                             |
| 24        |             |                      |             | 1.311 - 1.420        | 9,7                              |
| 25        |             |                      |             | 1.421 - 1.530        | 8,9                              |
| 26        |             |                      |             | 1.531 - 1.650        | 8,6                              |
| 27        |             | 1.651 -              |             | 7,9                  |                                  |

Fonte: (AESS e AFESS, 2007)

**Tabela 4.10:** Padrões de eficiência de consumo para veículos comerciais médios, propostos para 2015 pelo Programa *Top Runner* do Japão - Diesel

| Categoria | Combustível | Estrutura do Veículo       | Transmissão | Peso do Veículo (kg) | Padrões de eficiência de consumo |
|-----------|-------------|----------------------------|-------------|----------------------|----------------------------------|
| 28        | Diesel      | Estrutura A e Estrutura B1 | Manual      | - 1.420              | 14,5                             |
| 29        |             |                            |             | 1.421 - 1.530        | 14,1                             |
| 30        |             |                            |             | 1.531 - 1.650        | 13,8                             |
| 31        |             |                            |             | 1.651 - 1.760        | 13,6                             |
| 32        |             |                            |             | 1.761 - 1.870        | 13,3                             |
| 33        |             |                            |             | 1.871 - 1.990        | 12,8                             |
| 34        |             |                            |             | 1.991 - 2.100        | 12,3                             |
| 35        |             |                            |             | 2.101 -              | 11,7                             |
| 36        |             |                            | Automática  | - 1.420              | 13,1                             |
| 37        |             |                            |             | 1.421 - 1.530        | 12,8                             |
| 38        |             |                            |             | 1.531 - 1.650        | 11,5                             |
| 39        |             |                            |             | 1.651 - 1.760        | 11,3                             |
| 40        |             |                            |             | 1.761 - 1.870        | 11,0                             |
| 41        |             |                            |             | 1.871 - 1.990        | 10,8                             |
| 42        |             |                            |             | 1.991 - 2.100        | 10,3                             |
| 43        |             |                            |             | 2.101 -              | 9,4                              |
| 44        |             | Estrutura B2               | Manual      | - 1.420              | 14,3                             |
| 45        |             |                            |             | 1.421 - 1.530        | 12,9                             |
| 46        |             |                            |             | 1.531 - 1.650        | 12,6                             |
| 47        |             |                            |             | 1.651 - 1.760        | 12,4                             |
| 48        |             |                            |             | 1.761 - 1.870        | 12,0                             |
| 49        |             |                            |             | 1.871 - 1.990        | 11,3                             |
| 50        |             |                            |             | 1.991 - 2.100        | 11,2                             |
| 51        |             |                            |             | 2.101 -              | 11,1                             |
| 52        |             |                            | Automática  | - 1.420              | 12,5                             |
| 53        |             |                            |             | 1.421 - 1.530        | 11,8                             |
| 54        |             |                            |             | 1.531 - 1.650        | 10,9                             |
| 55        |             |                            |             | 1.651 - 1.760        | 10,6                             |
| 56        |             |                            |             | 1.761 - 1.870        | 9,7                              |
| 57        |             |                            |             | 1.871 - 1.990        | 9,5                              |
| 58        |             |                            |             | 1.991 - 2.100        | 9,0                              |
| 59        |             | 2.101 -                    | 8,8         |                      |                                  |

Fonte: (AESS e AFESS, 2007)

O relatório final (AESS e AFESS, 2007) também faz um levantamento do potencial de aumento de eficiência de consumo em função dos novos padrões a serem adotados a partir de 2015. No caso dos veículos de passageiros os novos padrões trariam em 2015 um aumento de 23,5% em relação a eficiência de consumo da frota em 2004 (de 13,6 km/l em 2004 para 16,8 km/l em 2015) e de 29,2% em relação a eficiência de consumo média estimada a partir dos padrões já adotados para 2010 (de 13,0 km/l em 2010 para 16,8 km/l em 2015). No caso dos veículos comerciais leves o aumento na eficiência de

consumo da frota de 2015 seria de 12,6% em relação a frota de 2004 (de 13,5 km/l em 2004 para 15,2 km/l em 2015).

#### 4.1.4. Em Taiwan

O governo de Taiwan estabeleceu padrões de eficiência de consumo para veículos novos baseados em sete categorias de tamanho de motor com base no volume dos cilindros. Os padrões são definidos para veículos de passageiros a gasolina e a diesel, veículos comerciais leves e veículos comerciais com menos de 2.500kg. A Tabela 4.11 mostra estes padrões bem como o equivalente em eficiência de consumo do CAFE.

**Tabela 4.11:** Padrões de eficiência de consumo para Taiwan

| Tamanho do Motor (volume do compartimento dos cilindros)<br>(cm <sup>2</sup> ) | Padrões de eficiência de consumo |                             |
|--|----------------------------------|-----------------------------|
|  | km/l                             | Padrão CAFE equivalente mpg |
| <1.200   | 15,4                             | 36,2                        |
| 1.200 - 1.800  | 11,6                             | 27,3                        |
| 1.801 - 2.400  | 10,5                             | 24,7                        |
| 2.401 - 3.000  | 9,4                              | 22,1                        |
| 3.001 - 3.600  | 8,5                              | 20,0                        |
| 3.601 - 4.200  | 7,8                              | 18,3                        |
| >4.201   | 7,2                              | 16,9                        |

Fonte: (AN E SAUER, 2004)

#### 4.1.5. Na China

A formulação de normas chinesas para consumo de combustível teve início em 2000 com um *workshop* envolvendo diversos órgãos chineses. Em 2001, deu-se o início a um estudo de viabilidade visando os veículos leves de passageiros e, em 2003, foi aprovado e publicado o procedimento de teste para cálculo de consumo específico de veículos leves. Em 2004, o Comitê de Padronização de Veículos formulou as normas de consumo de combustível estabelecendo padrões de consumo específico a serem implantados em duas fases: a fase 1, para modelos novos, a ter início em 2005, e para modelos continuados, com início em julho de 2006; e a fase 2, para modelos novos, a ter início em janeiro de 2008, e para modelos continuados com início em janeiro de 2009.

Os padrões chineses de consumo específico, em l/100km, são estabelecidos em 16 categorias de peso, variando de 750kg (1.500 libras) a 2.500kg (5.500 libras) com base nas categorias de peso e emissão européias. Os padrões se destinam a um grupo de

veículos denominado, pela classificação europeia, veículos tipo M1 que são os automóveis, os SUVs e os MPVs (*multi-purpose vans*) com menos de 9 lugares. Diferentes padrões são estabelecidos em função do tipo de transmissão, se automática ou manual (Tabela 4.12) Os SUVs e os MPVs, independente do tipo de transmissão, compartilham dos mesmos padrões que os automóveis com transmissão automática. Veículos comerciais e camionetes não são regulados por estes padrões.

**Tabela 4.12:** Padrões chineses de consumo específico

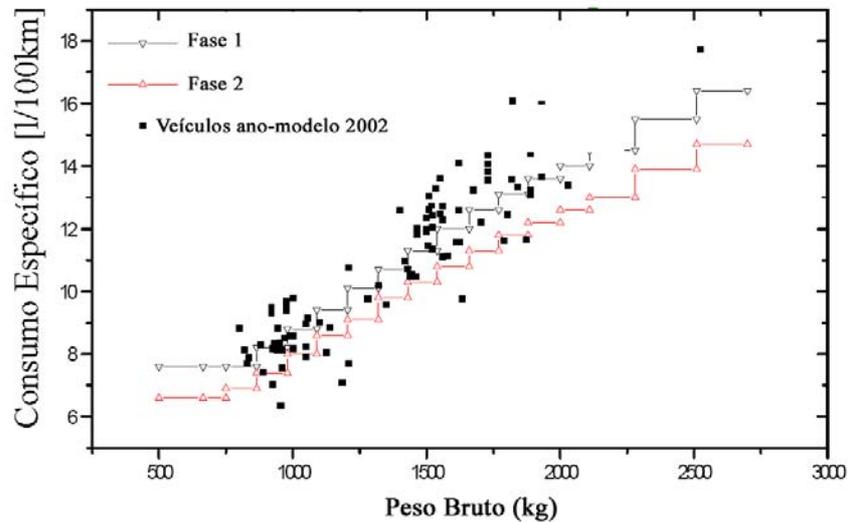
| Peso<br>(lbs) | Limites de consumo Máximos Baseados no<br>Ciclo NEDC (l/100-km) |          |                |          |
|---------------|---|----------|----------------|----------|
|               | Fase I (2005)   |          | Fase II (2008) |          |
|               | Manual  | Auto/SUV | Manual         | Auto/SUV |
| ≤1.667        | 7,2   | 7,6      | 6,2            | 6,6      |
| ≤1.922        | 7,2   | 7,6      | 6,5            | 6,9      |
| ≤2.178        | 7,7   | 8,2      | 7,0            | 7,4      |
| ≤2.422        | 8,3   | 8,8      | 7,5            | 8,0      |
| ≤2.678        | 8,9   | 9,4      | 8,1            | 8,6      |
| ≤2.933        | 9,5   | 10,1     | 8,6            | 9,1      |
| ≤3.178        | 10,1  | 10,7     | 9,2            | 9,8      |
| ≤3.422        | 10,7  | 11,3     | 9,7            | 10,3     |
| ≤3.689        | 11,3  | 12,0     | 10,2           | 10,8     |
| ≤3.933        | 11,9  | 12,6     | 10,7           | 11,3     |
| ≤4.178        | 12,4  | 13,1     | 11,1           | 11,8     |
| ≤4.444        | 12,8  | 13,6     | 11,5           | 12,2     |
| ≤4.689        | 13,2  | 14,0     | 11,9           | 12,6     |
| ≤5.066        | 13,7  | 14,5     | 12,3           | 13,0     |
| ≤5.578        | 14,6  | 15,5     | 13,1           | 13,9     |
| >5.578        | 15,5  | 16,4     | 13,9           | 14,7     |

Fonte:(AN E SAUER, 2004)

Uma característica dos padrões chineses que merece destaque é o fato de que estes padrões não são estabelecidos para serem atendidos pela média da frota. Os padrões são limites máximos de consumo específico a serem respeitados em todas as categorias por cada veículo, de forma individual. O sistema implantado não inclui o recebimento de créditos que permite que veículos que estão em conformidade com o padrão compensem veículos que não o estejam.

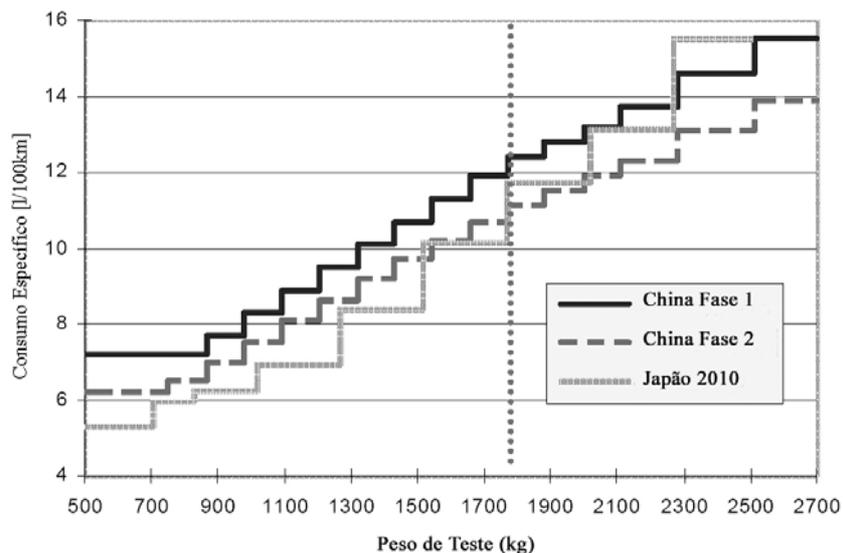
Os níveis atuais de consumo específico da frota chinesa não são bem conhecidos, já que, os dados da frota não são divulgados publicamente, dificultando assim a avaliação do grau de restrição dos padrões estabelecidos bem como o potencial de redução de consumo de combustível e de emissões de CO<sub>2</sub>. Entretanto, de acordo com WU E JIN

(2004) constata-se que 82% dos veículos chineses (SUVs, MPVs e automóveis automáticos) de ano-modelo 2002 não atendem os padrões da fase 2 (Figura 4.2).



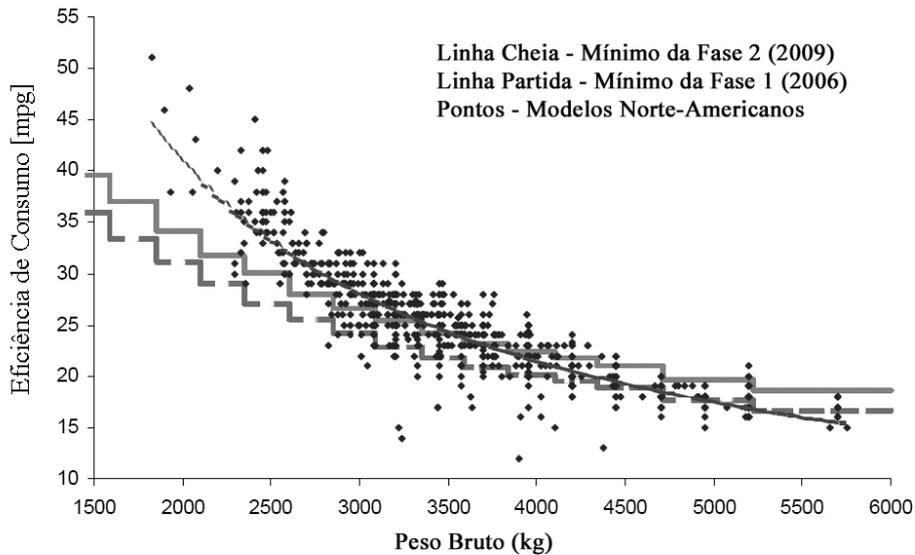
**Figura 4.2:** Veículos SUVs, MPVs e automóveis automáticos, ano-modelo 2002, de acordo com o consumo específico e peso (WU E JIN, 2004)

Constata-se também que os padrões foram definidos para serem mais restritivos nas classes de peso mais elevado do que nas classes de peso mais leve, de forma a incentivar os fabricantes a produzirem veículos mais leves para o mercado chinês. Na Figura 4.3 observa-se que se comparados aos padrões japoneses (devidamente corrigidos), os padrões chineses se mostram mais lenientes para os veículos mais leves e mais restritos para veículos mais pesados.



**Figura 4.3:** Padrões de consumo específico da China e do Japão (WU E JIN , 2004)

Um comportamento similar pode ser observado na Figura 4.4 onde são plotados os veículos norte-americanos ano-modelo 2000, quanto ao peso e à eficiência de consumo, em relação aos padrões chineses (corrigidos para eficiência de consumo). Nota-se que os padrões chineses aprovariam a maioria dos veículos até 3.000 libras (1.360 kg) e reprovariam na fase 1 cerca da metade dos veículos norte-americanos acima de 3.500 libras (1.590 kg) e reprovariam a maior parte destes veículos na fase 2.



**Figura 4.4:** Veículos norte-americanos, ano-modelo 2000, de acordo com a eficiência de consumo e peso em relação aos padrões chineses (WU E JIN , 2004)

Os padrões de consumo específico adotados na China apresentam potenciais significativos de redução de consumo de petróleo a longo prazo. Estima-se que até 2030, sendo respeitados os padrões definidos, os veículos leves de passageiros venham a reduzir 20,3 milhões de toneladas do consumo chinês de petróleo, os outros veículos de passageiros venham a reduzir 50,5 milhões de toneladas e os outros veículos que não de passageiros venham contribuir como uma redução de 86 milhões de toneladas do consumo chinês de petróleo (WU E JIN , 2004) (2004)

#### **4.1.6. Na Coréia do Sul**

Na Coréia do Sul, inicialmente, foram aplicados padrões de eficiência de consumo, em km/l, através da adoção voluntária de dois conjuntos de padrões a serem atendidos somente por automóveis: um conjunto para o ano-modelo 1996 e outro para o ano-

modelo 2000. Estes padrões eram baseados em 7 categorias de tamanho de motor em função do volume dos cilindros (Tabela 4.13).

**Tabela 4.13:** Padrões voluntários de eficiência de consumo na Coreia do Sul até 2006

| Tamanho do Motor (volume do compartimento dos cilindros) (cm <sup>3</sup> ) | 1996 |                      | 2000 |                      |
|---|------|----------------------|------|----------------------|
|   | km/l | CAFE Equivalente mpg | km/l | CAFE Equivalente mpg |
| < 800   | 23,4 | 64,9                 | 24,6 | 68,2                 |
| 800 - 1.100   | 20,3 | 56,3                 | 21,3 | 59,1                 |
| 1.100 - 1.400   | 17,3 | 48,0                 | 18,1 | 50,2                 |
| 1.400 - 1.700   | 15,4 | 42,7                 | 16,1 | 44,6                 |
| 1.700 - 2.000   | 11,4 | 31,6                 | 12,0 | 33,3                 |
| 2.000 - 2.500   | 9,9  | 27,5                 | 10,4 | 28,8                 |
| 2.500 - 3.000   | 8,5  | 23,6                 | 8,9  | 24,7                 |

Fonte: (AN E SAUER, 2004)

Foi somente em 2004, devido ao aumento do consumo específico médio da frota sul-coreana (em função do aumento da participação de SUVs na frota) que a Coreia do Sul anunciou a implantação de um sistema obrigatório de padrões de eficiência de consumo, denominados *Average Fuel Economy (AFE)*, substituindo o sistema voluntário. Os novos padrões foram definidos para serem aplicados aos veículos leves nacionais a partir do ano-modelo 2006 e a partir do ano-modelo 2009 para os veículos leves importados em ambos os casos para veículos com vendas abaixo de 10.000 unidades por ano (Tabela 4.14). No caso dos veículos nacionais ou importados com vendas anuais acima de 10.000 unidades, a legislação sul-coreana define que os padrões a serem seguidos são os padrões CAFE norte-americanos. Desta forma, nota-se que os novos padrões se dirigem apenas aos pequenos fabricantes e importadores.

**Tabela 4.14:** Padrões obrigatórios de eficiência de consumo adotados na Coreia do Sul a partir de 2006

| Novo Padrão de Eficiência de Consumo  |      |                      |
|---|------|----------------------|
| Tamanho do Motor (volume do compartimento dos cilindros) (cm <sup>3</sup> ) | km/l | CAFE Equivalente mpg |
| ≤ 1.500   | 14,4 | 39,9                 |
| > 1.501   | 9,6  | 26,6                 |

Fonte: (AN E SAUER, 2004)

Os padrões AFE admitem um sistema de créditos onde veículos de uma categoria que estejam em conformidade com o seu respectivo padrão possam receber créditos que serão utilizados por veículos que não atendam ao padrão para ele definido mesmo sendo de outra categoria. Este sistema de crédito acaba por beneficiar apenas os fabricantes nacionais, já que, os importadores não vendem veículos na categoria dos motores pequenos.

Caso algum fabricante ou importador disponibilize veículos que não atendam aos padrões definidos, o governo sul-coreano emite uma ordem para que o mesmo entre em conformidade em um determinado prazo. Apesar da obrigatoriedade dos padrões ter início em 2006, todos os fabricantes terão até 2009 para atender aos padrões sem que o governo emita a ordem de conformidade. Se apesar da ordem, a conformidade não for atingida a pena será uma menção pública onde será divulgada uma lista com os modelos não-conformes, sem que haja uma pena monetária ou criminal.

## **4.2. PADRÕES VOLUNTÁRIOS QUE REFLETEM A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

### ***4.2.1. Visão geral***

Padrões voluntários, que refletem a eficiência energética nos veículos, são acordos firmados entre o governo e os fabricantes de veículos, para estipular um valor máximo de consumo específico, mínimo de eficiência de consumo ou máximo de emissão de CO<sub>2</sub>. Estes limites, assim como os limites obrigatórios, podem ser definidos para determinados grupos de veículos ou para a frota como um todo.

Os padrões voluntários também podem diferir quanto ao rigor, à forma, à abrangência e ao teste utilizado para medir o consumo específico ou as emissões do veículo. A Tabela 4.15 lista os três países que em janeiro de 2006 já haviam adotado algum tipo de padrão voluntário. Observa-se também nesta tabela, além do tipo de padrão adotado, o teste aplicado para o cálculo do consumo específico, qual a unidade deste padrão, a sua abrangência, ou seja, quais os veículos que devem respeitar estes padrões e por fim o ano em que os padrões foram estabelecidos.

**Tabela 4.15:** Resumo dos padrões voluntários de consumo específico e emissões de poluentes

| País           | Tipo de Padrão (Teste)       | Unidade               | Abrangência                              | Início |
|----------------|------------------------------|-----------------------|--|--------|
| Canadá         | Consumo específico (US CAFE) | l/100km               | Automóveis/<br>Veículos comerciais leves | 1976   |
| Austrália      | Consumo específico (US CAFE) | l/100km               | Toda a frota de veículos leves           | 1978   |
| União Européia | Emissões(EU NEDC)            | g CO <sub>2</sub> /km | Toda a frota de veículos leves           | 1998   |

Fonte: (a partir de AN E SAUER, 2004)

O primeiro conjunto de padrões voluntários foi adotado em 1976 no Canadá, resultado de um acordo estabelecido entre o governo canadense e os fabricantes de veículos. Os padrões canadenses denominados *Company Average Fuel Consumption* (padrões CAFC) inicialmente eram metas de consumo específico, em l/100km, estipuladas para veículos de passageiros.

Em 1978, a Austrália implantou o seu primeiro sistema voluntário de padrões de consumo específico através da Câmara Federal da Indústria Automotiva (*Federal Chamber of Automotive Industries -FCAI*). Desde então mais dois novos sistemas foram implantados.

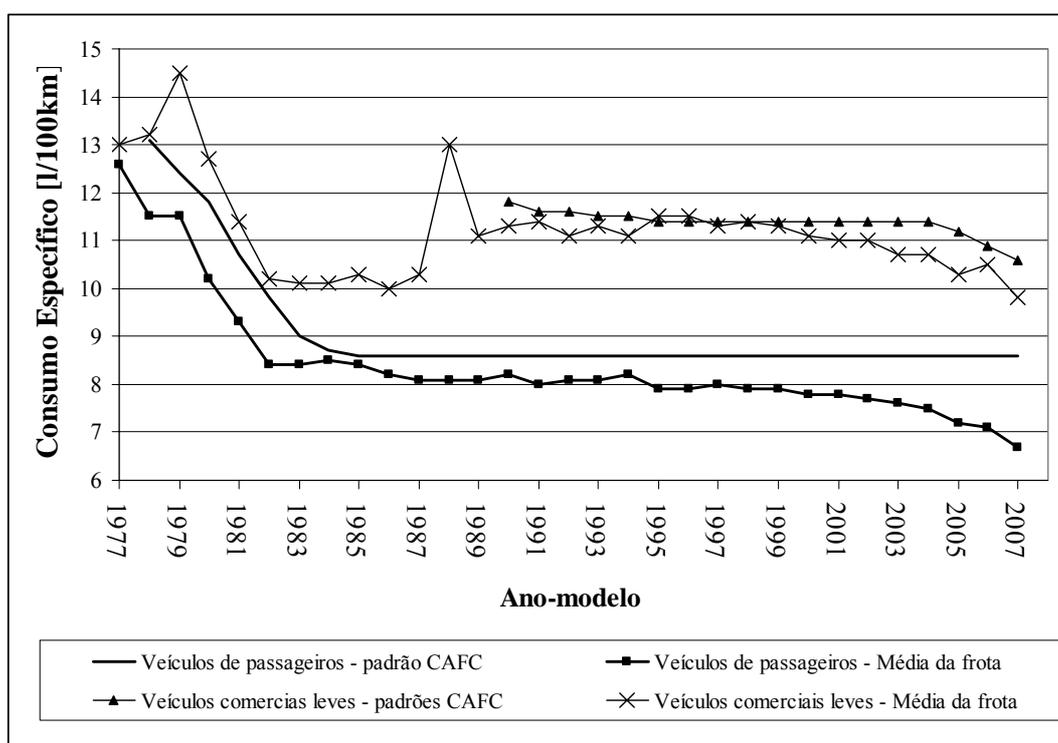
#### **4.2.2. No Canadá**

Em 1975, um acordo entre o governo canadense e os fabricantes de veículos estabeleceu o Programa de Consumo de Combustível (*Fuel Consumption Program*) com o objetivo de promover a conservação de energia no setor de transportes através da fabricação e venda de veículos mais eficientes. Em 1976, como resultado deste programa, foi estabelecido um conjunto de padrões máximos de consumo específico denominado padrões CAFC (*Company Average Fuel Consumption*) para veículos de passageiros, a serem atendidos de forma voluntária pelos fabricantes. Os padrões CAFC, em l/100km, são equivalentes aos padrões CAFE norte-americanos em mpg.

Em 1982, o governo canadense submeteu ao parlamento uma lei (*Motor Vehicle Fuel Consumption Standards Act - MVFCSA*) a fim de tornar os padrões CAFC obrigatórios, além de implantar multas para a não conformidade com os padrões. Esta lei não foi

promulgada por que a indústria automobilística canadense concordou em seguir voluntariamente todos os requerimentos estipulados pela lei.

Em 1990, padrões CAFC adicionais foram adotados para a frota de veículos comerciais leves a fim de refletirem o desenvolvimento dos padrões CAFE. Desde então os padrões CAFC vêm seguindo anualmente os padrões CAFE com uma diferença: os padrões canadenses não fazem distinção entre frota nacional e frota importada. Os padrões CAFC podem ser observados na Figura 4.5 bem como o consumo específico médio das frotas de veículos de passageiros e de veículos leves de serviço.



Notas: Até 1988 limite de peso de 6.001 libras e após 1988 limite de peso de 8.5001 libras  
 A fonte consultada não apresentou uma justificativa para os valores de consumo específico dos veículos comerciais leves – média da frota nos anos 1979 e 1988, aparentemente fora da curva.

**Figura 4.5:** Padrões CAFC de consumo específico – Canadá (TC, 2007)

Observa-se na figura 4.5 que, desde 1999, ambas as frotas vêm apresentando uma considerável redução no consumo específico mesmo com o padrão para veículos de passageiros tendo se mantido constante desde 1985 e o padrão para os leves de serviço tendo sido restringido somente a partir de 2004.

Atualmente, o governo canadense está em busca de atingir uma redução de 25% no consumo de petróleo de toda a sua frota de veículos, visando cumprir a sua parte na

redução de emissões de CO<sub>2</sub> acordada no Protocolo de Kyoto. Para isto, o governo canadense já mostrou a intenção de adotar os padrões de emissão de CO<sub>2</sub> da Califórnia o que já contribuiria para a redução de 25% das emissões de GEE da frota de veículos de passageiros.

#### **4.2.3. Na Austrália**

Ao longo dos últimos 25 anos, a Câmara Federal das Indústrias Automotivas da Austrália (*Federal Chamber of Automotive Industries - FCAI*) estabeleceu diversos acordos voluntários com o governo australiano para atingir a redução do consumo específico de combustível dos automóveis novos, através da adoção dos padrões de consumo específico NAFC (*National Average Fuel Consumption*). Os padrões NAFC representam o limite máximo de consumo específico médio de toda a frota de automóveis novos vendidos em um determinado ano. Ou seja, ao ponderar-se a média do consumo específico da frota de cada fabricante (CAFC) não se deve ultrapassar o valor determinado como padrão NAFC. O cálculo do CAFC (*Corporate Average Fuel Consumption*) de cada fabricante é obtido pelo consumo específico da frota deste fabricante ponderado pelo número de veículos produzidos por ele. Os consumos específicos dos veículos são medidos de acordo com o padrão australiano AS2877.

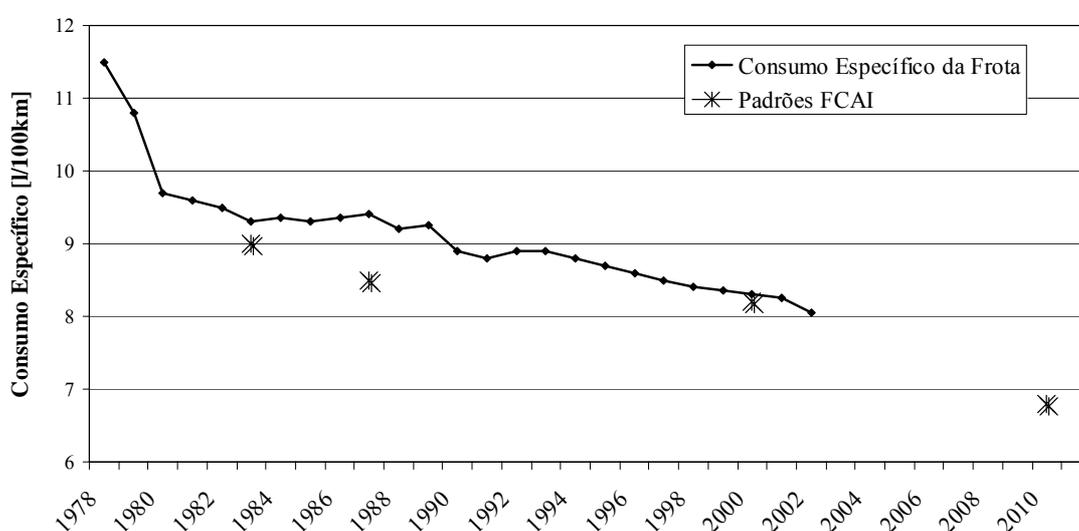
O primeiro acordo entre a FCAI e o governo foi estabelecido em 1978 e permaneceu válido até 1987. Neste acordo foi estabelecido o padrão NAFC de 9,0 l/100km para 1983 e 8,5 l/100km para 1987. Entretanto, apesar de se ter alcançado uma significativa redução do consumo específico médio da frota, a indústria automotiva não conseguiu atender este padrão.

O segundo acordo voluntário foi realizado em 1996 entre a FCAI e o Ministério dos Transportes, Indústria e Energia. Neste acordo definiu-se o padrão NAFC de 8,2 l/100km para 2000. A FCAI também se comprometeu a manter a taxa de redução a ser alcançada em 2000, para o período 2000-2005. Este acordo se manteve válido até 2001.

Em 2003, foi anunciado o terceiro acordo voluntário entre a FCAI e o governo. Este acordo visa fazer a indústria automotiva reduzir o consumo específico médio dos automóveis para 6,8 l/100km (18% em relação ao consumo específico de 2002) até

2010. O acordo passou a abranger também os veículos comerciais leves até 3.500kg. Fazem parte deste acordo os quatro fabricantes de automóveis australianos e a maior parte dos fabricantes internacionais que exportam para o mercado australiano. Da mesma forma que os acordos anteriores não há aplicação de penalidades para o não cumprimento do acordo.

A Figura 4.6 mostra a evolução do consumo específico médio da frota de automóveis. Apesar da indústria só ter conseguido atender ao padrão de 2000 em 2002, houve no período 1978 a 2002 uma redução de 30% no consumo específico médio da frota.



**Figura 4.6:** Evolução do consumo específico médio da frota de automóveis novos e dos padrões NAFC para a Austrália (AN E SAUER, 2004).

#### 4.2.4. Na União Européia

No início da década de 1990, o Conselho Europeu (*European Council*) a fim de contribuir com as questões das mudanças climáticas globais, deu início a uma investigação de estratégias para a redução de emissões de CO<sub>2</sub> por veículos leves. Em 1995, o Conselho Europeu definiu uma estratégia para reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> por veículos leves de passageiros para o patamar de 120gCO<sub>2</sub>/km até 2005, o equivalente a uma redução de 35%. A estratégia foi baseada em três políticas: (1) um acordo voluntário por parte da indústria automotiva para reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> dos novos modelos; (2) medidas fiscais voltadas para o consumo de combustível (3) um programa de etiquetagem veicular para informar o consumidor. Entretanto, a Comissão Européia

(*European Commission*) optou por uma redução de 25% por parte da indústria, considerando que os 10% restantes seriam alcançados através das outras duas políticas. Em 1998, a Associação dos Construtores Europeus de Automóveis (*Association des Constructeurs Européens d'Automobiles - ACEA*) firmou um acordo com a Comissão Europeia denominado Acordo ACEA (*ACEA Agreement*) a fim de reduzir de forma voluntária as taxas de emissões de CO<sub>2</sub> dos veículos vendidos na União Europeia. O acordo foi complementado em 1999. Naquele ano a União Europeia era formada por apenas 15 estados membros (EU-15) e, desta forma, o escopo geográfico permanece assim até hoje em dia. Especificamente o acordo estabelece as seguintes metas (EC, 1999):

- Padrão de emissão 140 gCO<sub>2</sub>/km a ser atingido em 2008 (representando uma redução de 25% em relação ao patamar de 1995 de 186 gCO<sub>2</sub>/km);
- A possibilidade de se estender o padrão para 120 gCO<sub>2</sub>/km em 2012;
- Um padrão intermediário de 165-170 gCO<sub>2</sub>/km em 2003 a fim de monitorar o progresso da indústria visando o padrão de 2008;
- A introdução de forma individual pelos membros da ACEA de modelos com taxas de emissão de 120 gCO<sub>2</sub>/km, ou menos, em 2000.

O Acordo ACEA inclui também um esquema de monitoramento a ser administrado pela Comissão Europeia, de forma independente, a fim de verificar o progresso dos fabricantes. O Acordo cobre todos os veículos produzidos ou importados na União Europeia por qualquer um dos fabricantes membros: BMW, Daimler Chrysler, Fiat, Ford, GM, Porsche, PSA Peugeot Citroën, Renault e grupo VW. Como parte do acordo ACEA, a Comissão Europeia iniciou ainda em 1988 negociações com os fabricantes coreanos e japoneses. A Associação de Fabricantes Coreanos de Automóveis (KAMA), composta por Daewoo, Hyundai, Kia e Sangyong, e a Associação de Fabricantes Japoneses de Automóveis (JAMA), composta por Daihatsu, Honda, Isuzu, Mazda, Mitsubishi, Nissan, Subaru, Suzuki, e Toyota, também firmaram acordos paralelos com a ACEA. Os três acordos em conjunto cobrem quase 100% das vendas de veículos realizadas na União Europeia. Entretanto os acordos (EC, 2000a ; EC, 2000b) apresentam algumas diferenças:

- Para os Acordos KAMA e JAMA: padrão de emissão 140 gCO<sub>2</sub>/km a ser atingido em 2009;

- Acordo KAMA: padrão intermediário a ser atendido até 2004;
- Acordo JAMA: padrão intermediário de 165-175 gCO<sub>2</sub>/km em 2003;

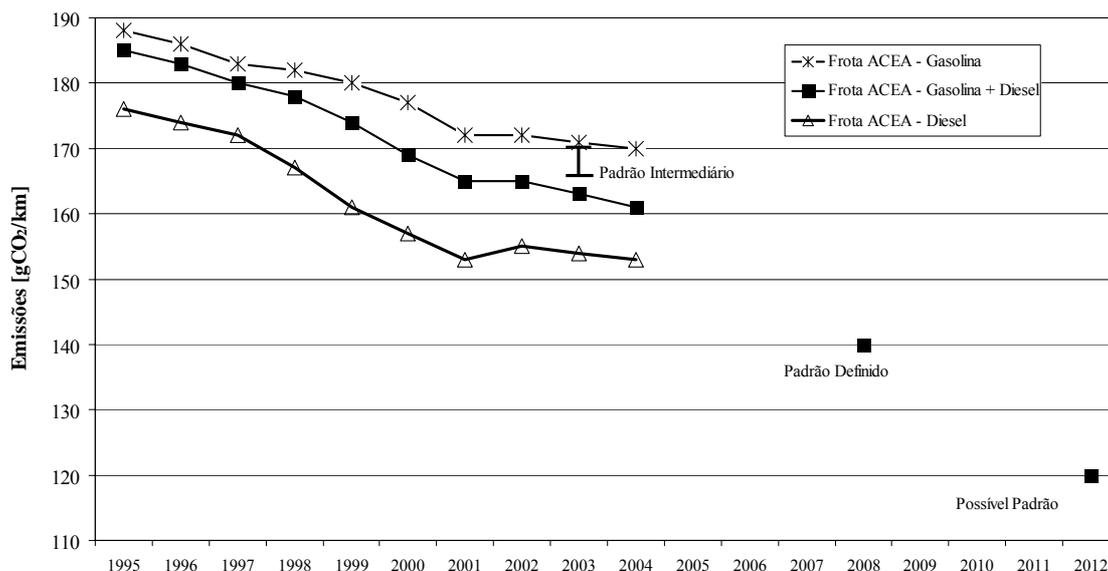
A Comissão Europeia espera atingir em 2008/2009, para os veículos leves de passageiros, um consumo específico de 5,8 l/100 km para a frota a gasolina e de 5,25 l/100 km para a frota diesel.

Ao verificar-se o último relatório de monitoramento do acordo ACEA – Relatório 2004 - (EC,2005a) realizado em conjunto<sup>17</sup> pela Comissão Europeia e pela ACEA, constata-se o seguinte progresso desde 1995, que também é observado na Figura 4.7:

- Em 2004, a média das emissões específicas da frota ACEA de veículos leves de passageiros, na EU-15, foi de 161 gCO<sub>2</sub>/km (170 gCO<sub>2</sub>/km para a frota a gasolina, 153 gCO<sub>2</sub>/km para a frota a diesel e 144 gCO<sub>2</sub>/km para a frota a combustíveis alternativos);
- Este patamar de 161 gCO<sub>2</sub>/km corresponde a uma redução de 13% na emissão média da frota em relação a 1995;
- Os maiores progressos foram alcançados pela frota a diesel o que contribuiu muito para o bom resultado da frota como um todo, em função também do aumento das vendas de veículos a diesel (de 24% de participação em 1995 para 52% em 2004);
- O padrão intermediário foi alcançado, antecipadamente, em 2000. Em 2003, a emissão média específica da frota já se encontrava abaixo do limite mínimo do padrão intermediário;
- Em relação a 2003, a redução da emissão média específica da frota foi de 1,2%;
- Para se alcançar o padrão de 2008 será necessário uma redução na emissão média da frota de 3,3% ao ano;
- Em 2004 o consumo específico médio da frota ACEA foi de 6,4 l/100km (7,2 l/100km para a frota a gasolina e 5,8 l/100km para a frota a diesel).

---

<sup>17</sup> No período 1995-2001 foram utilizados os dados oficiais da ACEA para a elaboração de relatórios de monitoramento. A partir de 2002 passou-se a utilizar os dados da Comissão Europeia como dados oficiais para elaboração destes relatórios, sem deixar de se apresentar os dados da ACEA.

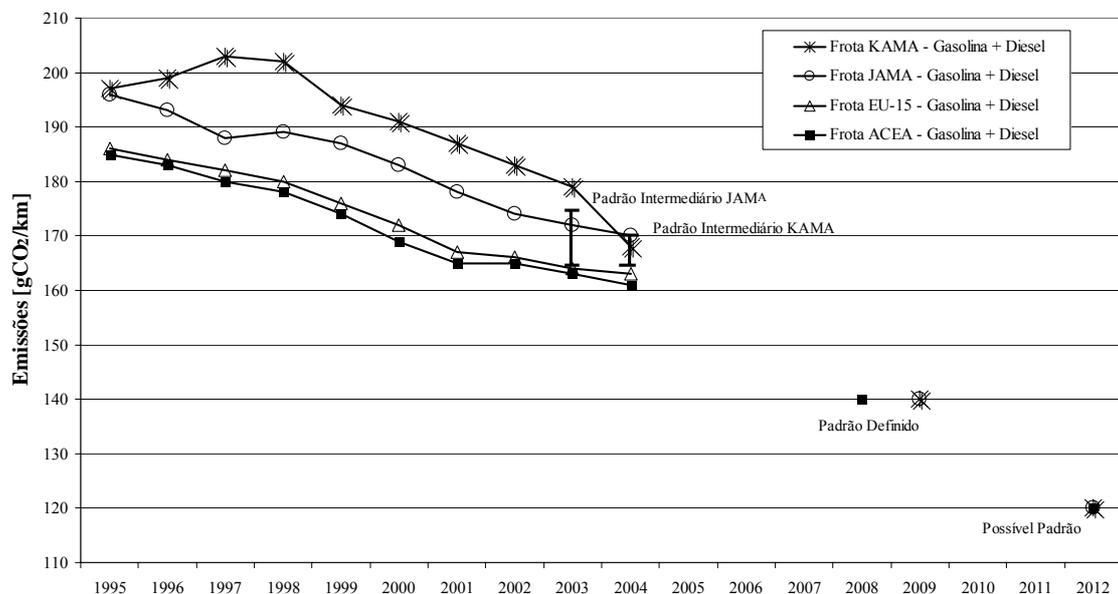


**Figura 4.7:** Evolução das emissões específicas da frota de veículos leves de passageiros produzidos pela ACEA (EC, 2005a)

Da mesma forma, ao verificar-se os últimos relatórios de monitoramento do acordo JAMA e do acordo KAMA – Relatórios 2004 - (EC,2005b; EC, 2005c) realizados também em conjunto pela Comissão Europeia, pela JAMA e pela KAMA, constata-se o seguinte progresso desde 1995, que é observado na Figura 4.8:

- Em 2004, a média das emissões específicas da frota JAMA de veículos leves de passageiros, na EU-15, foi de 170 gCO<sub>2</sub>/km (171 gCO<sub>2</sub>/km para a frota a gasolina, 170 gCO<sub>2</sub>/km para a frota a diesel) e da frota KAMA foi de 168 gCO<sub>2</sub>/km (160 gCO<sub>2</sub>/km para a frota a gasolina, 189 gCO<sub>2</sub>/km para a frota a diesel);
- O patamar de 170 gCO<sub>2</sub>/km corresponde a uma redução de 13,3% na emissão média da frota JAMA em relação a 1995;
- O patamar de 189 gCO<sub>2</sub>/km corresponde a uma redução de 14,7% na emissão média da frota KAMA em relação a 1995;
- Os maiores progressos também foram alcançados pela frota a diesel contribuindo para o bom resultado da frota como um todo, em função também do aumento das vendas de veículos a diesel: na frota JAMA de 9,5% de participação em 1995 para 31% em 2004 e na frota KAMA de 1,6% de participação em 1995 para 26,4% em 2004;

- A frota JAMA, antecipadamente em 2002, se enquadrou entre os limites do seu padrão intermediário e a frota KAMA, em 2004, através de um grande esforço, conseguiu alcançar o seu padrão intermediário previsto para aquele ano;
- Em relação a 2003, a redução da emissão média específica da frota JAMA foi de 1,2% e da frota KAMA de 6,1%;
- Para se alcançar o padrão de 2008 será necessário uma redução na emissão média da frota JAMA de 3,5% ao ano e de 3,3% para a frota KAMA;
- Em 2004 o consumo específico médio da frota JAMA foi de 6,9 l/100km (7,2 l/100km para a frota a gasolina e 6,4 l/100km para a frota a diesel).
- Em 2004 o consumo específico médio da frota KAMA foi de 6,8 l/100km (6,7 l/100km para a frota a gasolina e 7,1 l/100km para a frota a diesel).



**Figura 4.8:** Evolução das emissões específicas da frota de veículos leves de passageiros produzidos pela ACEA, KAMA, JAMA e das emissões da frota como um todo (EC, 2005a, EC, 2005b, EC, 2005c)

### 4.3. PROGRAMAS DE INFORMAÇÃO AO CONSUMIDOR

#### 4.3.1. Considerações Iniciais

Nos últimos tempos, os consumidores de veículos cada vez mais se deparam com um crescente número de características e opções veiculares que dificultam a sua escolha no momento da compra. Embora existam informações a respeito do consumo específico e

das emissões dos veículos, algumas vezes estas informações são difíceis de serem entendidas e nem sempre se tem acesso fácil às mesmas.

Os consumidores precisam de informações comparativas a respeito do consumo específico e/ou das emissões de CO<sub>2</sub> para que possa comprar um veículo mais eficiente e menos poluidor. Em função disto, a maior parte das medidas de adoção de padrões que refletem a eficiência energética, foi acompanhada simultaneamente pela adoção de programas de informação ao consumidor.

Antes que os governos adotassem programas de informação ao consumidor, em geral, os fabricantes de veículos forneciam aos consumidores apenas informações de consumo específico dos modelos produzidos por eles. Estas informações eram disponibilizadas no próprio manual do proprietário e em material de divulgação dos veículos. Algumas vezes, as revistas especializadas em veículos também realizam testes de consumo específico em condições reais e divulgam tais informações. Este tipo de informação é útil mas, no entanto, não facilita a realização de comparações que ajudem o consumidor a tomar uma decisão de compra.

A implantação de programas de informação ao consumidor cria a necessidade de se compilar as informações de consumo específico e/ou emissões de todos os fabricantes a fim de se realizar uma comparação entre os veículos. Outro ponto importante é a necessidade de se disseminar estas informações de modo claro a fim de atingir o consumidor antes da decisão de compra e também no momento da compra, ou seja, no ponto de venda.

A Tabela 4.16 apresenta uma síntese de quatro programas de informação ao consumidor – Estados Unidos, Canadá, Austrália e União Européia<sup>18</sup> – destacando o início dos programas, as suas atuais fontes de informação, os meios mais correntes de disseminação destas informações, o tipo de informação disponibilizada, e os órgãos responsáveis pelos programas.

---

<sup>18</sup> Desde o final da década de 70 a Europa já apresentava iniciativas isoladas em relação à adoção de programas de informação. Em 1978, a Suécia, logo seguida pela Inglaterra em 1983, foi um dos primeiros países europeus a desenvolver um sistema de etiquetagem para veículos novos como parte de uma estratégia governamental para divulgação de informações relativas à eficiência energética e emissões de CO<sub>2</sub>.

**Tabela 4.16:** Fontes e formas de disseminação primária das informações de consumo específico e/ou emissões de CO<sub>2</sub> de acordo com os programas de informação adotados

| País           | Início | Atuais Fontes de Informação  | Forma de Disseminação  | Tipo de Informação   | Responsável  |
|----------------|--------|--|--|--|--|
| Estados Unidos | 1975   | Guia de eficiência de consumo ( <i>Fuel Economy Guide</i> )                              | - Manual impresso anualmente;<br>- Manual disponível em meio eletrônico;<br>- Etiqueta afixada no veículo. | - Estimativas de eficiência de consumo para direção na cidade e em estradas, para veículos novos;<br>- Estimativa do gasto anual de combustível para cada modelo de veículo novo;<br>- Valores máximos e mínimos de eficiência de consumo para cada classe de tamanho do veículo.  | US-EPA e US-DOE  |
|                |        |  | - Manual impresso anualmente;<br>- Manual disponível em meio eletrônico;                                   | - Apresentação do veículo novo mais eficiente de cada classe de tamanho;<br>- Informações a respeito de incentivos fiscais, combustíveis alternativos, e modo de direção mais eficiente.   |  |
|                |        | Website de eficiência de consumo   | - Website na internet  | - Estimativas de eficiência de consumo para direção na cidade e em estradas, para veículos novos;<br>- Estimativa do gasto anual de combustível para cada modelo;<br>- Apresentação do veículo novo mais eficiente de cada classe de tamanho;<br>- Informações a respeito de incentivos fiscais, combustíveis alternativos, modo de direção mais eficiente e preços de combustíveis. | US-EPA e US-DOE  |
|                |        | Anuário Estatístico de Energia em Transportes ( <i>Transportation Energy Data Book</i> ) | - Livro impresso anualmente;<br>- Livro disponível em meio eletrônico                                      | - Características dos veículos, combustíveis, frotas e emissões de CO <sub>2</sub>   | US-DOE   |
|                |        | Website Guia dos veículos verdes ( <i>Green Vehicle Guide</i> )                          | - Website na internet  | - Estimativas de eficiência de consumo para direção na cidade e em estradas;<br>- Qualificação quanto à poluição atmosférica através de um índice;<br>- Qualificação quanto à emissão de CO <sub>2</sub> através de um índice  | US-EPA   |
| Canadá         | 1976   | Guia de consumo de combustível ( <i>Fuel Consumption Guide</i> )                         | - Manual impresso anualmente;<br>- Manual disponível em meio eletrônico;<br>- Etiqueta afixada no veículo. | - Estimativas de consumo específico para direção na cidade e em estradas, para veículos novos;<br>- Estimativa do gasto anual de combustível para cada modelo de veículo novo;   | Ministério dos Recursos Naturais ( <i>Natural Resources Canadá</i> ) |
|                |        |  | Manual impresso anualmente;<br>- Manual disponível em meio eletrônico;                                     | - Estimativas de consumo de combustível anual, para veículos novos;<br>- Estimativas de emissões anuais de CO <sub>2</sub> ;<br>- Apresentação do veículo novo mais eficiente de cada classe de tamanho;<br>- Informações a respeito de combustíveis alternativos, modo de direção mais eficiente e preços de combustíveis.  |  |
|                |        | Website Programa de veículos pessoais  | Website na internet  | - Estimativas de consumo específico para direção na cidade e em estradas, para veículos novos;<br>- Estimativas de consumo de combustível e gasto anual, para veículos novos;<br>- Estimativas de emissões anuais de CO <sub>2</sub> ;<br>- Comparação dos veículos e classificação por consumo específico;  |  |

**Tabela 4.16 (continuação):** Fontes e formas de disseminação primária das informações de consumo específico e/ou emissões de CO<sub>2</sub> de acordo com os programas de informação adotados

| País           | Início | Atuais Fontes de Informação   | Forma de Disseminação   | Tipo de Informação   | Responsável                                      |
|----------------|--------|---|---|--|--|
| Austrália      | 2001   | Website guia do veículo verde ( <i>Green Vehicle Guide</i> )                        | - WebSite na internet   | -Estimativas de consumo específico para veículos novos até 3500kg;<br>-Estimativa das emissões e classificação dos veículos separadamente quanto às emissões de CO <sub>2</sub> e à poluição atmosférica;<br>-Classificação dos veículos quanto à performance geral (CO <sub>2</sub> e poluição atmosférica);<br>-Informações a respeito de modos de direção mais eficiente. | Departamento de Transportes e Serviços Regionais |
|                |        | Banco de dados de consumo de combustível ( <i>Fuel Consumption Guide Database</i> ) | - WebSite na internet   | - Estimativas de consumo específico para direção na cidade e em estradas, para veículos novos até 2003;<br>-Estimativa do gasto anual de combustível para cada modelo;   | <i>Australian Greenhouse Office</i>              |
|                |        | Programa de etiquetagem   | - Etiqueta afixada no veículo.  | -Estimativas de consumo específico para veículos novos;<br>-Estimativa das emissões de CO <sub>2</sub>   | Departamento de Transportes e Serviços Regionais |
| União Européia | 2001   | Depende de cada país  | -Manual impresso anualmente;<br>- Etiqueta afixada no veículo<br>-Cartaz no ponto de venda. | -Estimativas de eficiência de consumo e/ou de consumo específico e emissões de CO <sub>2</sub> , para veículos novos;  | Depende de cada país                             |

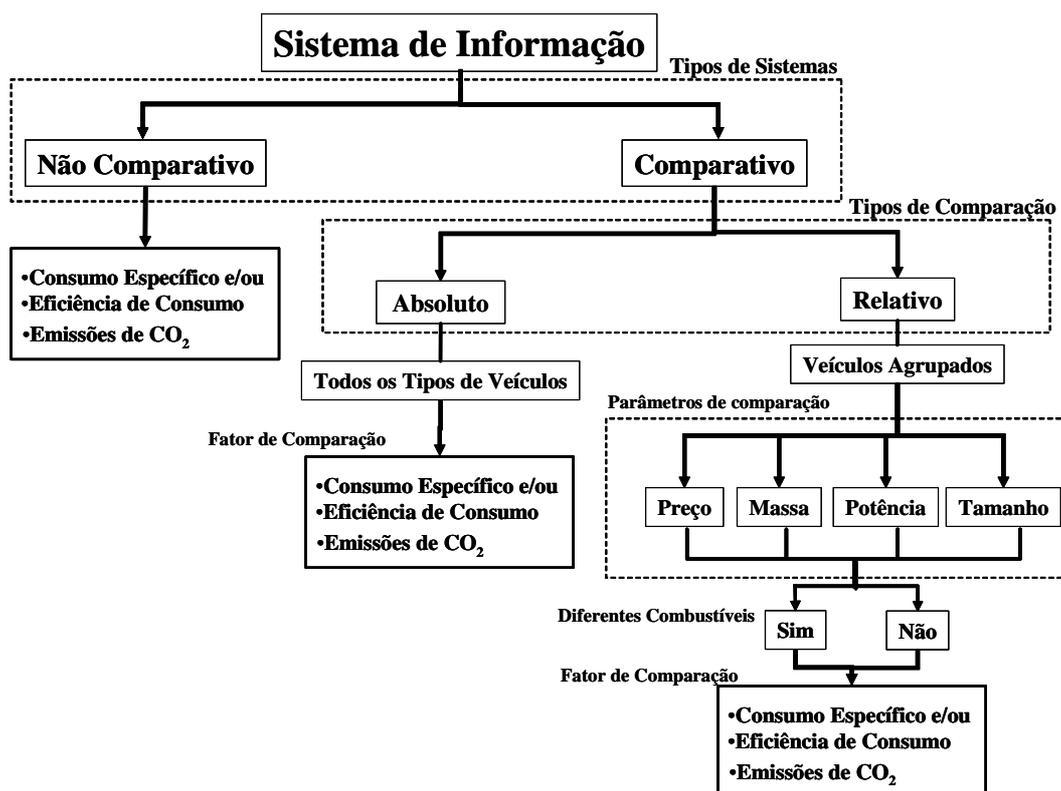
### **4.3.2. Visão Geral**

Programas de informação ao consumidor de veículos vêm sendo utilizados desde o fim da década de 70, em alguns países desenvolvidos, como elemento de informação estratégica. Nos Estados Unidos a aplicação destes programas teve início em 1978 estando atualmente a cargo da Agência de Proteção Ambiental (US-EPA) e do Departamento de Energia (DOE) em caráter obrigatório para todos os veículos novos leves e leves de serviço. Na União Européia a aplicação de um programa de informação padronizado e obrigatório para automóveis de passageiros, de todos os países membros, teve início em 2001 apesar de alguns países já apresentarem seus próprios programas desde 1978.

Os programas de informação ao consumidor de veículos têm como objetivo fornecer informações a respeito do consumo específico do veículo novo, ou da eficiência de consumo e/ou das suas emissões de CO<sub>2</sub>, a fim de influenciar tanto o consumidor na sua decisão de compra - permitindo a escolha de um veículo mais eficiente (e, portanto, menos poluente); quanto o fabricante - pressionando-o a produzir veículos mais eficientes para atender a um mercado mais informado e consciente.

Em geral, os programas de informação ao consumidor de veículos utilizam sistemas de etiquetagem baseados em etiquetas informativas temporárias, elaboradas pelos fabricantes, que ficam afixadas nos veículos novos enquanto estes estiverem no ponto de venda. Uma vez vendido o veículo, a etiqueta pode ser removida podendo ser guardada, já que, esta pode influenciar na revenda do mesmo. As etiquetas são acompanhadas por outros dois componentes: um guia de eficiência energética, impresso e disponibilizado ao público anualmente, listando oficialmente os dados de consumo específico e emissões de CO<sub>2</sub> para todos os veículos novos produzidos; e um painel a ser exposto em todos os pontos de venda com a classificação (em relação ao consumo específico e/ou emissão de CO<sub>2</sub>) de todos os veículos disponíveis neste ponto de venda.

Dentre os principais sistemas de informação, com base nas etiquetas veiculares, dois tipos básicos se destacam e a partir deles se derivam várias possibilidades de etiquetagem: o sistema não-comparativo e o sistema comparativo. A Figura 4.9 resume a estrutura destes sistemas.



**Figura 4.9:** Possibilidades de sistemas de etiquetagem de veículos

No sistema não-comparativo as etiquetas e os guias apresentam apenas o valor do consumo específico, ou da eficiência de consumo e/ou das emissões de CO<sub>2</sub> do veículo por si só, sem compará-lo aos de outros veículos. Este tipo de sistema reflete uma solução simples, de fácil aceitação por parte da indústria automobilística mas que dificilmente apresenta informação adicional ao consumidor. Esta informação é normalmente disponibilizada nos manuais do veículo e em panfletos de divulgação do mesmo. Contudo, este tipo de sistema contribui para uma maior divulgação da informação já existente além de ressaltá-la ao consumidor no momento em que ele se depara com o veículo.

Já no sistema comparativo as etiquetas e os guias podem primeiramente apresentar dois tipos de comparação. A comparação absoluta, quando feita em relação a todos os tipos de veículos vendidos, ou a relativa quando feita com base nos veículos similares agrupados por preço, ou por massa, ou por potência ou por tamanho. Um outro critério também aplicado na comparação relativa é a distinção ou não do combustível utilizado.

A definição do fator de comparação (consumo específico, eficiência de consumo ou emissões de CO<sub>2</sub>) vai depender do público alvo definido na elaboração das estratégias. À primeira vista, utilizar a comparação de emissões de CO<sub>2</sub> atingiria diretamente um público voltado para os aspectos ambientais, mais consciente dos efeitos nocivos de tais emissões e conseqüentemente sabedores da necessidade de se reduzir estas emissões. Seriam necessárias campanhas de conscientização para se atingir o restante da população de consumidores e motoristas que não está familiarizada com o significado das emissões de CO<sub>2</sub>.

Por sua vez, a utilização do consumo específico e/ou da eficiência de consumo como fator de comparação atingiria os consumidores voltados para os aspectos econômicos, para a economia direta de recursos financeiros, já que, quanto mais eficiente for o veículo, menos combustível ele vai consumir e menos dinheiro o consumidor vai gastar. Além disso, o consumo específico é um fator presente no dia-a-dia do motorista, que sabe exatamente o seu significado.

A adoção de um determinado tipo de sistema de etiquetagem depende do objetivo a ser alcançado. Em relação à comparação absoluta e à relativa, o ideal seria que ambos os tipos de comparação fossem realizados na etiqueta de modo a dar ao consumidor uma informação mais precisa. Entretanto, dois tipos de comparação poderiam confundir o consumidor ao invés de orientá-lo. É necessário então que se escolha apenas um dos tipos. Em geral, os consumidores escolhem o novo veículo a ser comprado dentre uma determinada categoria limitada pelo preço e pelas suas necessidades. Desta forma o consumidor estaria interessado no consumo específico de um determinado veículo em relação a outros equivalentes. A adoção de etiquetas com comparação relativa favorece o interesse por veículos de menor potência e de menor consumo de combustível sendo então a mais indicada para se alcançar a redução de emissões de CO<sub>2</sub>. Tal comportamento justifica a escolha de um sistema de comparação relativa.

Por fim a comparação em relação ao tipo de combustível do veículo também vai depender do objetivo definido. O fator de comparação pode ser aplicado de forma diferenciada por tipo de combustível utilizado ou envolvendo todos os veículos, independente do tipo de combustível.

Uma vez definida a estrutura de um sistema de informação comparativo é preciso que seja definido o parâmetro em relação ao qual o consumo específico, ou a eficiência de consumo ou as emissões de CO<sub>2</sub> serão comparadas. O parâmetro escolhido deve levar em consideração as expectativas do consumidor e o objetivo da estratégia do sistema a ser implantado. Os seguintes parâmetros podem ser considerados como base de comparação a fim de hierarquizar os veículos: (A) preço, (B) massa, (C) performance (potência, cilindrada ou velocidade máxima), (D) volume interno, ou dimensões externas (comprimento ou área da base).

- (A) O preço do veículo atende bem às expectativas do consumidor, dando uma idéia da classe a qual o veículo pertence. Os veículos em certos seguimentos de preço são geralmente comparáveis. Contudo, o preço é um parâmetro variável. Veículos importados podem ter seus preços alterados durante o ano em função da cotação da moeda estrangeira;
- (B) A utilização da massa ou peso do veículo como parâmetro de comparação é duvidosa. Em primeiro lugar os consumidores não se atêm nesta questão e em segundo, o peso de um veículo pode variar de acordo com os acessórios que equipam o veículo.
- (C) As características de performance como potência, cilindrada ou velocidade máxima ao serem usadas como parâmetro de comparação podem produzir um efeito adverso. Comparar veículos na mesma faixa de potência não contribuiria para a redução de consumo de combustível uma vez que os veículos de menor potência são menos atrativos para o consumidor e os de maior potência apresentam uma eficiência de consumo bem menor. Tal comparação não incentiva a opção por veículos menos potentes que são naturalmente mais eficientes;
- (D) Por fim, o tamanho do veículo expresso pelo volume interno ou pelas dimensões externas do veículo, especialmente a área da base do veículo (comprimento x largura) dão a noção exata ao consumidor do tamanho do mesmo além de não apresentarem uma correlação direta com o consumo específico, ou seja, para uma mesma área de base são discriminados diferentes

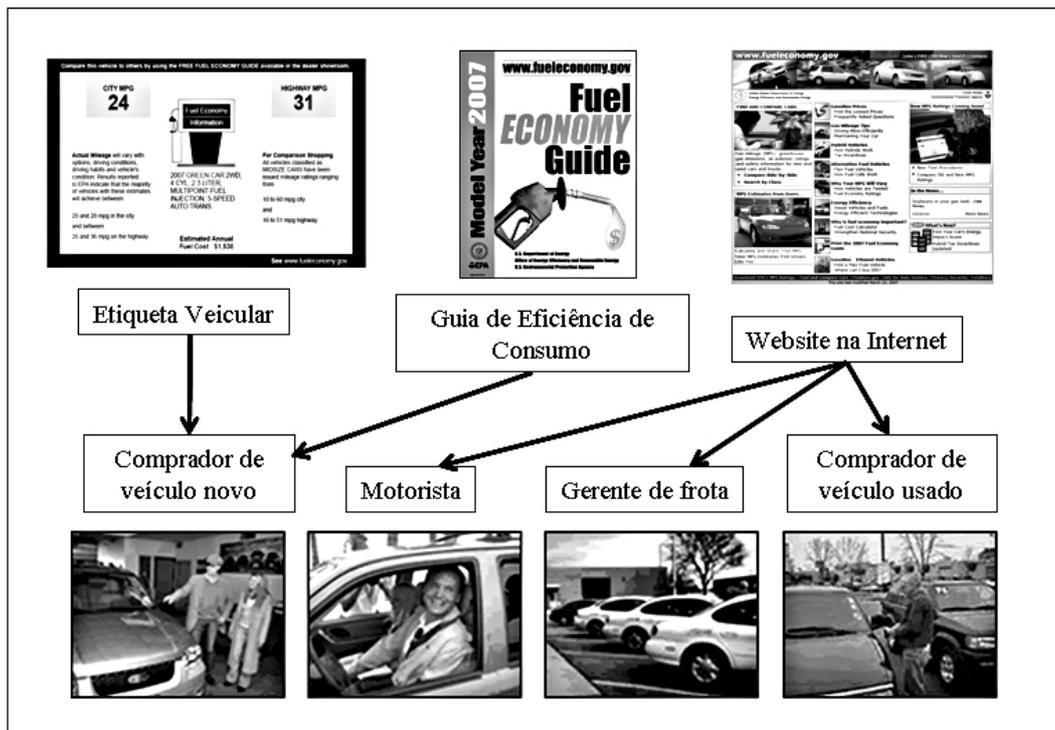
consumos específicos e potências favorecendo a opção por veículos mais eficientes com menores potências. Além disso, tais informações são facilmente disponibilizadas para qualquer tipo de veículo.

#### **4.3.3. Nos Estados Unidos**

O programa de informação dos Estados Unidos teve início em 1975 com a lei de Conservação e Política Energética que também estabeleceu a criação dos padrões CAFE. O programa, obrigatório para 1976, era composto por uma publicação que listava a eficiência do consumo dos automóveis novos fabricados a cada ano, o chamado *Gas Mileage Guide*. Este guia era obrigatoriamente disponibilizado para os consumidores nos pontos de venda. Além do guia, a lei também requeria que fosse colocada na janela dos veículos novos uma etiqueta informando: a eficiência de consumo do veículo (em mpg) para direção na cidade e na estrada, a estimativa de custo anual com combustível para aquele veículo, e a eficiência de consumo máxima e mínima dentre os veículos de mesma classe de tamanho que o veículo etiquetado.

A responsabilidade do programa ficou a cargo da Agência de Proteção Ambiental (*US-EPA*) e da Administração Federal de Energia (*FEA*) a precursora do Departamento de Energia (*DOE*). Desde então algumas alterações foram feitas no programa até chegar ao formato dos dias de hoje, que por sua vez não é definitivo, já que, em dezembro de 2006 foi aprovada uma nova regulamentação a ser posta em prática a partir dos veículos ano-modelo 2008.

Nos dias de hoje, o programa norte-americano é empregado de forma obrigatória para todos os novos veículos leves e leves de serviço, sendo as informações compiladas, em conjunto e a cada ano, pela *US-EPA* e pelo *DOE*. O programa atual está baseado em três formas de disseminação das informações de eficiência de consumo: a etiqueta veicular a ser colocada de modo visível nos veículos novos; o guia de eficiência de consumo (impresso e em meio eletrônico); e um *website* na *internet*. A Figura 4.10 ilustra a estrutura de disseminação da informação apresentando o foco para o qual a informação é dirigida.



**Figura 4.10:** Estrutura de disseminação da informação no programa de informação ao consumidor de veículos dos Estados Unidos

As principais características do sistema de informação adotado pelos Estados Unidos são apresentadas na Tabela 4.17 e serão comentadas ao longo deste item através da análise da etiqueta veicular, do guia de eficiência de consumo e do *website* na *internet*.

**Tabela 4.17:** Características principais do sistema de informação ao consumidor de veículos dos Estados Unidos

| Sistema de Informação ao Consumidor de Veículos (Estados Unidos) |                           |
|--|---------------------------|
| Tipo de sistema  | Comparativo Indireto      |
| Tipo de comparação   | Relativa                  |
| Parâmetro de comparação  | Volume interno do veículo |
| Diferenciação por combustível                                    | sim                       |
| Fator a ser comparado  | Eficiência de consumo     |

O sistema comparativo indireto adotado pelos Estados Unidos realiza a comparação da eficiência de consumo dos veículos (fator de comparação) agrupados em classes de volume interno do veículo para os automóveis e classes de peso bruto para os comerciais leves (parâmetros de comparação) e diferenciados por tipo de combustível. As classes utilizadas no sistema são apresentadas na Tabela 4.18.

**Tabela 4.18:** Classes de veículos utilizadas no sistema de informação veicular dos EUA

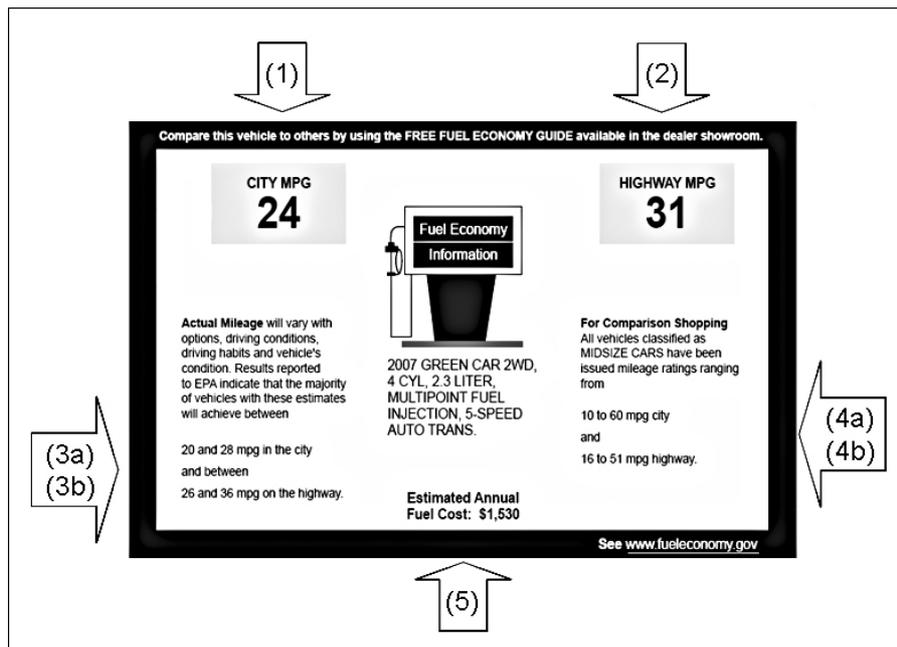
| Classificação dos Veículos                                 |              |  |                  |
|--|--------------|--|------------------|
| Automóveis<br>Volume interno do veículo [pé <sup>3</sup> ] |              | Comerciais Leves<br>Peso bruto (peso do veículo + capacidade) [libras] |                  |
| Automóveis de dois lugares                                 |              | Caminhonetes   |                  |
| Sedans   |              | Pequena  | Menos de 4.500   |
| Mini-compacto  | menos de 85  | Padrão   | de 4.500 a 8.500 |
| Sub-compacto   | de 85 a 99   | Vans   |                  |
| Compacto   | de 100 a 109 | Passageiros  | menos de 8.500   |
| Médio  | de 110 a 119 | Carga  | menos de 8.500   |
| Grande   | 120 ou mais  |  |                  |
| Peruas   |              | Minivans   | menos de 8.500   |
| Pequena  | menos de 130 | Sport Utility (SUV)  | menos de 8.500   |
| Média  | de 130 a 159 | Especias (SPV)   | menos de 8.500   |
| Grande   | 160 ou mais  |  |                  |

Fonte: (EPA, 2007b)

### A Etiqueta Veicular

A atual etiqueta veicular do sistema americano (Figura 4.11) deve ter como dimensões mínimas: 11,4 cm de altura e 17,8 cm de largura. Além das informações básicas a respeito do veículo como o ano de fabricação, modelo, classe a qual pertence, fabricante, cilindrada, tipo de transmissão e injeção, e tipo de combustível, a etiqueta apresenta as seguintes informações para o veículo etiquetado:

- Sua eficiência de consumo média (em mpg) para direção na cidade;
- Sua eficiência de consumo média (em mpg) para direção em rodovias;
- (3a) Sua eficiência de consumo mínima e máxima (em mpg) para direção na cidade;
- (3b) Sua eficiência de consumo mínima e máxima (em mpg) para direção em rodovias;
- (4a) Eficiência de consumo mínima e máxima (em mpg) dentre todos os veículos da mesma classe do veículo etiquetado para direção na cidade;
- (4b) Eficiência de consumo mínima e máxima (em mpg) dentre todos os veículos da mesma classe do veículo etiquetado para direção em rodovias;
- (5) Estimativa do custo anual do combustível (em dólares) para o veículo etiquetado.



**Figura 4.11:** Etiqueta de eficiência de consumo utilizada nos veículos novos dos EUA (EPA,2007b)

A atual etiqueta veicular norte-americana é considerada comparativa indireta pois a comparação apresentada entre o veículo etiquetado e os outros da mesma classe não é fornecida pela etiqueta e sim realizada pelo consumidor através da comparação das eficiências de consumo apresentadas em (1) e (2) com os limites mínimos e máximos de eficiência de consumo apresentados em (4a) e (4b). Desta forma o consumidor tem condições de saber se o veículo etiquetado está mais próximo da máxima eficiência ou da mínima possível para aquela classe de veículos.

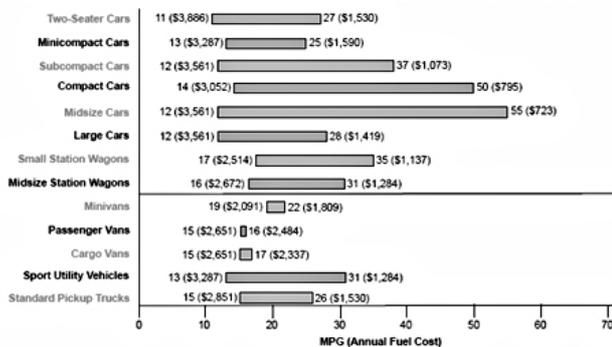
Uma última informação também apresentada nas atuais etiquetas é o custo anual de combustível para aquele veículo, calculado com base numa distância de 15.000 milhas percorridas por ano.

#### O Guia de Eficiência de Consumo

O guia de eficiência de consumo é apresentado na forma impressa ou em meio eletrônico de forma a complementar a ação da etiqueta veicular. O guia é disponibilizado em todos os pontos de venda de forma que o consumidor possa ter acesso imediato às informações dos modelos de todos os fabricantes. O guia também é distribuído em bibliotecas, além disso, pode ser lido através de um website e ainda ser adquirido sem custo através de encomenda por telefone.

O atual guia de eficiência de combustível (2007), publicado para complementar as etiquetas, apresenta o seguinte conteúdo:

- Explicação de como e porque (questões financeiras, ambientais e de segurança energética) as etiquetas de eficiência energética devem ser utilizadas;
- Explicação das informações contidas nas etiquetas dos veículos;
- Enumeração dos incentivos fiscais relacionados à eficiência de combustível do veículo;
- Apresentação de opções de combustíveis alternativos (álcool etílico e biodiesel);
- Apresentação de sugestões para redução do consumo de combustível (direção eficiente e manutenção adequada);
- Apresentação do veículo (transmissão manual e transmissão automática) com maior eficiência de combustível para cada classe;
- Apresentação dos valores mínimos e máximos de eficiência de consumo e de custo anual com combustível para cada classe de veículos envolvendo todos os combustíveis e tipos de transmissão (Figura 4.12.A);
- Apresentação de uma listagem com a eficiência de combustível, para direção em cidade e em estrada, de cada modelo de veículo produzido naquele ano, bem como uma estimativa do custo anual de combustível para cada veículo. Nesta listagem recebem destaque (marca colorida e letra diferenciada) os modelos com as maiores eficiências de combustível em cada classe (Figura 4.12.B)



(A)

| MIDSIZE STATION WAGONS |      |       |       |         |       |
|------------------------|------|-------|-------|---------|-------|
| AUDI                   |      |       |       |         |       |
| A6 Avant Quattro       | A-S6 | 3.1/6 | 19/27 | \$1,945 | P     |
| BMW                    |      |       |       |         |       |
| 530Xi Sport Wagon      | M-6  | 3.0/6 | 19/28 | \$1,945 | P     |
|                        | A-S6 | 3.0/6 | 20/27 | \$1,860 | P     |
| FORD                   |      |       |       |         |       |
| Focus Station Wagon    | A-4  | 2.0/4 | 27/34 | \$1,371 |       |
|                        | M-5  | 2.0/4 | 27/37 | \$1,284 |       |
| KIA                    |      |       |       |         |       |
| Rondo                  | A-4  | 2.4/4 | 21/29 | \$1,658 |       |
|                        | A-5  | 2.7/6 | 20/27 | \$1,729 |       |
| MAZDA                  |      |       |       |         |       |
| 5                      | M-5  | 2.3/4 | 22/27 | \$1,658 |       |
|                        | A-S4 | 2.3/4 | 21/26 | \$1,729 |       |
| 6 Sport Wagon          | M-5  | 3.0/6 | 19/27 | \$1,809 |       |
|                        | A-S6 | 3.0/6 | 20/27 | \$1,809 |       |
| MERCEDES-BENZ          |      |       |       |         |       |
| E350 4MATIC Wagon      | A-5  | 3.5/6 | 18/24 | \$2,138 | P     |
| E63 AMG Wagon          | A-S7 | 6.2/8 | 14/20 | \$2,672 | P Tax |
| SAAB                   |      |       |       |         |       |
| 9-5 SportCombi         | M-5  | 2.3/4 | 20/30 | \$1,783 | PT    |
|                        | A-S6 | 2.3/4 | 19/29 | \$1,860 | PT    |

(B)

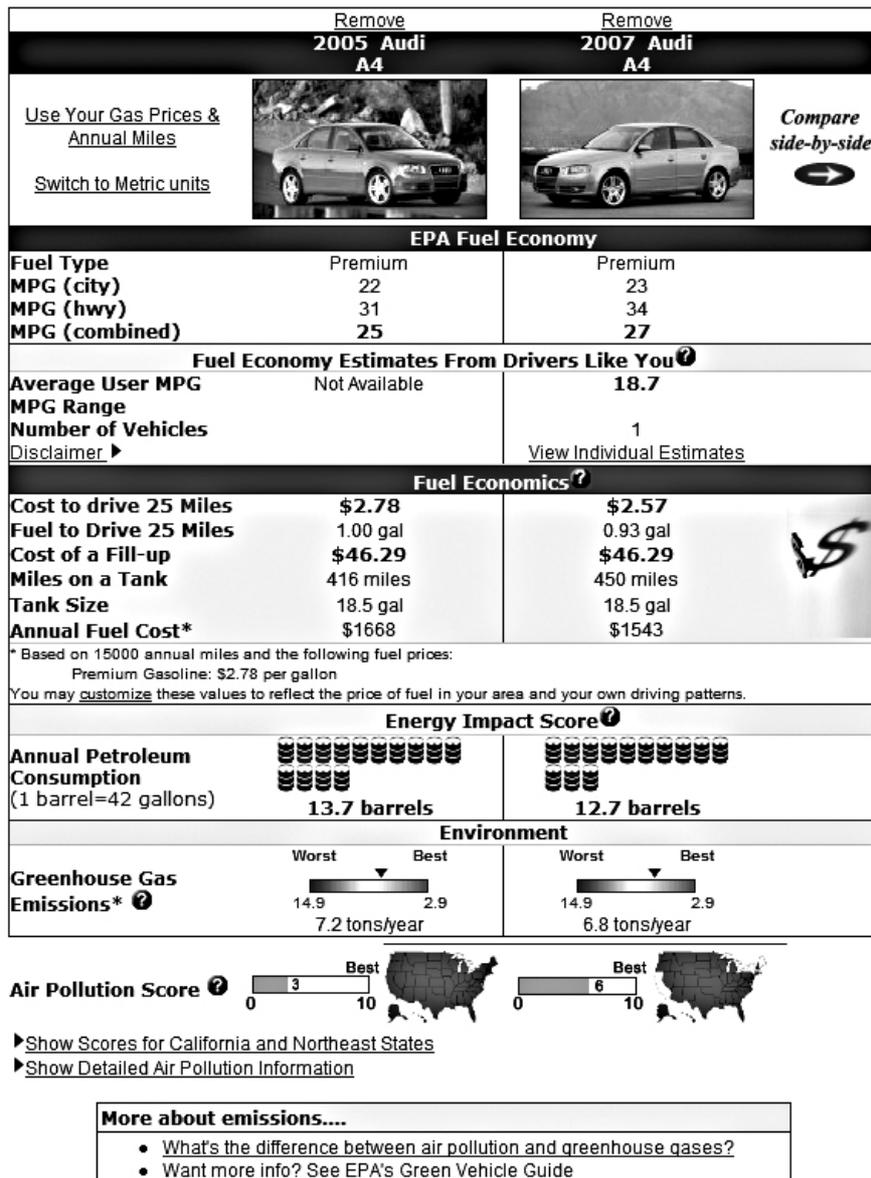
Figura 4.12: Tabelas retiradas do guia de eficiência de consumo de combustível de 2007 dos Estados Unidos (US-EPA, 2007b)

### O Website na Internet

O *website Fuel Economy Web Site* ([www.fueleconomy.gov](http://www.fueleconomy.gov)) foi desenvolvido de forma a auxiliar os consumidores na hora da compra de um veículo novo (complementando a etiqueta veicular) e também para auxiliar na compra de veículos usados. As informações disponibilizadas também visam atingir os motoristas em geral e os gerentes de frota. O *website* é visitado anualmente por 5 milhões de usuários.

Através do *website* o consumidor tem acesso às informações de diferentes formas. Primeiramente, o consumidor pode escolher quais os veículos a serem comparados dentre quaisquer modelos fabricados a partir de 1985. Podem ser comparados modelos de diferentes anos, diferentes classes e diferentes combustíveis inclusive híbridos. Uma vez selecionados, os veículos irão aparecer na tela do computador lado a lado (Figura 4.13) com as seguintes informações:

- Modelo e ano de fabricação;
- Tipo de combustível;
- Estimativa de eficiência de consumo (mpg) para cidade, para estrada e eficiência combinada de acordo com a US-EPA;
- Estimativa de eficiência de consumo feita por usuários deste modelo (mpg): média, valor máximo e valor mínimo. Estas estimativas são fornecidas pelos usuários no próprio website;
- Custo com combustível para 25 milhas (40,2 km) viajadas;
- Quantidade necessária de combustível para 25 milhas viajadas;
- Custo para encher um tanque;
- Distância percorrida com um tanque cheio;
- Capacidade do tanque;
- Custo anual com combustível (15.000 milhas) (24.140 km);
- Consumo anual de petróleo em barris (indicador de impacto energético);
- Emissão de GEE em toneladas/ano e classificação gráfica desta emissão em relação a mínima e a máxima emissão dentre todos os veículos;
- Classificação quanto à poluição atmosférica (de zero a dez).



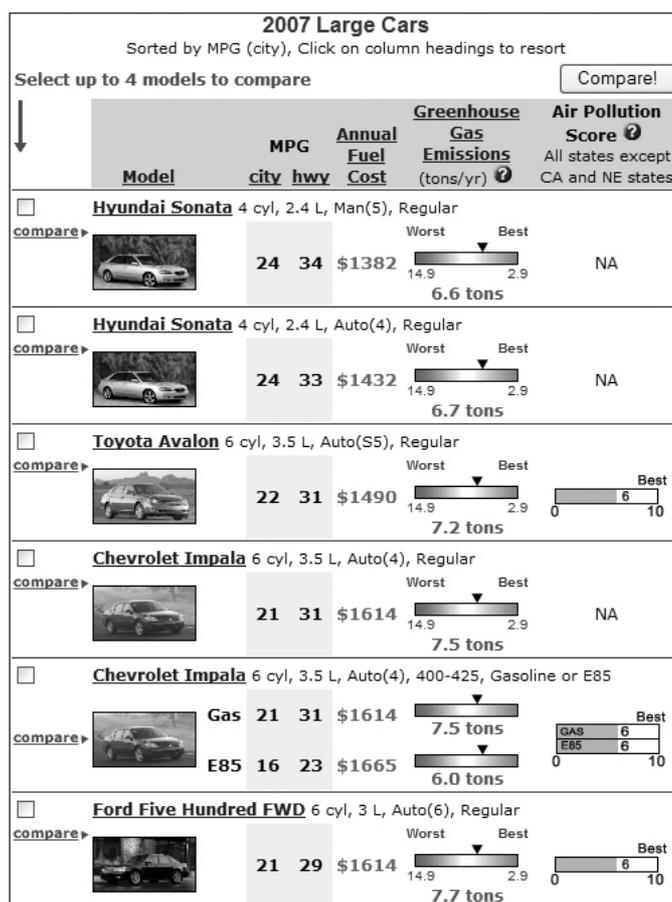
**Figura 4.13:** Exemplo de comparação realizada entre quaisquer modelos no website do programa de informação dos Estados Unidos (EPA, 2007a)

Uma outra forma de se obter informações é através da busca por classe. Neste tipo de busca o consumidor escolhe o ano de fabricação e a classe de veículos a serem pesquisados e em seguida irá aparecer na tela uma lista de todos os modelos daquele ano e daquela classe selecionados (Figura 4.14), com uma síntese das seguintes informações:

- Ano de fabricação e classe dos veículos;
- Estimativa de eficiência de consumo (mpg) para cidade e para estrada de acordo com a US-EPA;

- Custo anual com combustível (15.000 milhas) (24.140 km);
- Emissão de GEE em toneladas/ano e classificação gráfica desta emissão em relação à mínima e à máxima emissão dentre todos os veículos;
- Classificação quanto à poluição atmosférica (de zero a dez).

Em seguida o consumidor poderá escolher até quatro destes veículos para serem comparados de forma completa como mostrado na Figura 4.13. Além da busca por classe, é possível a busca por fabricante e a busca por eficiência de consumo.



**Figura 4.14:** Exemplo de comparação entre modelos de uma mesma classe e ano de fabricação, no *website* do programa de informação dos Estados Unidos (EPA, 2007a)

Afora estas informações são apresentados também esclarecimentos a respeito de efeito estufa e de poluição atmosférica; explicação da importância da eficiência de consumo (questões financeiras, ambientais e de segurança energética); enumeração dos incentivos fiscais relacionados à eficiência de combustível do veículo; apresentação de opções de

combustíveis alternativos (álcool etílico e biodiesel); e apresentação de sugestões para redução do consumo de combustível (direção eficiente e manutenção adequada).

### A Nova Regulamentação

Em dezembro de 2006 foi promulgada uma nova regulamentação que promoveu alterações na lei 40 CFR-Part600 que rege as questões de eficiência de consumo dos veículos. As principais alterações dizem respeito ao tipo de teste realizado para se obter a eficiência de consumo dos veículos; a abrangência quanto aos veículos a serem testados; e a forma e o conteúdo da etiqueta veicular.

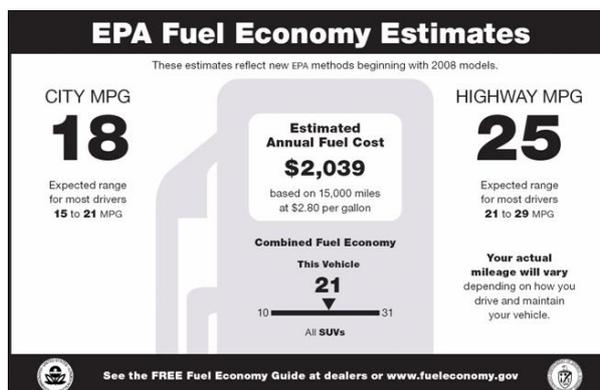
De acordo com a nova regulamentação as estimativas de eficiência de consumo serão, a partir do ano-modelo 2008, realizadas através de novos tipos de testes que irão apresentar condições reais de direção: testes com altas velocidades e rápidas acelerações; testes com os veículos utilizando ar-condicionado; e testes realizados com os veículos operando em ambiente de baixas temperaturas (ECFR, 2007). Anteriormente, os resultados dos testes eram ajustados para representarem estas situações reais.

As novas estimativas de eficiência de consumo irão refletir também a inclinação das vias, a pressão dos pneus, o carregamento dos veículos e outros efeitos de acordo com a propriedade dos combustíveis. Estas estimativas, para a maioria dos veículos, estarão abaixo das estimativas atuais, ou seja, apresentarão eficiências de consumo menores. Isto não quer dizer que os fabricantes estarão produzindo veículos menos eficientes mas sim que os atuais testes superestimam estas eficiências. Entretanto, estas novas estimativas não irão afetar os padrões CAFE que são regulamentados por outra lei que define outros tipos de testes e cálculos de eficiência de consumo.

Apesar das diferentes leis de regimento, uma vez que os padrões CAFE passarão a abranger, a partir de 2011, os SUVs e as vans (até 10.000 libras ou 4.535 kg), estes veículos também irão fazer parte do programa de informação ao consumidor a partir do ano-modelo 2011.

Finalmente, a etiqueta veicular será modificada de modo a facilitar a compreensão do consumidor. As estimativas de eficiência de consumo receberão maior destaque (Figura

4.15) e será acrescentado um gráfico comparativo das eficiências dos veículos de mesma classe.



**Figura 4.15:** Nova etiqueta de eficiência de consumo a ser utilizada nos veículos novos dos EUA a partir do ano-modelo 2008 (US-EPA,2007b)

#### 4.3.4. Na União Européia

Desde o final da década de 70 a Europa já apresentava iniciativas isoladas em relação à adoção de programas de informação ao consumidor de veículos. Em 1978, a Suécia, logo seguida pela Inglaterra em 1983, foi um dos primeiros países europeus a desenvolver um sistema de etiquetagem para veículos novos como parte de uma estratégia governamental para divulgação de informações relativas à eficiência energética e emissões de CO<sub>2</sub>. Posteriormente países como a Holanda, Dinamarca, Suíça e Áustria chegaram a desenvolver projetos de etiquetagem veicular.

Em 1999 o Parlamento Europeu junto com o Conselho da União Européia publicou uma diretiva (1999/94/CE), destinada a todos os estados membros, e que entrou em vigor em 2001, instituindo a obrigatoriedade da fixação, nos automóveis novos de passageiros, de etiquetas informativas a respeito do consumo específico e da emissão de CO<sub>2</sub> destes veículos. A diretiva estipulou como forma de disseminação das informações de consumo específico e/ou emissões de CO<sub>2</sub>: a etiqueta veicular a ser colocada de modo visível nos veículos novos; um cartaz a ser colocado nos pontos de venda; e um guia de consumo específico a ser distribuído.

O sistema apresentado na diretiva, como requisito mínimo para o programa de informação de cada estado membro, é um sistema não-comparativo onde a etiqueta veicular deve:

- Obedecer a um modelo normalizado de modo a permitir um maior reconhecimento pelos consumidores;
- Ter como dimensões 297 mm × 210 mm (A4);
- Conter uma referência ao modelo e ao tipo de combustível do veículo de passageiros a que estão associadas;
- Conter valores numéricos do consumo específico de combustível e das emissões específicas de CO<sub>2</sub>. O consumo específico deve ser expresso em l/100 km, km/l, ou numa combinação adequada destes valores. As emissões específicas de CO<sub>2</sub> devem ser g/km;
- Conter um texto, relativo à disponibilidade do guia sobre o consumo específico de combustível e as emissões de CO<sub>2</sub>;
- Conter um texto referente à influência do tipo de condução nas emissões de CO<sub>2</sub>, o principal gás de efeito de estufa responsável pelo aquecimento do planeta.

O guia de consumo específico também deve apresentar no mínimo:

- Uma lista completa de todos os automóveis novos de passageiros disponíveis para venda nos Estados-Membros, numa base anual, agrupados por marcas, por ordem alfabética;
- Para cada modelo constante do guia, o tipo de combustível, os valores numéricos do consumo específico de combustível e das emissões específicas de CO<sub>2</sub>;
- Uma lista destacada dos 10 modelos de automóveis novos de passageiros mais eficientes em termos de consumo específico, por ordem crescente das emissões específicas de CO<sub>2</sub> para cada tipo de combustível. Na lista deve constar o modelo, os valores numéricos do consumo específico de combustível e as emissões específicas de CO<sub>2</sub>;
- Conselhos aos motoristas de que uma utilização correta e uma manutenção regular do veículo, bem como o tipo de condução, podem melhorar o consumo de combustível dos seus automóveis de passageiros e reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>;
- Uma explicação dos efeitos das emissões de gases com efeito de estufa, das alterações potenciais do clima e da importância dos veículos a motor neste contexto, bem como uma referência aos diferentes combustíveis ao dispor do consumidor e às respectivas implicações ambientais;

- Uma referência ao objetivo comunitário para as emissões de CO<sub>2</sub> médias dos automóveis de passageiros novos e à data na qual esse objetivo deverá ser atingido;
- Uma referência ao guia Internet da Comissão sobre economia de combustível e emissões de CO<sub>2</sub>, quando disponível.

O cartaz a ser colocado no ponto de venda deve atender no mínimo as seguintes exigências:

- Ter as dimensões mínimas de 70 cm × 50 cm;
- As informações do cartaz devem ser de fácil leitura;
- Os modelos de automóveis de passageiros devem ser agrupados e enumerados separadamente de acordo com tipo de combustível. Dentro de cada tipo de combustível, os modelos deverão ser classificados por ordem crescente de emissões de CO<sub>2</sub>, sendo o modelo com o mais baixo consumo específico de combustível colocado no topo da lista;
- Para cada modelo de automóvel de passageiros constante da lista, deverão ser indicados a marca, os valores numéricos do consumo específico de combustível e as emissões específicas de CO<sub>2</sub>;
- Conter um texto relativo à disponibilidade do guia sobre consumo específico de combustível e as emissões de CO<sub>2</sub>,
- Conter um texto referente à influência do tipo de condução na determinação do consumo específico de combustível e das emissões de CO<sub>2</sub>;
- O cartaz deve estar sempre atualizado.

A partir destes requisitos mínimos, até 2004, cada estado-membro da União Europeia havia implantado o seu programa de informação ao consumidor de veículos. A maior parte dos países optou por seguir os requisitos mínimos, entretanto, Bélgica, Dinamarca, Reino Unido e Portugal foram além e implantaram sistemas de etiquetagem veicular comparativos absolutos tendo a Holanda implantado um sistema comparativo relativo ao tamanho dos veículos. A Figura 4.16 exemplifica as etiquetas dos sistemas comparativos absolutos e a Tabela 4.19 aponta as principais características destes sistemas.

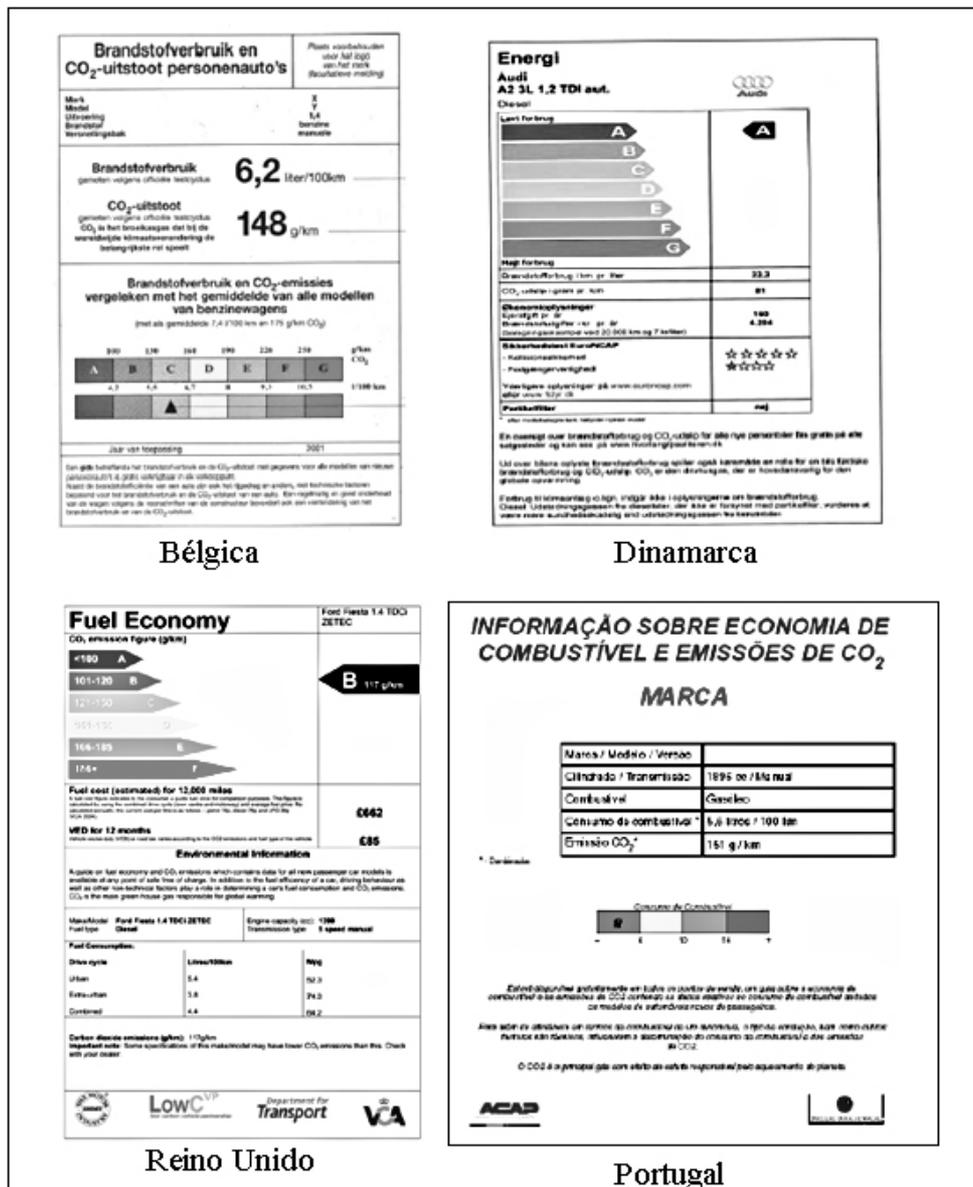


Figura 4.16: Etiquetas veiculares dos sistemas comparativos absolutos em países europeus. (ADAC, 2005)

Tabela 4.19: Principais características dos sistemas comparativos de etiquetagem em países europeus.

| Tipo de comparação            | Sistemas Comparativos              |                              |                                  |                                    |                                    |
|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                               | Absoluta                           |                              |                                  |                                    | Relativa                           |
| Fator de comparação           | Bélgica                            | Dinamarca                    | Portugal                         | Reino Unido                        | Holanda                            |
| Fator de comparação           | Emissões de CO <sub>2</sub> [g/km] | Eficiência de consumo [km/l] | Consumo específico [l/100km]     | Emissões de CO <sub>2</sub> [g/km] | Emissões de CO <sub>2</sub> [g/km] |
| Quadro comparativo            | 7 categorias de A a G              | 7 categorias de A a G        | 4 categorias de verde a vermelho | 7 categorias de A a F              | 7 categorias de A a G              |
| Diferenciação por combustível | Gasolina e diesel                  | Gasolina e diesel            | Não                              | Não                                | Gasolina e diesel                  |
| Parâmetro de comparação       | -                                  | -                            | -                                | -                                  | Tamanho do veículo                 |

Fonte: (A partir de ADAC, 2005))

## **4.4. PROGRAMA DE INFORMAÇÃO NO BRASIL**

### ***4.4.1. A experiência com o Programa Brasileiro de Etiquetagem***

Em 1984, o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), de forma pioneira, iniciou a discussão com a sociedade brasileira sobre a questão da eficiência energética. A finalidade era racionalizar-se o uso dos diversos tipos de energia no Brasil, informando os consumidores sobre a eficiência energética de cada produto, estimulando-os a fazer uma compra consciente. Este projeto ganhou status de Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), atuando principalmente na área de produtos consumidores de energia elétrica. O PBE é um programa de conservação de energia, que atua através da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), uma etiqueta informativa com o objetivo de alertar o consumidor quanto à eficiência energética de alguns dos principais eletrodomésticos nacionais equipados com motores elétricos ou a gás. As informações da ENCE permitem ao consumidor avaliar e otimizar o consumo de energia dos equipamentos eletrodomésticos, selecionar produtos de maior eficiência em relação ao consumo, e melhor utilizar eletrodomésticos, possibilitando economia nos custos de energia.

O PBE é decorrente do protocolo firmado em 1984 entre o Ministério da Indústria e do Comércio e a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), com a intervenção do Ministério das Minas e Energia. Já a etiquetagem de aparelhos a gás foi instituída por um Acordo de Cooperação Técnico-Institucional de 2002, firmado entre o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, o Ministério das Minas e Energia, o INMETRO, o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural (CONPET), a Petrobrás, a Agência Nacional do Petróleo (ANP), a ABINE e a Associação Nacional dos Fabricantes de Produtos Eletro-Eletrônicos (Eletros).

De início, a adesão ao Programa Brasileiro de Etiquetagem era voluntária, somente eram testados os produtos dos fabricantes que desejavam fazer parte do PBE, entretanto, a partir de 2003 tornou-se compulsória para os fogões a gás e a partir de 2006, para todos os refrigeradores fabricados no país.

A identificação dos produtos a serem etiquetados é feita em conjunto com os fabricantes, através de acordos específicos, sendo que os refrigeradores e semelhantes foram os primeiros eletrodomésticos a terem um acordo específico firmado com os fabricantes. Atualmente, participam do PBE, entre outros produtos, geladeiras, freezers, chuveiros, ar-condicionados, motores elétricos trifásicos, máquinas de lavar roupas, sistemas de aquecimento solar de água, lâmpadas fluorescentes compactas, lâmpadas incandescentes, reatores, fornos e fogões.

As informações contidas na ENCE (Figura 4.17) são fornecidas pelos fabricantes, e verificadas pelo INMETRO, através das fases de etiquetagem (solicitação para etiquetagem, análise da solicitação para etiquetagem, documentação relativa à linha de produção, fase de aferição interlaboratorial, aprovação para uso da etiqueta, e fase de acompanhamento da produção). Atualmente a medição referida na ENCE é o consumo de energia (kWh/mês) e a classificação do produto é feita numa escala de eficiência energética. Além da ENCE são publicadas tabelas com a listagem do consumo de energia e classificação na escala de eficiência energética para todos os produtos.



**Figura 4.17:** Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE)

A partir dos resultados obtidos pelo INMETRO, é criada uma escala onde todos os produtos (agrupados por categoria) são classificados com base em um índice de

eficiência energética. Esta escala era dividida em sete categorias enumeradas de “A”, a mais eficiente até “G” a menos eficiente. Entretanto, com o aumento da eficiência energética dos produtos desde a implantação da ENCE, o INMETRO, em 2006, realizou uma revisão dos índices de eficiência energética e promoveu uma mudança na classificação dos refrigeradores e condicionadores de ar, passando de sete para cinco categorias. Desta forma estimula-se a competitividade do mercado, já que, a cada nova avaliação, a tendência é de que os fabricantes procurem atingir níveis de desempenho melhores em relação à avaliação anterior.

Em 2005, o PBE alcançou 70% dos eletrodomésticos etiquetados na categoria de máxima eficiência energética (INMETRO, 2005) e um potencial anual de 20% de redução de consumo de gás liquefeito de petróleo (GLP) através de fornos e fogões etiquetados, resultando uma economia de 825,000 toneladas de GLP (CONPET, 2005). Os fogões que no início do programa tinham um rendimento energético médio próximo ao mínimo exigido por norma, ou seja, a menor categoria de eficiência, apresentaram em 2006, em sua maioria (86% dos produtos classificados), rendimento superior a 60 %, ou seja, foram classificados na categoria de máxima eficiência energética.

#### ***4.4.2. A Base para um Programa Brasileiro de Informação aos Consumidores de Veículos***

Já há algumas décadas se desenvolvem no Brasil importantes programas para reduzir os desperdícios de energia e as emissões dos veículos automotores, consolidando um marco legal progressivamente abrangente. A seguir se comenta brevemente os principais marcos nesse processo, que proporcionam condições para um programa de eficiência veicular no Brasil através da disseminação de informação aos consumidores .

Como um precedente de maior significado, durante os anos de 1980 desenvolveu-se um programa nacional de eficiência nos veículos automotivos, o Programa de Economia de Combustíveis (PECO), formalizado mediante um protocolo entre o Governo e as montadoras nos anos 1983 a 1986. Um pressuposto importante para este programa foi a existência da norma ABNT NBR 7024 "Medição do Consumo de Combustível de Veículos Rodoviários Automotores Leves" que permitiu a padronização da metodologia de ensaios, baseando-se na simulação de ciclo de condução real do veículo em cidade e

em estrada. Esta norma foi revisada pelo Comitê Brasileiro Automotivo da Associação Brasileira de Normas Técnicas em 2002 e encontra-se em plena vigência.

Como um dos produtos desse programa, foi editado anualmente no período 1983-1986 uma publicação com os indicadores de consumo dos automóveis brasileiros, "ESCOLHA CERTO - Guia de consumo de seu carro", com dados dos modelos disponíveis no mercado. Além da difusão regular e sistemática de informações de consumo veicular de interesse para os consumidores, foram estabelecidas nesse protocolo metas de consumo a serem progressivamente atingidas pelos fabricantes nacionais, considerando a média ponderada simples do consumo de todas as configurações entregues ao mercado.

No programa PECO, os valores de consumo eram fornecidos pelos fabricantes e o governo se reservava o direito de efetuar ensaios de verificação caso julgasse necessário. As metas de redução de consumo e ganho de eficiência foram atingidas no período. Infelizmente, com a queda dos preços do petróleo a partir de 1985, este programa perdeu prioridade e foi descontinuado em 1987. Desde então tem se observado tentativas de relançar o PECO, particularmente através do PROVEN - Programa Nacional de Certificação de Conformidade de Veículos Automotores (Resolução CONMETRO 01/1987), contudo sem resultados expressivos.

Também durante os anos de 1980, como resultado da maior consciência da relevância da poluição atmosférica para a saúde e o bem estar da população, foi possível uma profícua cooperação entre instituições federais, estaduais e privadas, que levou à instituição do Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) (Resolução CONAMA 18/1986, posteriormente consolidado pela Lei 8723/93, de outubro de 1993 e diversas resoluções complementares do CONAMA), limitando as emissões dos veículos novos, estabelecendo uma progressividade e definindo o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) como executor do programa, que conta com a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) como agente técnico e operacional conveniado. Nesse programa, implementado até agora em cinco fases para veículos leves e seis para os pesados, com as próximas etapas já definidas até 2009, todos os modelos de veículos

do mercado brasileiro são ensaiados durante sua homologação obrigatória para verificar seu atendimento aos limites de emissões.

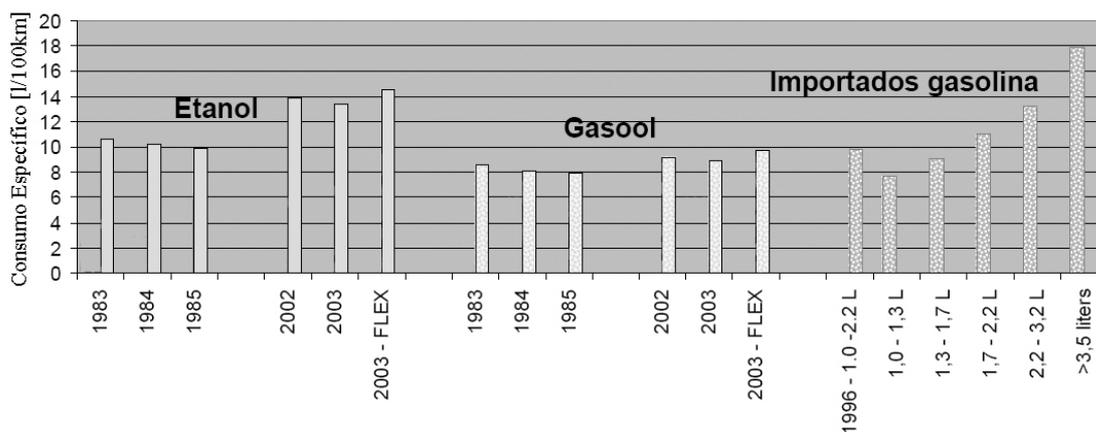
No contexto das crises do petróleo dos anos setenta, ficou patente a necessidade da articulação de ações específicas do governo para promover a eficiência energética. Um primeiro programa nesse sentido foi o CONSERVE, Programa de Conservação de Energia do Setor Industrial, que estabeleceu a partir de 1981, a formação compulsória das Comissões Internas de Conservação de Energia, a imposição de cotas máximas de consumo de óleo combustível, valorizou a lenha e eventuais subprodutos de processo como combustível industrial e induziu o uso de eletricidade como fonte de aquecimento em processos industriais. Entretanto, em meados da década de oitenta, os preços dos derivados de petróleo voltaram a níveis mais toleráveis e a crise dos combustíveis cedeu lugar à crise do suprimento de energia elétrica. Nesse novo quadro, foi criado em 1985 o PROCEL, Programa de Conservação de Energia Elétrica, pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e que tem atuado decisivamente na formação de uma cultura brasileira para a eficiência energética. Posteriormente, em 1991 foi criado o CONPET - Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural, executado pela Petrobras e orientado para a promoção do uso eficiente de combustíveis, onde se incluiu o caso dos veículos leves como um tema estratégico.

A legislação brasileira sobre eficiência energética, em uma acepção ampla e incluindo todos os sistemas que consomem energia, tem um marco importante com a Lei 10.295, de 2001. Esta lei dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, que objetiva a alocação eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente, define a necessidade de limites mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, prevê o estabelecimento de metas e a realização de audiências públicas para estabelecimento dos limites mínimos de eficiência. Como outras vertentes da legislação brasileira de interesse para a fundamentação de um programa de difusão de indicadores de desempenho, tem-se: o Código de Defesa do Consumidor (Lei 8.078 de 1990), que estabelece a obrigatoriedade da divulgação das características técnicas dos equipamentos; e a Lei dos Crimes Ambientais (Lei 9.065 de 1998), que reforça a determinação de que os consumidores sejam informados sobre os assuntos de seu interesse e de implicação ambiental, como é o caso do consumo e das emissões dos veículos.

A fim de atender a Lei 10.295/2001 e dar prosseguimento ao Programa Brasileiro de Etiquetagem foi constituído, em 2005, o Comitê Técnico de Eficiência Veicular, responsável por lançar os fundamentos e desenvolver a estratégia para a atuação na questão da eficiência energética dos veículos leves.

No Brasil, os consumidores de veículos leves têm reduzido acesso aos dados sobre a eficiência energética de seus veículos, diferentemente do que ocorre com os veículos comerciais, onde estes dados são relevantes e bem conhecidos. De um modo geral, os consumidores dos veículos leves de uso pessoal estão pouco informados e mesmo grande parte da imprensa especializada parece ignorar os aspectos de desempenho energético, chamando à atenção os potenciais compradores apenas para os aspectos estéticos, de conforto e potência. Com a evolução do mercado automobilístico, as potências desses veículos têm se elevado de forma importante (seguindo a tendência dos países desenvolvidos), eventualmente acima das necessidades e com pouca atenção à eficiência e ao consumo específico, com um claro espaço para o aperfeiçoamento.

Como um indicador do potencial aparente de economia de energia em automóveis brasileiros, a Figura 4.18 mostra como o consumo específico médio nos automóveis brasileiros a gasolina e a álcool cresceu respectivamente 13% e 35% durante os últimos 20 anos.



**Figura 4.18:** Evolução do consumo específico dos veículos brasileiros (CONPET, 2005)

O Comitê Técnico de Eficiência Veicular (CONPET, 2005) recomenda quatro etapas para a implantação de um Programa Brasileiro de Eficiência Veicular:

1. Definição de procedimentos padronizados e replicáveis para ensaios e testes de veículos leves. Esta etapa é considerada pelo Comitê Técnico de Eficiência Veicular como efetivamente já realizada uma vez que a norma ABNT NBR 7024 “Medição do Consumo de Combustível de Veículos rodoviários Automotores Leves” permite ensaiar ciclos de condução urbana e de estrada, apresenta ampla aceitação e foi recentemente revisada, de acordo com os melhores procedimentos internacionais. O ciclo de condução urbana especificado nesta norma é o mesmo usado nas medições controladas das emissões veiculares, de forma que é possível resgatar os dados de emissão e, conseqüentemente de consumo de todos os modelos certificados pelo IBAMA para o mercado brasileiro desde 1988, o que representa uma excelente ferramenta para a caracterização do histórico da eficiência energética dos veículos leves no Brasil. Para o consumo no ciclo estrada, será necessário recorrer aos arquivos das montadoras. O Comitê Técnico de Eficiência Veicular recomenda ainda que Programa Brasileiro de Eficiência Veicular seja associado ao PROCONVE, através do documento oficial que o implemente e incumba o IBAMA quanto ao seu acompanhamento, tendo em vista que a infra-estrutura já existente para o PROCONVE é muito adequada aos requisitos deste Programa. Desta forma, também será possível que os valores de consumo apresentados pelos fabricantes possam ser auditados através dos dados de emissão;

2. Difusão dos indicadores de eficiência veicular. A partir dos resultados de medições de consumo específico em cidade e estrada, fornecidos pelos fabricantes e importadores de acordo com a norma ABNT NBR 7024 para os veículos leves e passíveis de comparação crítica com os dados do PROCONVE, pode ser preparado um plano de comunicação e informação aos consumidores e ao mercado. Naturalmente não se trata apenas de apresentar os valores de consumo específico constatados, mas é imprescindível organizar adequadamente os dados e informar sobre o seu significado, impacto na formação das despesas familiares em condições típicas, implicação ambiental, etc, de modo a orientar os consumidores para considerar na eficiência um valor adicional do seu carro e levar as montadoras a tomar cada vez mais este aspecto em conta, na medida em que é um fator que afeta a decisão de compra.

3. Introdução da etiquetagem comparativa e voluntária. Evidenciando a classificação de um determinado modelo entre os demais de sua classe e eventualmente seu posicionamento em uma escala absoluta de eficiência, esta etapa requer uma discussão ampla e construtiva com a indústria, em especial na definição do número de classes e categorias de veículos a ser adotado. Logrado o consenso quanto à metodologia, difundidos os procedimentos e o significado dos indicadores de consumo específico, pode-se partir para a compulsoriedade da etiquetagem, que poderá incluir outros aspectos além do energético, como ruído, segurança e características de ciclo de vida.

4. Definição de limites máximos de consumo específico ou mínimos de eficiência de consumo. Especificamente nos termos da lei 10.295/01, devem ser estabelecidas metas compulsórias de desempenho energético, ajustadas com as montadoras, considerando a evolução tecnológica e a experiência internacional, o que deverá ser um passo posterior do Programa.

Um aspecto de inegável relevância refere-se às relações entre um maior desempenho energético dos veículos e os objetivos da política energética nacional. O que vem sendo apresentado atualmente (CONPET,2005) é um alinhamento de propósitos nesse sentido, cabendo destacar que entre os ganhos decorrentes da maior eficiência energética, além do aumento da produtividade econômica e melhoria das condições ambientais, tem-se um ajuste racional das dimensões do mercado de combustíveis e a possibilidade de consolidar a auto-suficiência no abastecimento atuando pela demanda. Destaca-se também que a maior visibilidade das diferenças de eficiência entre os veículos disponibilizados no mercado e de seu impacto energético e ambiental pode e deve induzir à implantação de medidas de diferenciação tributária.

Não cabem dúvidas sobre a oportunidade e a existência de condições adequadas para implementar um programa de eficiência veicular no Brasil, com base num programa de informação ao consumidor, considerando inicialmente os veículos leves. Uma questão chave nesse processo é como lograr o comprometimento e a cooperação dos agentes envolvidos, que englobam órgãos do setor automobilístico, energético, ambiental, entre outros. Não obstante, a ampla experiência brasileira com programas de fomento a eficiência energética e de etiquetagem indica que esse ponto, desde que corretamente levado em conta, não constitui um obstáculo, mas um vetor de oportunidades que

reforça os propósitos do programa. É essencial, portanto desenhar um processo consensual, progressivo, com passos e responsabilidades definidas.

#### **4.5. RESULTADOS DOS PROGRAMAS DE INFORMAÇÃO**

Uma vez que a maioria dos programas de informação ao consumidor de veículos foi implantada em conjunto ou concomitantemente com a adoção de padrões obrigatórios ou voluntários que refletem a eficiência do veículo, torna-se difícil a mensuração dos resultados destes programas de uma forma isolada. Entretanto, é necessário que se faça uma avaliação da efetividade destes programas para que se possa corrigi-los, incrementá-los e dar continuidade aos mesmos.

Em função dessa dificuldade e dessa necessidade de avaliação, este item irá apresentar primeiramente resultados qualitativos e isolados dos resultados apresentados pelos padrões que refletem a eficiência energética, ou seja, o quanto os consumidores conseguiram perceber e entender as informações disseminadas pelos programas. Em seguida serão apresentados resultados quantitativos representados pelas mudanças nas características físicas da frota de veículos que foram devidas à interação dos padrões que refletem a eficiência com os programas de informação ao consumidor de veículos. Por fim será realizada uma análise deste resultado e apresentada uma proposta para a potencializar estes resultados,

##### ***4.5.1. Resultados qualitativos dos programas de informação***

Tanto nos Estados Unidos quanto na União Européia foram realizados, pelos órgãos responsáveis, estudos de avaliação qualitativa dos programas de informação ao consumidor de veículos. Este item irá apresentar os resultados obtidos em alguns deles.

Em 2003, o *US-DOE* através do *Oak Ridge National Laboratory* desenvolveu uma pesquisa (GREENE *et al*, 2003) com consumidores interessados em adquirir um veículo novo ou usado e que apresentavam algum tipo de preocupação ambiental. O propósito da pesquisa era entender como os consumidores se comportam diante de diferentes classificações e medições dos efeitos produzidos no meio ambiente pela utilização dos veículos, apresentadas no *website* do programa de informação ao consumidor de veículos. A pesquisa foi conduzida visando otimizar a disseminação das informações

através do *website*. Os seguintes resultados, quanto ao comportamento e às atitudes dos consumidores, foram obtidos:

- As questões ambientais raramente são levadas em consideração no processo de decisão de compra de um veículo. Para os entrevistados em primeiro lugar vem a utilidade/função do veículo;
- A questão da eficiência de consumo é levada em consideração no processo de decisão de compra de um veículo, mas não sob o aspecto ambiental;
- Os entrevistados residentes em cidades mais afetadas por problemas ambientais se mostraram mais sensíveis às informações sobre os efeitos ambientais do uso de veículos;
- Os entrevistados residentes em cidades mais afetadas por problemas ambientais se mostraram mais conhecedores dos termos que fazem referência aos veículos menos poluentes tais como LEV (*Low Emission Vehicle* – Veículo com baixa emissão);
- Os entrevistados mostraram pouca compreensão dos padrões de emissão para os veículos LEV;
- Nenhum entrevistado mostrou familiaridade com os termos ULEV (*Ultra Low Emission Vehicle* - Veículo com emissão ultra baixa) e SULEV (*Super Ultra Low Emission Vehicle* - Veículo com emissão super ultra baixa);
- Houve uma percepção geral de que o aumento na eficiência de consumo e que veículos/motores menores são benéficos para o meio ambiente, apesar dos entrevistados não perceberem claramente o porquê disto;
- Os entrevistados residentes em cidades mais afetadas por problemas ambientais costumam ter mais contato com informações a respeito de veículos chegando a recorrer a *websites* voltados para automóveis bem como *websites* de fabricantes de veículos;
- Os entrevistados, em geral, costumam recorrer a alguma fonte de informação a respeito de veículos antes de se dirigirem a um ponto de venda, em função de não confiarem muito nos vendedores de veículos;
- Poucos entrevistados tinham idéia de onde poderiam encontrar informações a respeito dos efeitos produzidos no meio-ambiente pelos veículos;

- Os entrevistados da Califórnia consideram que todos os veículos de uma mesma classe apresentam efeitos ambientais similares, uma vez que os padrões da Califórnia são muito restritos;
- Os entrevistados da Califórnia nunca consideraram como se pode encontrar e adquirir o veículo menos poluente de todos (com exceção dos elétricos e dos híbridos), além de se apresentarem confusos em relação a onde se pode obter informações ambientais e a respeito do veículo em si.

Quanto aos aspectos dos impactos ambientais observou-se que:

- Os entrevistados pareciam ter uma idéia forte, mas indefinida, de que os automóveis não são bons para o meio ambiente, especialmente os mais antigos e os maiores e os sem manutenção;
- Os entrevistados sabiam que as emissões veiculares poluem o ar, afetam a camada de ozônio e produzem chuva ácida, mas não eram capazes de distinguir os tipos de gases causadores destes efeitos. Pouquíssimos entrevistados entendiam o termo “gases de efeito estufa”;
- Alguns entrevistados indicaram que se preocupam com os impactos ambientais causados pelos seus veículos, mas que não faziam ou não sabiam como fazer para amenizar esta situação;
- Muitos entrevistados pensavam que o governo está cuidando, de alguma forma, do controle das emissões veiculares e que com isso todos os veículos que estão sendo vendidos estão contribuindo para a redução destas emissões;
- Os entrevistados, principalmente os da Califórnia, têm a percepção geral de que o governo, principalmente o Estado da Califórnia, já vem regulando de forma bem restritiva as emissões e a eficiência do consumo dos veículos. E que com isto, os indivíduos não teriam necessidade de se preocuparem ou de tomarem algum tipo de atitude;
- A maior parte dos entrevistados indicou que gostaria de ter um instrumento para comparar os veículos quanto à questão ambiental, mas poucos disseram que as informações assim obtidas afetariam de modo significativo suas decisões de compra.

Em relação à avaliação do conteúdo do *website* notou-se que:

- Quase nenhum entrevistado compreendeu a relação entre eficiência de consumo e emissões de GEE (apresentada anteriormente na Figura 4.14);
- Alguns entrevistados acharam útil a informação das emissões de CO<sub>2</sub> de um veículo em relação aos outros, entretanto, outros ficaram confusos em relação a esta informação;
- A informação das emissões dada na forma de gráfico é mais compreensível e considerada mais útil pelos entrevistados;
- Para muitos entrevistados, a unidade toneladas/ano usada para expressar as emissões de CO<sub>2</sub> foi considerada muito grande e por isso incompreensível.
- O gráfico em forma de barra com limites de zero a dez foi o mais bem compreendido pelos entrevistados;
- Os entrevistados mostraram preferência por comparações que envolvem todos os veículos do que aquelas que separam os veículos por classes;
- Muitos entrevistados gostariam de ver as informações ambientais divulgadas em revistas e programas automotivos na televisão.

Em 2005, foi publicado um estudo (ADAC, 2005), sob encomenda da Comissão Europeia, onde foram compilados os relatórios de avaliação dos programas de informação aos consumidores de veículos, realizados de forma separada pelos estados-membros entre 2001 e 2004. Além da compilação dos relatórios, foi realizada uma pesquisa, em 2004, com consumidores de veículos que haviam comprado um veículo novo após 2001 ou que planejavam fazê-lo até o próximo ano.

Este estudo visava avaliar a efetividade dos programas de informação e com isto propor melhorias. A compilação dos relatórios mostrou que:

- O consumo específico dos veículos e os impactos ambientais causados pelos veículos, em geral, não são o fator determinante na decisão de compra;
- O consumo específico é levado em consideração mais por questões econômicas do que ambientais;
- Os consumidores não se encontram bem informados a respeito do consumo específico dos veículos e das questões ambientais ligadas às emissões de CO<sub>2</sub>;

- Os critérios considerados mais importantes na decisão de compra foram: confiabilidade, segurança, conforto, e custo/preço. Também tamanho e potência foram considerados bem importantes;
- O consumo específico e os impactos ambientais foram considerados de média a pouca importância;
- Os meios mais utilizados para se obter informação a respeito do consumo específico foram: os vendedores, material de divulgação do fabricante, revistas especializadas, recomendação de amigos e familiares;
- O conhecimento das etiquetas veiculares (por 26% da população, em média) e dos guias de consumo específico (por 14% da população, em média) foi muito pequeno e não foi visto como muito importante ou efetivo;

Quanto à efetividade dos meios de informação constatou-se que:

- Na Áustria: a etiqueta foi mais efetiva e em seguida o cartaz no ponto de venda;
- Na Bélgica: material promocional foi mais efetivo e em seguida a etiqueta, o guia e o cartaz;
- Na Dinamarca: a etiqueta foi mais efetiva e em seguida o guia. O cartaz não apresentou efetividade;
- Na Finlândia: material promocional foi mais efetivo e em seguida o guia;
- Na Irlanda: o guia foi mais efetivo e em seguida o cartaz. A etiqueta bem menos efetiva pois não havia comparação;
- Na Holanda: a etiqueta foi mais efetiva por conta da facilidade de compreensão. O guia não foi bem compreendido;
- Em Portugal: material promocional e o guia foram os mais efetivos. Cartaz sem efetividade;
- Na Suécia: a etiqueta foi mais efetiva. O cartaz e o guia eram pouco conhecidos;
- A maioria dos consumidores mostraram preferência pelo sistema comparativo;
- A etiqueta nos padrões dos aparelhos eletrodoméstico obtiveram a maior preferência em função da facilidade de reconhecimento.

A pesquisa realizada mostrou que na média dos entrevistados de cada país:

- Os critérios considerados como de maior importância foram: a confiabilidade e segurança;

- A confiabilidade foi considerada como um dos critérios de maior importância por 65% dos entrevistados, de segunda maior importância por 25% e como o de menor importância por 4% dos entrevistados;
- A segurança foi considerada como um dos critérios de maior importância por 55% dos entrevistados, de segunda maior importância por 25% e como o de menor importância por 5% dos entrevistados;
- A potência do motor foi considerada como um dos critérios de maior importância por 22% dos entrevistados, de segunda maior importância por 35% e como o de menor importância por 3% dos entrevistados;
- As questões ambientais foram consideradas como um dos critérios de maior importância por 25% dos entrevistados, de segunda maior importância por 35% e como o de menor importância por 7% dos entrevistados;
- Os meios mais utilizados para obtenção de informação foram os vendedores e os *websites* dos fabricantes;
- Cerca de um terço dos entrevistados conhecem as etiquetas veiculares e os guias e mais da metade costuma prestar atenção nas informações de emissões fornecidas em materiais promocionais;
- Em todos os países as informações apresentadas através das etiquetas e dos guias foram consideradas importantes e compreensíveis mas com pouco efeito sobre a decisão de compra;
- O interesse em mudar a escolha de um veículo por um de uma outra categoria devido a menores emissões de CO<sub>2</sub> foi demonstrado por apenas 25% dos entrevistados;
- 60% dos entrevistados preferem que a comparação dos veículos seja feita por categorias, destes entrevistados 45% preferem que sejam categorias de volume do veículo;

Em 2006, a Comissão Europeia conduziu uma nova pesquisa (EC, 2006), na forma de consulta pública, a fim de ter subsídios para realizar uma revisão nas estratégias para redução de emissões de CO<sub>2</sub> através do aumento da eficiência de consumo dos veículos. A pesquisa apresentou os seguintes resultados:

- Os critérios considerados como de maior importância foram: o consumo de combustível, a baixa emissão de CO<sub>2</sub>, a confiabilidade e as baixas emissões de poluentes;

- O consumo de combustível foi considerado como um dos critérios de maior importância por 50% dos entrevistados, de segunda maior importância por 21% e como o de menor importância por 7% dos entrevistados;
- A baixa emissão de CO<sub>2</sub> foi considerada como um dos critérios de maior importância por 45% dos entrevistados, de segunda maior importância por 16% e como o de menor importância por 4% dos entrevistados;
- A potência do motor foi considerada como um dos critérios de maior importância por 8% dos entrevistados, de segunda maior importância por 16% e como o de menor importância por 8% dos entrevistados;
- O prestígio alcançado com o veículo foi considerado como um dos critérios de maior importância por 4% dos entrevistados, de segunda maior importância por 8% e como o de menor importância por 33% dos entrevistados;
- Diante de uma situação hipotética de compra de um veículo novo, do mesmo tipo e preço que o atual, 80% dos entrevistados optaram por comprar um veículo novo com a mesma potência que o atual mas com uma eficiência de consumo 20% maior, em detrimento de um veículo com a mesma eficiência de consumo e 20% mais potência;
- 66% dos entrevistados se sentem bem informados quanto à contribuição do transporte rodoviário para as mudanças climáticas,;
- 49% dos entrevistados sabiam que um consumo específico de 6 l/100km equivale a 150 gCO<sub>2</sub>/km, enquanto que 29% responderam que não sabiam e 28% deram a resposta errada;
- 89% dos entrevistados concordam que os consumidores precisam saber mais sobre as emissões de CO<sub>2</sub> dos seus veículos.

#### ***4.5.2. Resultados quantitativos dos programas de informação***

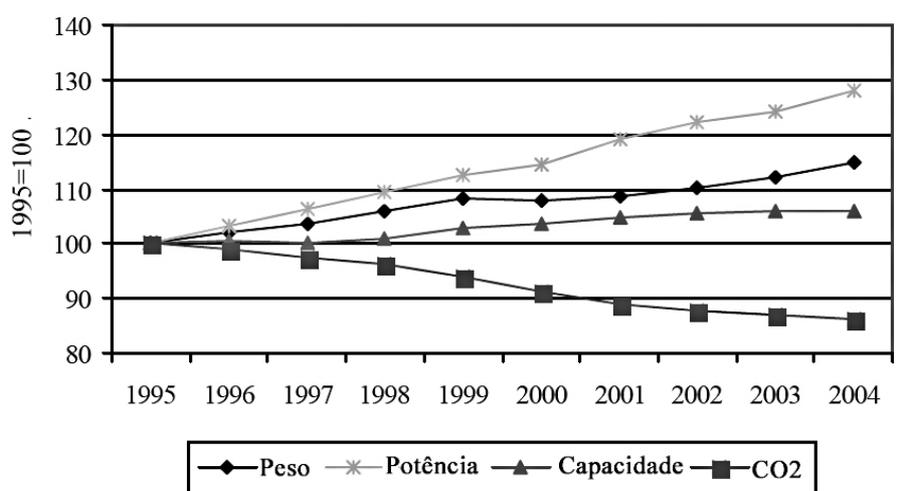
Apesar de alguns países europeus terem realizado estudos quantificando as emissões de CO<sub>2</sub> devidas à implantação de programas de informação ao consumidor, optou-se neste trabalho, pela análise da evolução das características físicas da frota de veículos novos como forma de quantificar a efetividade destes programas.

Escolheu-se a evolução das características físicas da frota como parâmetro a ser utilizado, uma vez que, estas refletem claramente o comportamento do consumidor em

relação às informações obtidas ou não, consideradas ou não, na sua opção de compra de veículo. Como visto anteriormente, cabe ao fabricante desenvolver tecnologia e aplicá-la aos veículos de forma a produzir menos emissões. E cabe ao consumidor escolher os veículos mais eficientes. Portanto não é a redução absoluta das emissões que irá refletir a efetividade dos programas de informação e sim a composição da frota.

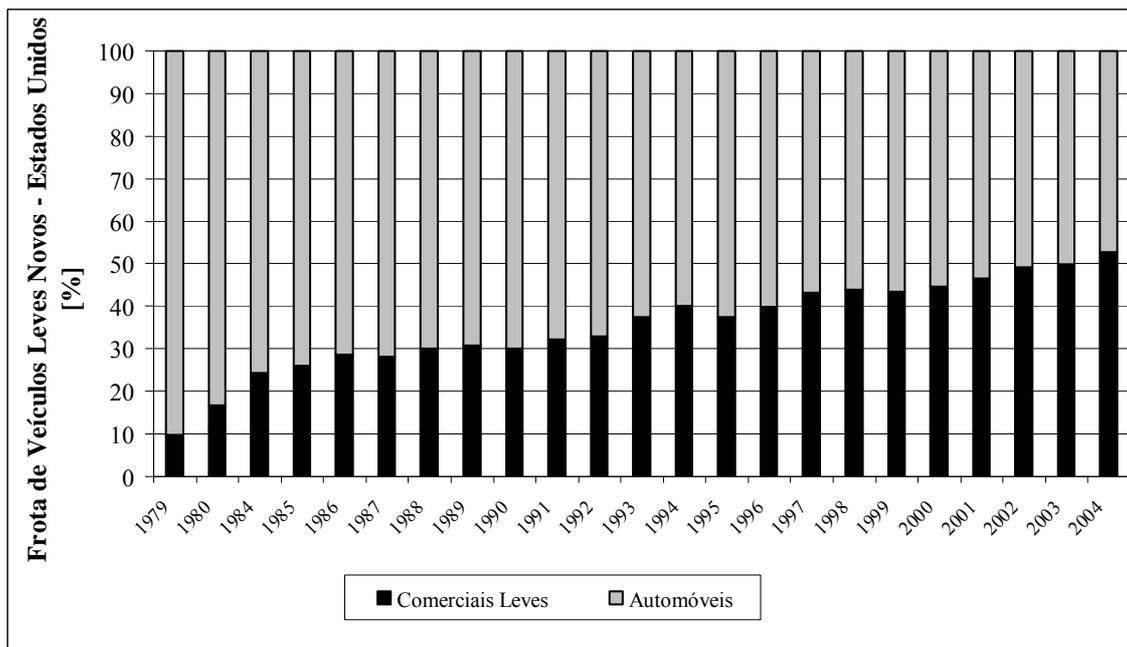
A pesquisa e o desenvolvimento tecnológico tiveram um papel decisivo no resultado positivo obtido até agora pelos padrões que refletem a eficiência energética. No intuito de se alcançar os padrões estabelecidos, os fabricantes deram prioridade (destinando a maior parte de seus recursos) às tecnologias para redução de emissões de CO<sub>2</sub>. Tais tecnologias foram capazes de colocar no mercado europeu veículos com emissões específicas menores que 120 gCO<sub>2</sub>/km. Tais veículos que em 1995 não tinham participação alguma no mercado, alcançaram 7,7% de participação nas vendas de 2004 da ACEA (EC, 2005a).

Entretanto, um ponto importante a ser ressaltado é o fato de que o desenvolvimento tecnológico europeu, além de permitir uma redução de 12% das emissões de CO<sub>2</sub>, também foi capaz de franquear alterações consideráveis em algumas características físicas da frota europeia. Notam-se pela Figura 4.19: um aumento de quase 30% na potência e mais de 5% na capacidade dos motores, e de 15% na massa dos veículos vendidos pela ACEA.

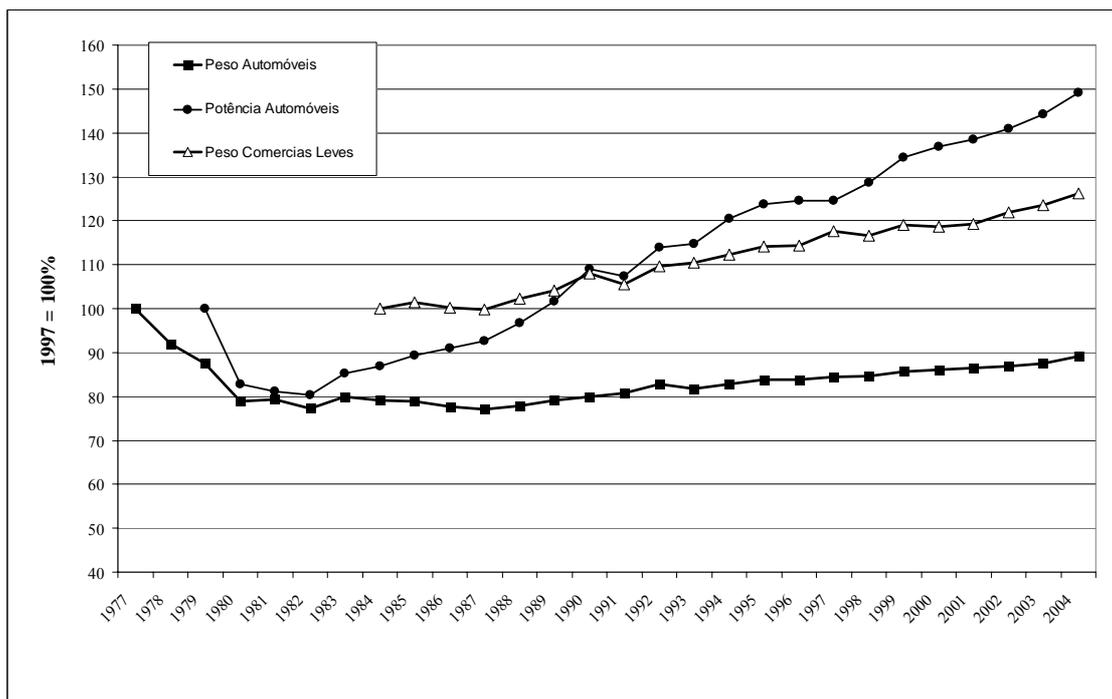


**Figura 4.19:** Variação das características físicas da frota ACEA de veículos leves de passageiros (EC, 2005a)

Como já visto no Capítulo 3, o avanço tecnológico nos Estados Unidos permitiu que houvesse um aumento nas eficiências de consumo dos automóveis e dos comerciais leves nos últimos tempos. Entretanto, não foi suficiente para aumentar a eficiência da frota de veículos leves como um todo, a qual vem diminuindo com o tempo (Figura 4.1). O desenvolvimento de novas tecnologias permitiu que as emissões específicas fossem reduzidas, afim de atender os padrões estabelecidos, sem que com isso se diminuísse a potência e o peso dos veículos. Desta forma, os consumidores têm a sua decisão de compra refletida na composição da frota de veículos leves com 53% de comerciais leves em 2004 (Figura 4.20) e nas características físicas desta frota com um aumento na potência dos automóveis da ordem de 50% em relação a 1980, da ordem de 10% no peso dos automóveis em relação a 1984, e um aumento de mais de 25% no peso dos comerciais leves em relação a 1984 (Figura 4.21).



**Figura 4.20:** Evolução da composição da frota de veículos leves novos dos Estados Unidos (NHTSA, 2007b)



**Figura 4.21:** Evolução de algumas características físicas da frota de veículos leves dos Estados Unidos (a partir de NHTSA, 2007a e de NHTSA, 2007b )

#### 4.5.3. Análise dos resultados apresentados

Ao analisarem-se os resultados dos programas de informação ao consumidor de veículos, apresentados anteriormente, observam-se as seguintes tendências até 2004.

Nos Estados Unidos, onde o programa de informação já está consolidado, observa-se que os consumidores apresentam algum tipo de conhecimento a respeito dos impactos ambientais provocados pela utilização dos veículos, mas raramente estes impactos são levados em consideração no processo de decisão de compra de um veículo novo ou usado. Isto acontece mesmo com os consumidores sabendo que estes impactos os afetam diretamente.

Pode-se explicar, primeiramente, este comportamento em função da aplicação, por parte do governo, de padrões que restringem o consumo específico e às emissões. Neste caso, os consumidores se eximem de fazer a sua parte no combate aos impactos ambientais porque acham que o quê governo faz já é suficiente. Um segundo ponto é o fato dos consumidores acharem que não há como eles contribuírem de forma pessoal, ou que, este tipo de contribuição seria insignificante. Além disso, as questões

ambientais estão sempre relacionadas a questões políticas e controversas, o que pode levar o consumidor a tratá-las com ceticismo ou indiferença.

Um terceiro ponto seria a dificuldade do consumidor em interpretar e aplicar as informações recebidas. Entender o conceito geral da relação uso do veículo e impacto ambiental é fácil, mas traduzir números e gráficos para a realidade da utilização do veículo é difícil, requerendo tempo e esforço por parte do consumidor. A informação de impacto ambiental torna-se útil e com sentido à medida que é apresentada através de uma associação clara e direta com consumo de combustível. Além disso, a mistura de informações ambientais (poluição atmosférica e aquecimento global) tende a confundir o consumidor que não sabe separar e muitas vezes distinguir estes efeitos e acaba por não utilizar estas informações. Faltam definições apropriadas e explicações concisas e em termos simples nos meios de disseminação das informações.

A pouca disseminação das informações e a falta de divulgação da importância das mesmas também é um ponto a ser considerado. Há ausência deste tipo de informação nas fontes de consulta mais utilizadas pelos consumidores para obterem informações a respeito dos veículos. As revistas especializadas, os programas de televisão e os *websites* dos fabricantes não disponibilizam estas informações e com isso passam a mensagem de que as mesmas não são importantes no processo de decisão de compra de um veículo. Em geral, os consumidores se informam a respeito dos veículos antes de chegarem ao ponto de venda mas procuram obter estas informações nas fontes em que estão mais habituados. Falta divulgação dos guias de eficiência e dos *websites* oficiais.

Uma vez que o consumidor não percebe a importância destas informações e/ou não sabe como utilizá-las ou ainda não sabe onde encontrá-las, ele acaba fazendo a sua escolha de veículo com base nos seus desejos, que são ampla e facilmente manipulados pela mídia em geral. Estas questões todas se refletem na decisão de compra do consumidor de veículos norte-americano que vêm adquirindo cada vez mais veículos maiores e mais potentes.

Na União Européia onde os programas de informação ao consumidor estavam, até 2004, ainda em processo de implantação pode-se perceber um comportamento dos consumidores de veículos um pouco distinto do norte-americano. Em geral, os

consumidores não apresentavam conhecimento a respeito da relação do consumo específico dos veículos com os impactos ambientais. Não estava claro para os consumidores o papel das emissões de CO<sub>2</sub> e também a sua correlação com consumo específico. E ainda havia muita confusão a respeito dos impactos ambientais em geral. Entretanto, apresentou-se um crescimento lento no interesse dos consumidores a respeito destas questões.

Na União Européia, os resultados obtidos até 2004, dependem muito da forma como o programa estava sendo implantado. Com isso, pode-se perceber que o tipo de sistema de etiquetagem tem grande influência nos resultados, assim como a importância dada aos meios de disseminação da informação. A ênfase dada ao guia de eficiência ou ao cartaz nos pontos de venda ou ainda ao material promocional influi diretamente nestes resultados.

Desta forma, assim como o consumidor norte-americano, o consumidor europeu, até 2004, não percebe a importância das informações de eficiência e de impactos ambientais e/ou não sabe como utilizá-las ou ainda não sabe onde encontrá-las, ele também acaba fazendo a sua escolha de veículo com base nos seus desejos. Estas questões se refletem na sua decisão de compra que vêm a ser a opção por veículos maiores e mais potentes.

Entretanto, em 2006, os resultados europeus apresentam uma modificação na reação do consumidor em relação às informações obtidas através dos programas de informação. Estes resultados apresentam um consumidor que dá mais ênfase à questão do consumo específico e à questão ambiental, dando pouca ênfase à potência do veículo. Mostra um consumidor que se sente bem informado em relação a estas questões e que também se revela bem informado e disposto a fazer opções pela maior eficiência em detrimento de potência.

Este comportamento pode ser explicado por duas hipóteses distintas. Na primeira hipótese, os programas de informação europeus foram bem divulgados e trabalhados junto com os consumidores após 2004. Além disto, as questões ambientais ganharam maior relevância e destaque na União Européia por parte dos governos e dos meios de comunicação. E finalmente, a questão dos altos preços dos combustíveis que vêm

sendo praticados, o que pode indicar uma correlação entre preço de combustível e interesse do consumidor em informações de eficiência. Nesta hipótese, o fato da questão do consumo específico e da questão ambiental receberem a mesma ênfase pode indicar que os consumidores perceberam através das informações recebidas a relação direta entre as duas questões.

Uma segunda hipótese também a ser considerada é a de que a amostra que produziu tais resultados não representava de forma completa os consumidores de veículos. Esta amostra podia conter um número elevado de consumidores com conhecimentos e preocupações com questões ambientais a cima da média. Tal fato pode ser caracterizado pela importância dada também às emissões de poluentes atmosféricos na decisão de compra. Outro ponto a favor desta hipótese é a tendência da frota apresentar um aumento de potência até 2004.

De qualquer forma, estes resultados europeus mais recentes se apresentam como favoráveis aos programas de informação. Sendo a amostra representativa do universo de consumidores, os resultados indicam que os programas foram efetivos o que poderá ser comprovado através da composição e características físicas da frota a partir de 2005. Caso a amostra seja representativa apenas do grupo de consumidores preocupados com as questões ambientais, os resultados mostram o quanto é importante conscientizar e informar a parcela da população que ainda não se preocupa com tais questões. Estes resultados mostram que os consumidores bem informados se colocam dispostos a mudarem seu padrão de compra.

Finalmente, ao observar-se a composição das frotas relacionada à decisão de compra do consumidor, chama-se atenção para o grande potencial de redução de emissões de CO<sub>2</sub> ainda a ser realizado em função da redução da massa, da potência e da capacidade destes veículos. Tal potencial pode ser alcançado sem que haja necessidade de mais gastos com tecnologia, principalmente com a atuação efetiva dos programas de informação mudando a mentalidade do consumidor.

## **CAPÍTULO 5. ANÁLISE DO POTENCIAL DE IMPACTO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> NO MODO RODOVIÁRIO BRASILEIRO**

### **5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

No Capítulo 3 foi apresentada uma visão geral, bem como algumas avaliações, de três estratégias para a redução de emissões de CO<sub>2</sub> no transporte rodoviário – a estratégia para a redução da atividade de transportes e mudanças na estrutura modal; a estratégia para o aumento da eficiência energética; e a estratégia para a redução do conteúdo de carbono dos combustíveis. A partir destas avaliações, duas medidas de atuação relacionadas à estratégia para o aumento da eficiência energética se destacaram e foram detalhadas no Capítulo 4: a adoção de padrões que refletem a eficiência energética; e a implantação de programas de informação ao consumidor de veículos.

Cabe ressaltar que nos capítulos anteriores os potenciais de redução de emissões de CO<sub>2</sub>, relacionados a cada estratégia, foram analisados em termos globais, ou seja, para o mundo como um todo. Além disso, os resultados das medidas destacadas (padrões que refletem a eficiência energética, e programas de informação ao consumidor de veículos) foram apresentados e avaliados de forma pontual, ou seja, apenas para alguns países. Uma vez que o Governo Brasileiro ainda não implantou de forma definitiva nenhuma destas medidas, julgou-se relevante fazer uma análise do potencial de impacto destas no modo de transporte rodoviário brasileiro, bem como comparar este potencial de impacto com o de outras medidas que já vêm sendo aplicadas no Brasil, afim de fornecer subsídios que orientem o Governo na escolha das melhores estratégias para o país.

O foco desta análise de potencial de impacto, assim como de todo este trabalho desenvolvido, é o modo rodoviário, e, devido à complexidade de tratá-lo como um todo, optou-se por delimitá-lo aos veículos leves (automóveis e comerciais leves). Como visto anteriormente, apesar de uma menor mas significativa participação dos veículos leves nas emissões de CO<sub>2</sub> do modo rodoviário brasileiro, estes veículos foram escolhidos devido à ausência de medidas de eficiência energética voltadas para os mesmos.

Esta análise de potencial de impacto foi realizada em três etapas. Primeiramente elaborou-se um Caso de Referência onde se realizou a projeção da frota de veículos leves para o período 2007-2015, bem como a projeção do consumo de combustíveis desta frota e das suas emissões de CO<sub>2</sub> caso não se implantassem medidas de eficiência energética e se mantivesse a atual tendência de consumo de combustíveis.

Em seguida foram elaborados três cenários a fim de se quantificar as emissões de CO<sub>2</sub> que poderiam ser alcançadas. No Cenário 1 considerou-se a adoção de padrões que refletem a eficiência energética. No Cenário 2 considerou-se uma medida de redução do conteúdo de carbono dos combustíveis, ou seja, uma maior utilização do álcool etílico hidratado (AEH) e do gás natural veicular (GNV) ambos já consolidados no Brasil. Finalmente, no Cenário 3 foi considerada a adoção conjunta de padrões que refletem a eficiência energética com uma maior utilização de álcool etílico hidratado e gás natural veicular.

Não foram contempladas nesta análise de potencial de impacto, medidas para a redução da atividade de transporte, uma vez que, como visto no Capítulo 3, estas medidas não apresentam resultados significativos no curto prazo.

Na última etapa foi realizada a análise dos resultados obtidos comparando-se as emissões do caso de referência com as emissões de cada cenário proposto.

## **5.2. A ELABORAÇÃO DO CASO DE REFERÊNCIA**

Definiu-se primeiramente um Caso de Referência para as emissões de CO<sub>2</sub> em relação ao qual serão aplicadas as medidas de cada cenário a ser desenvolvido. As seguintes premissas foram adotadas para o caso de referência:

- Frota nacional circulante: automóveis e veículos comerciais leves;
- Combustíveis: gasolina C, álcool etílico hidratado (AEH) e gás natural veicular (GNV);
- Período de Referência: 2007 a 2015.

As emissões reais de CO<sub>2</sub> variam segundo o modelo do veículo, o ano de fabricação, a potência do motor, o tipo de manutenção dada, as condições de utilização, a quilometragem rodada, etc. O cálculo preciso das emissões de CO<sub>2</sub> da frota nacional de veículos leves exigiria, portanto, o conhecimento de muitas variáveis. Buscando-se uma simplificação, optou-se pela utilização da metodologia desenvolvida e utilizada pelo IPCC (2006) na elaboração de inventários nacionais de gases de efeito estufa e que se baseia no consumo de combustíveis da frota circulante.

Mesmo tendo sido utilizada uma metodologia simples com poucas variáveis, o estudo teve como fator limitante a falta de dados oficiais disponíveis. A principal dificuldade foi a escassez de informação referente ao consumo específico dos veículos leves que compõem a frota nacional de veículos e à distância média percorrida anualmente por esses veículos.

No Brasil, a busca e coleta de informação não são adequadas por causa do custo de obtenção e armazenamento de dados e há pouca preocupação institucional com a organização ou fornecimento de informação, principalmente em nível local. Há, ainda, carência de legislação que obrigue as empresas a fornecer informações, em especial no que diz respeito às emissões de gases de efeito estufa. Por outro lado, muitas vezes, medições não se justificam para o inventário de emissões de gases de efeito estufa por si só, devido ao custo relativamente alto da medição, quando comparado a qualquer melhoria da precisão da estimativa.

A modelagem do caso de referência foi elaborada em quatro etapas que serão descritas em seguida: Dimensionamento da frota circulante em 2006; Previsão da frota circulante, ano a ano, de 2007 a 2015; Previsão do consumo de combustíveis, ano a ano, de 2007 a 2015; e Previsão das emissões de CO<sub>2</sub>, ano a ano, de 2007 a 2015.

### ***5.2.1. Dimensionamento da Frota Circulante de 2006***

Até 1985, o Ministério dos Transportes, através da Empresa Brasileira de Planejamento e Transportes – GEIPOT, publicava regularmente dados referentes às frotas municipais, estaduais e nacional calculados a partir da Taxa Rodoviária Única –TRU. Com a

extinção da TRU, em 1986, esses dados estatísticos deixaram de ser gerados. A partir de então, várias instituições vêm realizando estudos com o objetivo de estimar a frota nacional de veículos. Tendo em vista essa limitação, estimou-se para 2006, a frota nacional circulante de automóveis e comerciais leves, por tipo de combustível, bem como a sua distribuição por ano de fabricação, a partir de dados sobre:

- Frota de veículos por tipo, e frota de veículos por ano de fabricação do Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN (2007);
- Vendas anuais de veículos novos do Anuário da Indústria Automobilística (ANFAVEA (2007b);
- Conversões anuais de veículos para GNV do Balanço Anual de GNV do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP, 2006a) e da frota por tipo de combustível do Departamento de Trânsito do Estado do Rio de Janeiro (DETRAN-RJ, 2007) ;
- Curvas de probabilidade de sucateamento de veículos típicos de cada idade. A curva de sucateamento simula o processo pelo qual os veículos saem de circulação. Neste estudo foram escolhidas as curvas de sucateamento para automóveis e comerciais leves utilizadas pelo Serviço de Planejamento da PETROBRAS, calibradas pelos dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios de 1988 e de reconhecida consistência e utilizada no Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCT, 2002a).

O cálculo e a distribuição da frota nacional circulante de veículos de 2006, por ano de fabricação (veículos acumulados até 1996 e veículos distribuídos, ano a ano, de 1997 a 2006) foram realizados em duas etapas. A partir do número de automóveis e comerciais leves em 2006 (frota de veículos por tipo (DENATRAN, 2007)) aplicou-se a distribuição percentual por ano de fabricação (frota de veículos por ano de fabricação (DENATRAN, 2007)). Em seguida, aplicou-se a taxa de sucateamento para cada ano de fabricação (MCT, 2002a) obtendo-se o total de automóveis e o total de comerciais leves circulantes em 2006, distribuídos por ano de fabricação.

Na seqüência, foi realizada a desagregação desta frota por tipo de motorização, ou seja, em motores a gasolina, a álcool etílico hidratado (AEH), e flexíveis (a gasolina e a AEH em qualquer proporção). A desagregação foi feita com base na distribuição percentual de cada motorização nas vendas de veículos novos correspondentes a cada ano de fabricação (ANFAVEA, 2007b).

Seguidamente, foram calculados os veículos convertidos para GNV distribuindo-os, de acordo com o veículo original, em: Gasolina-GNV, AEH-GNV e Flexível-GNV. Logo após, aplicou-se a taxa de sucateamento. Esta distribuição foi feita considerando-se o percentual de distribuição do Estado do Rio de Janeiro (Frota por tipo de combustível (DETRAN-RJ, 2007)) que possui a maior frota GNV do país (40%) (IBP, 2006b). Considerou-se, por falta de dados, que todas as conversões realizadas em cada ano foram feitas em veículos novos.

Por fim, subtraíram-se estes veículos convertidos da frota inicial sem conversão. O resultado da frota circulante obtida pode ser observado na Tabela 5.1.

Além da distribuição da frota circulante em 2006, foram calculadas as eficiências médias de consumo de cada tipo de combustível (gasolina C, AEH e GNV). Devido à dificuldade de se obter a eficiência de consumo de cada tipo de veículo optou-se pelo cálculo de uma eficiência média entre automóveis e comerciais leves. Este cálculo foi feito dividindo-se os consumos totais, no ano de 2006, de cada tipo de combustível pela distância total percorrida com cada tipo de combustível naquele ano. A distância total percorrida no ano é calculada em função da distância média percorrida pelos veículos (quilometragem média anual). Entretanto, não existem, para a frota nacional, séries temporais oficiais para essa variável, podendo-se adotar um método para a sua estimativa. Nesse trabalho foram aplicadas as estimativas utilizadas pela CETESB (1994) na elaboração de seus inventários de emissões veiculares, nas quais a quilometragem média veicular é função da idade do veículo conforme a Tabela A.1 em anexo.

Os dados de consumo de combustível foram baseados nos dados de vendas pelas distribuidoras, fornecidos pela Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2007), e no

**Tabela 5.1:** Frota nacional de automóveis e comerciais leves circulantes, em 2006, distribuída por ano de fabricação e por tipo de motorização.

|  | Ano de Fabricação |                  |                  |                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|--|-------------------|------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|  | Até 1996          | 1997             | 1998             | 1999           | 2000             | 2001             | 2002             | 2003             | 2004             | 2005             | 2006             |
| <b>Total de Automóveis</b>                   | <b>6.915.019</b>  | <b>1.295.179</b> | <b>1.103.243</b> | <b>950.263</b> | <b>1.222.871</b> | <b>1.380.137</b> | <b>1.381.903</b> | <b>1.359.852</b> | <b>1.583.592</b> | <b>1.734.263</b> | <b>1.747.604</b> |
| Gasolina                                     | 5.137.721         | 1.291.318        | 1.095.524        | 910.956        | 1.144.021        | 1.242.796        | 1.196.230        | 1.113.300        | 1.026.945        | 611.071          | 126.865          |
| Flexível                                     | 0                 | 0                | 0                | 0              | 0                | 0                | 0                | 47.527           | 338.815          | 915.163          | 1.375.008        |
| AEH  | 1.761.843         | 579              | 502              | 7.363          | 5.487            | 9.143            | 45.663           | 25.225           | 53.543           | 27.154           | 139              |
| Gasolina-GNV                                 | 14.596            | 3.099            | 6.826            | 30.055         | 68.863           | 121.378          | 132.420          | 158.867          | 155.109          | 159.346          | 181.146          |
| Flexível-GNV                                 | 0                 | 0                | 0                | 0              | 0                | 0                | 0                | 0                | 1.862            | 9.453            | 63.442           |
| AEH-GNV                                      | 858               | 183              | 391              | 1.888          | 4.500            | 6.819            | 7.590            | 14.933           | 7.318            | 12.076           | 1.005            |
|  |                   |                  |                  |                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| <b>Total de Comerciais Leves<sup>1</sup></b> | <b>1.026.672</b>  | <b>190.115</b>   | <b>164.146</b>   | <b>143.228</b> | <b>186.552</b>   | <b>212.833</b>   | <b>215.095</b>   | <b>213.270</b>   | <b>249.801</b>   | <b>274.691</b>   | <b>278.351</b>   |
| Gasolina                                     | 585.536           | 145.247          | 113.742          | 90.299         | 109.649          | 118.162          | 114.320          | 114.706          | 103.861          | 73.079           | 20.094           |
| Flexível                                     | 0                 | 0                | 0                | 0              | 0                | 0                | 0                | 11.188           | 54.097           | 91.007           | 133.792          |
| AEH  | 193.281           | 87               | 66               | 655            | 254              | 1.826            | 9.211            | 2.632            | 1.093            | 1.033            | 1                |
| Gasolina-GNV                                 | 1.753             | 424              | 936              | 3.413          | 8.099            | 12.146           | 11.189           | 15.844           | 17.583           | 22.749           | 38.779           |
| Flexível-GNV                                 | 0                 | 0                | 0                | 0              | 0                | 0                | 0                | 0                | 328              | 1.081            | 6.952            |
| AEH-GNV                                      | 155               | 36               | 90               | 199            | 306              | 1.479            | 1.346            | 1.489            | 167              | 565              | 44               |

Fonte: Elaboração própria a partir de (ANFAVEA, 2007b; DENATRAN, 2007; IBP, 2006a; DETRAN-RJ, 2007; MCT, 2002a)

<sup>1</sup> Incluindo veículos a diesel.

Balanço Anual de GNV do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP, 2006a) e são apresentados na Tabela A.2 em anexo<sup>19</sup>.

Um ponto a ser ressaltado é a distribuição da distância percorrida para cada tipo de combustível nos veículos flexíveis e nos veículos a GNV. Para os veículos dedicados está claro que 100% da distância percorrida por eles foram a partir do consumo do combustível original, entretanto, não há dados que possam afirmar a proporção de gasolina C e AEH que é consumida pelos veículos flexíveis, nem a proporção de GNV e de combustível original que é consumida nos veículos convertidos para GNV.

Para se estimar esta proporção para os veículos a GNV considerou-se que estes veículos rodam em média 170 km por dia sendo 5 km percorridos com o combustível original (orientação das convertedoras para que o sistema se mantenha lubrificado), o que representa 3% da distância percorrida com combustível original e 97% com GNV.

Para os veículos flexíveis, que foram introduzidos no mercado em 2003 com o objetivo de substituir os veículos dedicados a AEH, nos primeiros anos poderia ser considerado um consumo de AEH próximo de 100%, entretanto, com o aumento da oferta destes veículos, substituindo até mesmo um grande número de modelos dedicados a gasolina, torna-se complexa a estimativa da proporção do uso de gasolina C e AEH nestes veículos.

Com isto, para a estimativa da distribuição da distância percorrida pelos veículos flexíveis desenvolveu-se a seguinte metodologia:

- Dimensionou-se a frota circulante de 2002 (o último ano sem a fabricação de veículos flexíveis) através da mesma metodologia desenvolvida para a frota 2006;
- Calculou-se a eficiência média de consumo de cada um dos combustíveis dividindo-se os consumos totais, no ano de 2002, de cada tipo de combustível pela distância total percorrida com cada tipo de combustível naquele ano (foram aplicadas as estimativas utilizadas pela CETESB (1994)) e obteve-se como resultado 9,817km/l de gasolina C e 7,284 km/l de AEH;

---

<sup>19</sup> Cabe destacar que os dados oficiais de consumo de álcool etílico são, em geral, subestimados devido à sonegação.

- Considerou-se que, em 2006, a frota dedicada a gasolina e a AEH apresentavam a mesma eficiência de consumo que a de 2002 e aplicou-se estas eficiências às distâncias percorridas por estes veículos dedicados, obtendo-se um consumo de gasolina e um consumo de AEH devidos aos veículos dedicados;
- Calculou-se a quantidade de gasolina C e de AEH consumida pela frota flexível através da diferença entre o consumo total de cada combustível e o consumo dos veículos dedicados;
- A partir do consumo de gasolina C e de AEH dos veículos flexíveis obteve-se a proporção de 44% de gasolina C e 56% de AEH para estes veículos em 2006.

Em síntese, a partir do dimensionamento da frota de 2006, distribuída por ano de fabricação e desagregada por tipo de motorização; do consumo total de gasolina C, AEH e GNV em 2006; e da distância percorrida utilizando-se cada tipo de combustível nas proporções anteriormente citadas obteve-se as seguintes eficiências de consumo para a frota de veículos leves em 2006: 9,82 km/l de gasolina C; 8,89 km/l de AEH e 7,42 km/m<sup>3</sup> de GNV.

### ***5.2.2. Previsão da Frota Circulante, Ano a Ano, de 2007 a 2015***

No mundo inteiro, de uma maneira geral, as frotas de veículos vêm crescendo (EC, 2006b; DAVIS e DIEGEL, 2006), independentemente do grau de desenvolvimento econômico e social dos países. Esse crescimento é particularmente constatado quanto às frotas de automóveis e mais acentuado quando considerados os países ditos em desenvolvimento, como é o caso do Brasil.

Devido à ausência de previsões oficiais de frota circulante no país até 2015, optou-se neste estudo pela execução desta previsão através da taxa de motorização.

A taxa de motorização é o indicador mais utilizado para expressar a magnitude das frotas e do grau de motorização dos países ou regiões ao associar os dados relativos à quantidade existente de veículos com os respectivos dados de população. Em geral, a taxa de motorização relaciona, a frota de veículos de diversas categorias com o número de habitantes do país ou região.

Entretanto, segundo LOPES (2005), existe uma limitação para a realização da análise da motorização no Brasil em função da disponibilidade e da confiabilidade dos dados e informações existentes. A ausência atual desta informação inibe a intenção de produzir modelos de motorização, através de metodologias consagradas em diversos países do mundo. Como alternativa para contornar essa restrição, LOPES (2005) optou por um procedimento que considera a disponibilidade de dados no Brasil, já que, verificou também nas abordagens internacionais a marcante associação da taxa de motorização com indicadores de desenvolvimento do país como Produto Interno Bruto (PIB) e PIB per Capita. Outros indicadores importantes podem ser incorporados, como os relativos à renda familiar, o consumo de energia e a idade da frota. Desta forma, a inclusão desses fatores sócio-econômicos associados a indicadores demográficos, também disponíveis, foi suficiente para subsidiar uma modelagem matemática capaz de explicar com certo grau de precisão, o comportamento da evolução da taxa de motorização no Brasil.

Os modelos desenvolvidos por LOPES (2005) apresentam para o Brasil, uma taxa de motorização de 270 veículos/1000 habitantes em 2015, com uma taxa média de crescimento de 3% ao ano para o período de 2000 a 2015. Tais modelos correlacionam, através de cinco diferentes equações, a taxa de motorização com as seguintes variáveis independentes: consumo de energia elétrica total, consumo de combustível total, consumo de óleo diesel, idade média da frota, renda média familiar e PIB.

Contudo, as taxas de motorização de LOPES (2005) não podem ser utilizadas de forma direta neste trabalho pois envolvem todos os veículos e não apenas os veículos leves. Além disto, estas taxas não refletem apenas a frota circulante mas toda a frota registrada.

#### Cálculo do Número de Automóveis e de Comerciais Leves, Ano a Ano, de 2007 a 2015

Ao relacionarem-se os dados de frota circulante de automóveis e de comerciais leves no período de 2000 a 2006 (obtidos através da aplicação da curva de sucateamento da Petrobras à frota de veículos por tipo (DENATRAN, 2007)) com as taxas de motorização observou-se duas correlações lineares com elevados índices de correlação: uma entre a frota circulante de automóveis e a taxa de motorização ( $R^2 = 0,9951$ ) e outra entre a frota circulante de comerciais leves e a taxa de motorização ( $R^2 = 0,9893$ ). Estas

duas correlações foram então utilizadas para o cálculo da frota circulante de automóveis (Equação 5.2) e de comerciais leves (Equação 5.3) para o período de referência.

$$Automóveis_i = (169,23 \times TM_i - 14.514) \times 1.000 \quad (5.2)$$

Onde:  $i$  .....Ano do período de referência, sendo  $i= 2007 \rightarrow 2015$ ;

Automóveis  $_i$  .....Número de automóveis da frota circulante no ano  $i$ ;

$TM_i$  .....Taxa de motorização no ano  $i$ .

$$ComerciaisLeves_i = (26,766 \times TM_i - 2.426,1) \times 1.000 \quad (5.3)$$

Onde:  $i$  .....Ano do período de referência, sendo  $i= 2007 \rightarrow 2015$ ;

ComerciaisLeves  $_i$  .....Número de comerciais leves da frota circulante no ano  $i$ ;

$TM_i$  .....Taxa de motorização no ano  $i$ .

As taxas de motorização, o número de automóveis e o número de comerciais leves utilizados e calculados são apresentados na Tabela 5.2.

**Tabela 5.2.** Variáveis utilizadas na elaboração do caso de referência

| Ano  | Taxa de Motorização <sup>1</sup><br>[veículos/1000habitantes] | Automóveis | Comerciais Leves |
|------|---|------------|------------------|
| 2007 | 213   | 21.603.982 | 3.286.445        |
| 2008 | 220   | 22.687.522 | 3.457.821        |
| 2009 | 226   | 23.803.568 | 3.634.339        |
| 2010 | 233   | 24.953.095 | 3.816.152        |
| 2011 | 240   | 26.137.108 | 4.003.419        |
| 2012 | 247   | 27.356.641 | 4.196.305        |
| 2013 | 255   | 28.612.760 | 4.394.977        |
| 2014 | 262   | 29.906.563 | 4.599.609        |
| 2015 | 270   | 31.239.180 | 4.810.381        |

Fonte: Elaboração própria  
<sup>1</sup> (Lopes, 2005)

### Distribuição dos Automóveis e dos Comerciais Leves por Ano de Fabricação, Ano a Ano, de 2007 a 2015

Uma vez calculado o número de automóveis e o número de comerciais leves circulantes em cada ano do período de referência, realizou-se separadamente para os automóveis e comerciais leves a distribuição por ano de fabricação.

Para cada ano do período de referência, de 2007 a 2015, foi realizada a distribuição dos veículos em 11 grupos definidos por ano de fabricação, contemplando-se os dez últimos anos de fabricação de forma separada e agrupando-se os veículos com 11 ou mais anos de fabricação. Por exemplo, para o ano de 2007 a distribuição foi feita agrupando-se os anos de fabricação anteriores a 1998, e separando-se os anos de fabricação de 1998 a 2007; para 2008, agruparam-se os anos de fabricação anteriores a 1999 e separaram-se os anos de fabricação de 1999 a 2008 e assim sucessivamente.

A distribuição para cada ano do período de referência foi realizada de forma particular sempre partindo da distribuição já efetuada do ano anterior, ou seja, a distribuição de 2007 foi efetuada a partir da distribuição de 2006, a distribuição de 2008 a partir da de 2007, a de 2009 a partir da de 2008, assim até a realização da distribuição de 2015.

A metodologia da distribuição dos automóveis para cada ano (i) do período de referência consiste em 3 etapas:

1. Na frota já distribuída do ano anterior (i-1) aplicou-se a taxa de sucateamento, em função da idade e retirou-se estes valores dos montantes iniciais;
2. Na frota já sucateada somou-se o montante de automóveis ou comerciais leves com 10 anos de fabricação com o montante dos automóveis ou comerciais leves com 11 anos ou mais;
3. Acrescentou-se à frota da etapa 2 o número de automóveis novos no ano (i) através da Equação 5.4.

$$AutomóveisNovos_i = Automóveis_i - Automóveis_{(i-1)} + AutomóveisSucateados_{(i-1)} \quad (5.4)$$

Onde: i .....ano do período de referência, sendo i= 2007 → 2015;

Esta metodologia aplicada ao ano de 2007 consistiu em:

1. Na frota já distribuída de 2006 em 11 grupos por ano de fabricação (até 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 e 2006) foi aplicada a taxa de sucateamento em função da idade e retirado estes valores;
2. No restante da frota distribuída de 2006 foram somados os automóveis fabricados até 1996 aos automóveis fabricados em 1997, fazendo um novo grupo: até 1997;
3. Acrescentou-se a esta frota, sucateada e com 10 grupos, um grupo de veículos fabricados em 2007 finalizando-se assim a distribuição do ano de 2007. Este novo grupo foi constituído pelos automóveis da frota circulante de 2007 subtraídos dos automóveis da frota circulante de 2006 e somados aos automóveis sucateados da frota de 2006.

De forma análoga esta metodologia foi aplicada aos comerciais leves.

#### Distribuição dos Automóveis e dos Comerciais Leves por Tipo de Combustível, Ano a Ano, de 2007 a 2015

A distribuição por tipo de combustível, para cada ano (i) do período de referência foi realizada da mesma forma que a distribuição por ano de fabricação, ou seja, partindo da distribuição já efetuada do ano anterior até o ano de fabricação (i-1). As distribuições dos automóveis e comerciais leves novos foram realizadas de acordo com as seguintes premissas:

- Para os veículos novos de 2007 foram aplicados para os motores a gasolina, flexível e AEH os percentuais de participação encontrados nas vendas acumuladas até maio de 2007 (ANFAVEA, 2007);
- Para os veículos novos de 2008 e seguintes, a fim de se atingir uma participação de 90% dos veículos flexíveis na frota circulante de veículos leves em 2015, aplicou-se para os automóveis uma redução dos veículos a gasolina correspondente a um aumento dos flexíveis (0,5% a.a. até 2010 e 1% a.a. até 2015), e nenhuma participação dos automóveis movidos a AEH. Para os comerciais leves aplicou-se uma redução de 0,5% a.a. para os movidos a gasolina e um aumento de 1% a.a. para os flexíveis até 2015, sem nenhuma participação dos veículos movidos a AEH. Para os comerciais leves aplicou-se

também uma redução constante nos veículos a diesel. Os percentuais de participação aplicados são apresentados na Tabela A.3 em anexo;

- Para os veículos convertidos para GNV (tanto automóveis quanto comerciais leves) aplicou-se uma redução anual constante na participação destes na frota a gasolina (-4% a.a.) e um aumento anual constante na participação na frota flexível (1% a.a.), até 2010. Em seguida, aplicou-se e uma redução um pouco menor na participação na frota a gasolina (-3% a.a.) e um aumento um pouco maior na frota flexível até 2015 (1,6% a.a.), atingindo-se em 2010 2,2 milhões de veículos leves a GNV, número este previsto pelo IBP (IBP, 2006c) e o consumo de GNV previsto pela Petrobras de  $4,7 \times 10^9$  m<sup>3</sup> de GNV em 2010, e  $7,6 \times 10^9$  m<sup>3</sup> de GNV em 2015 (IBP, 2006b). Os percentuais aplicados são apresentados nas Tabelas A.4 em Anexo.

### 5.2.3. Previsão do Consumo de Combustíveis, Ano a Ano, de 2007 a 2015

O consumo de combustíveis, ano a ano, foi calculado com base nas distribuições dos automóveis e comerciais leves realizadas na etapa anterior. O cálculo se deu através da divisão da quilometragem percorrida por cada tipo de motorização pela eficiência média de consumo (de cada tipo de combustível), para cada ano do período de referência. A quilometragem percorrida e a eficiência média de consumo foram calculadas separadamente para a frota com mais de um ano de fabricação e para a frota de veículos novos.

#### Quilometragem Percorrida, Ano a Ano, de 2007 a 2015

Para cada ano do período de referência (i) calculou-se a quilometragem percorrida para a frota de veículos novos e para a frota de veículos com mais de um ano de uso através das Equações 5.5. e 5.6.

$$km_{nova_i}(motor) = (automóveis_{ij}(motor) + comerciaisleves_{ij}(motor)) \times km_j \quad \text{onde } j=1 \quad (5.5)$$

$$km_{uso_i}(motor) = \sum_{j=2}^{11} [(automóveis_{ij}(motor) + comerciaisleves_{ij}(motor)) \times km_j] \quad (5.6)$$

Onde:

i .....ano do período de referência, sendo  $i= 2007 \rightarrow 2015$ ;

$j$  .....idade do veículo de acordo com o ano de fabricação, sendo  $j=1 \rightarrow 11$ ;  
 motor.....tipo de motorização (gasolina, flexível, AEH, gasolina-GNV, flexível-GNV e AEH-GNV);  
 $km_{nova(i)}$  (motor).....quilometragem percorrida pela frota nova do ano(i) com motorização (motor);  
 $km_{uso(i)}$  (motor).....quilometragem percorrida pela frota em uso do ano(i) com motorização (motor);  
 $automóveis_{ij}$  .....número de automóveis da frota circulante no ano i com j anos de fabricação;  
 $comerciasleves_{ij}$  .....número de comerciais leves da frota circulante no ano i com j anos de fabricação;  
 $km_j$ .....quilometragem anual da frota com j anos de fabricação de acordo com a Tabela A.1. em Anexo

#### Eficiência Média de Consumo, Ano a Ano, de 2007 a 2015

O cálculo da eficiência média de consumo da frota de veículos novos, de cada tipo de combustível, para cada ano (i) do período de referência, foi realizado a partir da eficiência média de consumo do ano anterior (i-1) de acordo com a Equação 5.7 . Foi utilizada nesta equação a taxa de crescimento de 0,5% ao ano. Esta taxa de crescimento é a mesma aplicada pelo SMP (WBCSD, 2004a) na elaboração do caso de referência para a avaliação do impacto da combinação de estratégias para redução de emissões de CO<sub>2</sub>, conforme apresentado no item 3.2.2. Para a frota de veículos em uso a eficiência média de consumo foi calculada com base na quilometragem percorrida pela frota em uso e na eficiência de consumo da frota nova em cada ano (i) de acordo com a Equação 5.8.

$$EFC_{nova i}(combustível) = EFC_{nova(i-1)}(combustível) \times 1,005 \quad (5.7)$$

$$EFC_{uso i}(combustível) = \frac{\sum_{j=i-10}^{i-1} [km_j(motor) \times EFC_{nova(j)}(combustível)]}{\sum_{j=i-10}^{i-1} km_j(motor)} \quad (5.8)$$

Onde:

i .....ano do período de referência, sendo  $i = 2007 \rightarrow 2015$ ;

j.....ano de fabricação do veículo da frota em uso;

combustível.....tipo de combustível (gasolina C, AEH e GNV);

motor.....tipo de motorização (gasolina, flexível, AEH, gasolina-GNV, flexível-GNV e AEH-GNV);

$EFC_{nova\ i}$  (combustível).....eficiência média de consumo do combustível (combustível) da frota nova do ano(i);

$EFC_{uso\ i}$  (combustível).....eficiência média de consumo do combustível (combustível) da frota em uso do ano(i);

$EFC_{nova\ j}$  (combustível).....eficiência média de consumo do combustível (combustível) da frota de veículos fabricados no ano (j) quando novos;

$km_j$  (motor) .....quilometragem<sup>20</sup> anual percorrida pelos veículos com motorização (motor) com ano de fabricação (j).

#### Consumo de Combustível, Ano a Ano, de 2007 a 2015

Para se realizar o cálculo do consumo de cada combustível em cada ano do período de referência foi preciso definir o percentual de consumo de cada tipo de combustível utilizado em cada motorização.

Considerou-se que os motores dedicados utilizem 100% do combustível para o qual foram fabricados. Para os motores flexíveis partiu-se da proporção calculada no item 5.2.1 de 44% de gasolina C e 56% de AEH em 2006, e aplicou-se uma redução constante de 0,65% a.a. no consumo de gasolina C (produzindo um aumento correspondente no consumo de AEH) até 2015 atingindo neste ano um consumo na proporção de 38% de gasolina C e 62% de AEH. Esta redução foi aplicada de forma a se atingir em 2010 a previsão de consumo de  $17,9 \times 10^9$  l de álcool etílico (CARVALHO, 2004).

Levou-se em consideração que a gasolina C consumida em todos os anos do período de referência seria composta por 80% de gasolina A e 20% de álcool etílico anidro.

---

<sup>20</sup> Esta quilometragem é ponderada de acordo com o percentual de participação de cada combustível em cada tipo de motorização. Este percentual está definido no próximo item.

Por fim, para os motores a GNV manteve-se o consumo na proporção de 3% de combustível original e 97% de GNV, conforme calculado no item 5.2.1.

Para o cálculo do consumo de combustível no ano (i) do período de referência utilizou-se a Equação 5.9.

$$Consumo_i(\text{combustível}) = \left[ \frac{\sum_{\text{motor}} (km_{\text{nova}_i}(\text{motor}) \times part_{(\text{combustível})}(\text{motor}))}{EFC_{\text{nova}_i}(\text{combustível})} \right] + \left[ \frac{\sum_{\text{motor}} (km_{\text{uso}_i}(\text{motor}) \times part_{(\text{combustível})}(\text{motor}))}{EFC_{\text{uso}_i}(\text{combustível})} \right] \quad (5.9)$$

Onde:

- i .....ano do período de referência, sendo i= 2007 → 2015;
- combustível.....tipo de combustível (gasolina C, AEH e GNV);
- motor.....tipo de motorização (gasolina, flexível, AEH, gasolina-GNV, flexível-GNV e AEH-GNV);
- km<sub>nova i</sub> (motor).....quilometragem percorrida pela frota nova do ano(i) com motorização (motor);
- km<sub>uso i</sub> (motor).....quilometragem percorrida pela frota em uso do ano(i) com motorização (motor);
- part<sub>(combustível)</sub>(motor).....percentual de consumo de combustível para cada tipo de motorização (motor);
- EFC<sub>nova i</sub> (combustível).....eficiência média de consumo do combustível (combustível) da frota nova do ano(i);
- EFC<sub>uso i</sub> (combustível).....eficiência média de consumo do combustível (combustível) da frota em uso do ano(i).

#### **5.2.4. Previsão das Emissões de CO<sub>2</sub>, Ano a Ano, de 2007 a 2015**

As emissões de CO<sub>2</sub> provenientes do consumo de combustíveis, ano a ano no período de referência, foram calculadas com base na metodologia para elaboração de inventários nacionais de gases de efeito estufa do IPCC (2006). Esta metodologia calcula as emissões de CO<sub>2</sub> provenientes do consumo de gasolina e de GNV a partir do consumo aparente destes combustíveis de acordo com as Equações 5.10 e 5.11.

$$CE_i(\text{combustível}) = CA_i(\text{combustível}) \times FC_{TEP}(\text{combustível}) \times FC_{Energia} \quad (5.10)$$

$$E_{CO_2(i)}(\text{combustível}) = CE_i(\text{combustível}) \times FE_{E\text{fetivo}}(\text{combustível}) \times 10^{-6} \quad (5.11)$$

Onde:

- i .....ano do período de referência, sendo  $i = 2007 \rightarrow 2015$ ;  
 combustível.....tipo de combustível (gasolina A e GNV);  
 CE<sub>i</sub> (combustível).....consumo de energia do combustível no ano (i) em TJ;  
 CA<sub>i</sub> (combustível).....consumo aparente do combustível no ano (i) em m<sup>3</sup>;  
 FC<sub>TEP</sub> (combustível).....fator de conversão para tep médio do combustível;  
 FC<sub>TEP</sub> (gasolina).....0,77 tep/m<sup>3</sup>;  
 FC<sub>TEP</sub> (GNV).....0,88 tep/m<sup>3</sup>;  
 FC<sub>Energia</sub>.....fator de conversão para energia:  $41,87 \times 10^{-3}$ ;  
 E<sub>CO<sub>2</sub></sub> (combustível).....emissões de CO<sub>2</sub> do combustível no ano (i) em Gg;  
 FE<sub>Efetivo</sub>(combustível).....fator de emissão efetivo;  
 FE<sub>Efetivo</sub>(gasolina).....69.300 kg/TJ;  
 FE<sub>Efetivo</sub>(GNV).....56.100 kg/TJ;

Quanto às emissões provenientes do consumo de álcool etílico, por se tratar de um bio-combustível, a metodologia do IPCC recomenda que se utilizem fatores de emissão específicos de acordo com as características do mesmo.

No caso do álcool etílico brasileiro, derivado da cana-de-açúcar, ao considerar-se o seu ciclo de vida completo obteve-se para o ano de 2005, um fator de emissão de 0,36 tCO<sub>2eq</sub> /m<sup>3</sup> para o álcool etílico hidratado e de 0,38 t CO<sub>2 eq</sub> /m<sup>3</sup> para o álcool etílico anidro (MACEDO *et al.*, 2006). Estas são emissões indiretas devidas à queima de combustíveis fósseis nos equipamentos utilizados no cultivo da cana-de-açúcar, à queima da palha e às emissões de N<sub>2</sub>O do solo. Entretanto, consideraram-se para este trabalho apenas as emissões diretas devidas à queima do combustível, tanto para a gasolina quanto para o álcool etílico e o GNV. Neste caso, para o álcool etílico consideraram-se zero as emissões diretas uma vez que a quantidade de carbono, sob a forma de CO<sub>2</sub>, absorvida pela cana-de-açúcar durante o seu crescimento compensa a quantidade liberada na queima do álcool etílico.

O consumo de combustível bem como as emissões de CO<sub>2</sub> para o caso de referência são apresentados na Tabela 5.3.

**Tabela 5.3.:** Consumo de combustível e emissões diretas de CO<sub>2</sub> para o Caso de Referência

|      | Consumo de Combustível          |                          |                          |  | Emissões de CO <sub>2</sub><br>[Gg] |              |        |        |
|------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--|-------------------------------------|--------------|--------|--------|
|      | Gasolina A<br>[m <sup>3</sup> ] | AEH<br>[m <sup>3</sup> ] | AEA<br>[m <sup>3</sup> ] | GNV<br>[10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ] | Gasolina A                          | AEH e<br>AEA | GNV    | Total  |
| 2007 | 18.927.179                      | 7.883.505                | 4.731.795                | 3.327.962                                | 42.288                              | 0            | 6.879  | 49.167 |
| 2008 | 18.746.478                      | 9.660.495                | 4.686.619                | 3.786.459                                | 41.884                              | 0            | 7.827  | 49.711 |
| 2009 | 18.673.876                      | 11.383.395               | 4.668.469                | 4.230.942                                | 41.722                              | 0            | 8.746  | 50.467 |
| 2010 | 18.552.157                      | 13.130.079               | 4.638.039                | 4.669.700                                | 41.450                              | 0            | 9.652  | 51.102 |
| 2011 | 18.370.017                      | 14.898.122               | 4.592.504                | 5.144.363                                | 41.043                              | 0            | 10.634 | 51.676 |
| 2012 | 18.191.951                      | 16.718.350               | 4.547.988                | 5.685.703                                | 40.645                              | 0            | 11.753 | 52.397 |
| 2013 | 18.030.104                      | 18.545.543               | 4.507.526                | 6.262.876                                | 40.283                              | 0            | 12.946 | 53.229 |
| 2014 | 17.842.091                      | 20.317.564               | 4.460.523                | 6.918.239                                | 39.863                              | 0            | 14.300 | 54.164 |
| 2015 | 17.690.055                      | 21.982.229               | 4.422.514                | 7.638.557                                | 39.524                              | 0            | 15.789 | 55.313 |

Fonte: Elaboração própria

## 5.3. A ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS

### 5.3.1. Cenário 1 – Eficiência Energética

Elaborou-se o Cenário 1 de modo que o mesmo representasse apenas a adoção de padrões que refletissem um aumento de eficiência energética da frota de veículos leves mantendo-se constantes, em relação ao caso de referência, as demais premissas.

Para simular o efeito da adoção de padrões de eficiência de consumo, optou-se dentre os padrões apresentados neste trabalho, pelo novo conjunto de padrões de eficiência de consumo do Programa *Top Runner* do Japão. Este conjunto de padrões foi escolhido pelo fato de produzir melhorias na eficiência de consumo dos veículos novos mais rapidamente que os demais padrões. Entretanto, os padrões japoneses não foram aplicados neste Cenário de uma forma direta. Na realidade, utilizou-se nesta elaboração a taxa de aumento de eficiência de consumo produzida pelos padrões japoneses.

Estima-se para o Japão, que em 2015, haverá um aumento de 23,5% da eficiência de consumo dos veículos leves novos em relação ao ano de 2004 (AESS e AFESS, 2007), o que representa um aumento de 1,94% ao ano. Esta taxa de aumento de eficiência de consumo foi aplicada a partir de 2008, no cálculo da eficiência média de consumo de

gasolina C, AEH e GNV dos veículos novos. O cálculo da eficiência média de consumo da frota em uso foi realizado através da mesma metodologia aplicada ao Caso de Referência (Equação 5.8).

As premissas do Caso de Referência que se mantiveram constantes foram:

- A frota do Caso de Referência (em número, distribuição e motorização) para todos os anos de 2007 a 2015;
- O percentual de consumo de cada tipo de combustível utilizado em cada motorização. Nos motores dedicados utilização de 100% do combustível para o qual foram fabricados. Nos motores flexíveis partiu-se da proporção de 44% de gasolina C e 56% de AEH em 2006, atingindo em 2015 um consumo na proporção de 38% de gasolina C e 62% de AEH. Nos motores convertidos para GNV manteve-se o consumo na proporção de 3% de combustível original e 97% de GNV;
- A gasolina C consumida em todos os anos do período de referência era composta por 80% de gasolina A e 20% de álcool etílico anidro.

O consumo de combustível bem como as emissões de CO<sub>2</sub> para o Cenário 1 são apresentados na Tabela 5.4.

**Tabela 5.4.:** Consumo de combustível e emissões diretas de CO<sub>2</sub> para o Cenário 1.

|      | Consumo de Combustível          |                          |                          |  | Emissões de CO <sub>2</sub><br>[Gg] |              |        |        |
|------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--|-------------------------------------|--------------|--------|--------|
|      | Gasolina A<br>[m <sup>3</sup> ] | AEH<br>[m <sup>3</sup> ] | AEA<br>[m <sup>3</sup> ] | GNV<br>[10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ] | Gasolina A                          | AEH e<br>AEA | GNV    | Total  |
| 2007 | 18.927.179                      | 7.883.505                | 4.731.795                | 3.327.962                                | 42.288                              | 0            | 6.879  | 49.167 |
| 2008 | 18.723.377                      | 9.624.024                | 4.680.844                | 3.775.626                                | 41.832                              | 0            | 7.804  | 49.637 |
| 2009 | 18.607.103                      | 11.275.932               | 4.651.776                | 4.198.939                                | 41.572                              | 0            | 8.679  | 50.252 |
| 2010 | 18.423.025                      | 12.917.384               | 4.605.756                | 4.605.995                                | 41.161                              | 0            | 9.521  | 50.682 |
| 2011 | 18.158.961                      | 14.546.906               | 4.539.740                | 5.036.235                                | 40.571                              | 0            | 10.410 | 50.981 |
| 2012 | 17.881.507                      | 16.191.024               | 4.470.377                | 5.517.358                                | 39.951                              | 0            | 11.405 | 51.356 |
| 2013 | 17.605.785                      | 17.806.743               | 4.401.446                | 6.017.264                                | 39.335                              | 0            | 12.438 | 51.773 |
| 2014 | 17.289.980                      | 19.330.496               | 4.322.495                | 6.575.723                                | 38.630                              | 0            | 13.592 | 52.222 |
| 2015 | 17.000.417                      | 20.710.503               | 4.250.104                | 7.176.978                                | 37.983                              | 0            | 14.835 | 52.818 |

Fonte: Elaboração própria

### ***5.3.2. Cenário 2 – Maior Utilização de Álcool Etílico Hidratado e Gás Natural Veicular***

Elaborou-se o Cenário 2 de modo que o mesmo representasse apenas uma maior utilização do álcool etílico hidratado (AEH) e do gás natural veicular (GNV) na frota de veículos leves mantendo-se constante, em relação ao caso de referência, a eficiência média de consumo da frota nova e em uso.

Em primeiro lugar, considerou-se para o Cenário 2 uma mudança no perfil da frota, ou seja, manteve-se a quantidade total de veículos em cada ano do período de referência mas alterou-se a distribuição dos mesmos em relação ao tipo de motorização, reduzindo-se o número de veículos a gasolina (dedicados e GNV) e aumentando-se o número de veículos flexíveis e a GNV. Considerou-se para o Cenário 2:

- Para os veículos novos de 2007, repetindo-se o Caso de Referência, foram aplicados para os motores a gasolina, flexível e AEH os percentuais de participação encontrados nas vendas acumuladas até maio de 2007 (ANFAVEA, 2007);
- Para os veículos novos de 2008 e seguintes, a fim de se atingir uma participação de 95% dos veículos flexíveis na frota circulante de veículos leves em 2015 (sendo flexíveis 99% dos automóveis), aplicou-se para os automóveis uma redução dos veículos a gasolina correspondente a um aumento dos flexíveis (1,5% até 2010 e 1,0% a.a. até 2015), e nenhuma participação dos automóveis movidos a AEH. Para os comerciais leves aplicou-se uma redução de 0,5% a.a. para os movidos a gasolina e um aumento de 2% a.a. para os flexíveis até 2015, sem nenhuma participação dos veículos movidos a AEH. Para os comerciais leves aplicou-se também uma redução constante nos veículos a diesel. Os percentuais de participação aplicados são apresentados na Tabela A.5 em anexo;
- Para os veículos (tanto automóveis quanto dos comerciais leves) convertidos para GNV aplicou-se uma redução anual constante na participação destes na frota a gasolina (-7% a.a.) (redução maior que a do Caso de Referência em função da redução dos veículos a gasolina) e um aumento anual constante na participação na frota flexível (2,55% a.a.), até 2010. Em seguida, aplicou-se uma redução um pouco menor na participação na frota a gasolina (-6% a.a.) e um aumento na frota flexível até 2015 de 1,6% a.a. Tais percentuais foram definidos

de forma a se ter um aumento no consumo de AEH e GNV, sendo maior o aumento do GNV devido a tendência observada nos preços de vendas destes dois combustíveis, onde o preço do GNV sofre pequenas variações durante o ano e se mantém abaixo do preço do AEH que apresenta variações maiores (IBP, 2007). Os percentuais aplicados são apresentados na Tabelas A.6 em Anexo.

Em seguida, considerou-se um novo percentual de consumo de combustíveis nos veículos flexíveis. Para estes motores partiu-se também da proporção calculada no item 5.2.1 de 44% de gasolina C e 56% de AEH em 2006, e aplicou-se uma redução na participação de gasolina C de 0,65% para 2007, e uma taxa de redução duas vezes maior que a do Caso de Referência (1,3% ao ano) até 2015 (produzindo um aumento correspondente no consumo de AEH) atingindo neste ano um consumo na proporção de 33% de gasolina C e 67% de AEH. Considerou-se a gasolina A contendo 80% de gasolina C e 20% de álcool etílico anidro.

O consumo de combustível bem como as emissões de CO<sub>2</sub> para o Cenário 2 são apresentados na Tabela 5.5.

**Tabela 5.5.:** Consumo de combustível e emissões diretas de CO<sub>2</sub> para o Cenário 2.

|      | Consumo de Combustível          |                          |                          |  | Emissões de CO <sub>2</sub><br>[Gg] |              |        |        |
|------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--|-------------------------------------|--------------|--------|--------|
|      | Gasolina A<br>[m <sup>3</sup> ] | AEH<br>[m <sup>3</sup> ] | AEA<br>[m <sup>3</sup> ] | GNV<br>[10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ] | Gasolina A                          | AEH e<br>AEA | GNV    | Total  |
| 2007 | 18.927.179                      | 7.883.505                | 4.731.795                | 3.327.962                                | 42.288                              | 0            | 6.879  | 49.167 |
| 2008 | 18.669.916                      | 9.765.739                | 4.667.479                | 3.806.632                                | 41.713                              | 0            | 7.868  | 49.581 |
| 2009 | 18.470.828                      | 11.617.859               | 4.617.707                | 4.332.715                                | 41.268                              | 0            | 8.956  | 50.224 |
| 2010 | 18.167.488                      | 13.514.913               | 4.541.872                | 4.926.379                                | 40.590                              | 0            | 10.183 | 50.773 |
| 2011 | 17.781.330                      | 15.473.377               | 4.445.333                | 5.551.811                                | 39.727                              | 0            | 11.476 | 51.203 |
| 2012 | 17.369.468                      | 17.525.404               | 4.342.367                | 6.250.749                                | 38.807                              | 0            | 12.921 | 51.728 |
| 2013 | 16.945.852                      | 19.622.631               | 4.236.463                | 6.995.058                                | 37.861                              | 0            | 14.459 | 52.320 |
| 2014 | 16.466.245                      | 21.696.234               | 4.116.561                | 7.837.425                                | 36.789                              | 0            | 16.200 | 52.990 |
| 2015 | 15.995.929                      | 23.683.474               | 3.998.982                | 8.771.464                                | 35.739                              | 0            | 18.131 | 53.869 |

Fonte: Elaboração própria

### 5.3.3. Cenário 3 – Combinação entre Cenário 1 e Cenário 2

Elaborou-se o Cenário 3 de modo que o mesmo representasse a adoção conjunta de padrões que refletem a eficiência energética com uma maior utilização de álcool etílico hidratado e gás natural veicular no Brasil.

Aplicaram-se no Cenário 3 as mesmas eficiências médias de consumo utilizadas no Cenário 1 (baseadas no potencial de aumento de eficiência do novo conjunto de padrões de eficiência de consumo do Programa *Top Runner* do Japão), ou seja, um aumento de 1,94% ao ano na eficiência da frota nova a partir de 2008. Da mesma forma que no Cenário 1 a eficiência média de consumo da frota em uso foi calculada através da Equação 5.8.

Considerou-se para o Cenário 3 a mesma mudança no perfil da frota ocorrida no Cenário 2, ou seja, manteve-se a quantidade total de veículos em cada ano do período de referência mas alterou-se a distribuição dos mesmos em relação ao tipo de motorização, reduzindo-se o número de veículos a gasolina (dedicados e GNV) e aumentando-se o número de veículos flexíveis e a GNV. Consideraram-se também os percentuais de consumo de combustíveis nos veículos flexíveis iguais aos considerados no Cenário 2.

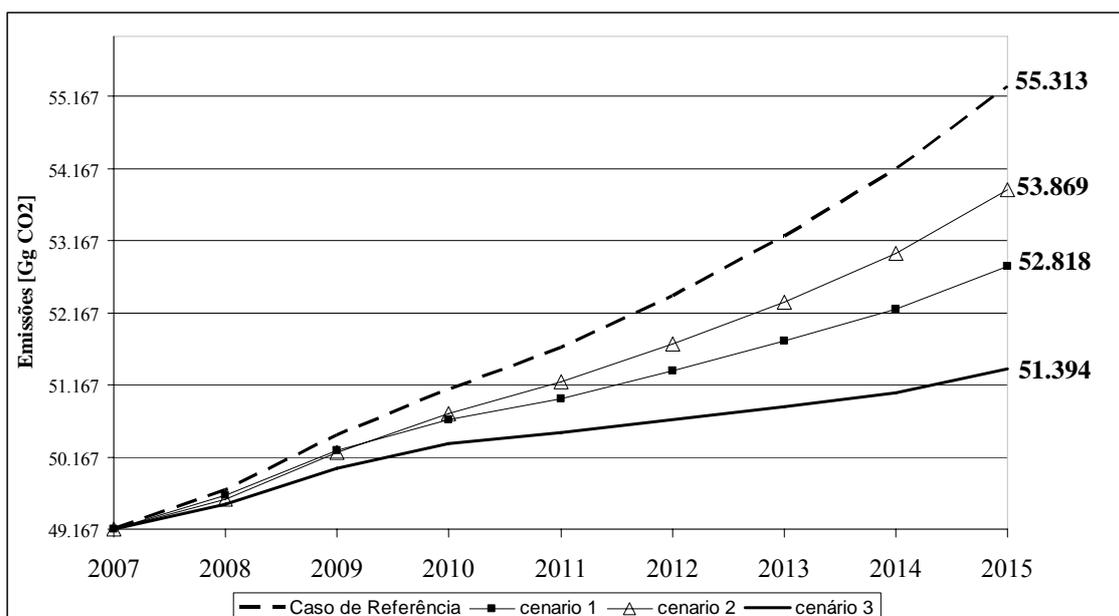
O consumo de combustível bem como as emissões de CO<sub>2</sub> para o Cenário 3 são apresentados na Tabela 5.6.

**Tabela 5.6.:** Consumo de combustível e emissões diretas de CO<sub>2</sub> para o Cenário 3.

|      | Consumo de Combustível          |                          |                          |  | Emissões de CO <sub>2</sub><br>[Gg] |              |        |        |
|------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--|-------------------------------------|--------------|--------|--------|
|      | Gasolina A<br>[m <sup>3</sup> ] | AEH<br>[m <sup>3</sup> ] | AEA<br>[m <sup>3</sup> ] | GNV<br>[10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ] | Gasolina A                          | AEH e<br>AEA | GNV    | Total  |
| 2007 | 18.927.179                      | 7.883.505                | 4.731.795                | 3.327.962                                | 42.288                              | 0            | 6.879  | 49.167 |
| 2008 | 18.647.312                      | 9.728.587                | 4.661.828                | 3.795.514                                | 41.662                              | 0            | 7.845  | 49.508 |
| 2009 | 18.406.427                      | 11.507.952               | 4.601.607                | 4.298.302                                | 41.124                              | 0            | 8.885  | 50.009 |
| 2010 | 18.044.794                      | 13.296.070               | 4.511.198                | 4.855.005                                | 40.316                              | 0            | 10.035 | 50.352 |
| 2011 | 17.582.099                      | 15.108.548               | 4.395.525                | 5.430.560                                | 39.282                              | 0            | 11.225 | 50.508 |
| 2012 | 17.079.609                      | 16.972.463               | 4.269.902                | 6.060.757                                | 38.160                              | 0            | 12.528 | 50.688 |
| 2013 | 16.554.956                      | 18.840.670               | 4.138.739                | 6.715.631                                | 36.987                              | 0            | 13.881 | 50.869 |
| 2014 | 15.966.047                      | 20.641.884               | 3.991.512                | 7.444.093                                | 35.672                              | 0            | 15.387 | 51.059 |
| 2015 | 15.383.279                      | 22.312.976               | 3.845.820                | 8.235.913                                | 34.370                              | 0            | 17.024 | 51.394 |

Fonte: Elaboração própria

O potencial de emissões de CO<sub>2</sub> do Caso de Referência bem como dos três cenários é apresentado graficamente na Figura 5.1.



**Figura 5.1:** Potencial de emissões de CO<sub>2</sub> para a frota brasileira de veículos leves.

## 5.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir dos resultados obtidos através da elaboração dos três cenários apresentados nas Tabelas 5.3, 5.4, 5.5 e 5.6 bem como na Figura 5.1, observou-se, em relação ao Caso de Referência, para todo o período de 2007 a 2015, que:

- O Cenário 1 – Eficiência Energética apresentou uma redução de 3,9% (2.406.574 m<sup>3</sup>) no consumo de gasolina A, de 3,2% (4.232.764 m<sup>3</sup>) no consumo de AEH, de 1,5% (601.644 m<sup>3</sup>) no consumo de AEA e de 3% (1.432.718.838 m<sup>3</sup>) no consumo de GNV. Isto equivale a uma redução total de 2,15% (5.593.843 tep) no consumo energético;
- O Cenário 2 – Maior Utilização de Álcool Etílico Hidratado e Gás Natural Veicular apresentou uma redução de 9,6% (6.229.675 m<sup>3</sup>) no consumo de gasolina A, um aumento de 4,7% (6.263.855 m<sup>3</sup>) no consumo de AEH, uma redução de 3,8% (1.557.419 m<sup>3</sup>) no consumo de AEA e um aumento de 8,7% (4.135.394.076 m<sup>3</sup>) no consumo de GNV. Isto equivale a um aumento total de 0,46% (1.205.202 tep) no consumo energético;

- O Cenário 3 – Combinação entre Cenário 1 e Cenário 2 apresentou uma redução de 13% (8.432.207 m<sup>3</sup>) no consumo de gasolina A, um aumento de 3,2% (1.773.374 m<sup>3</sup>) no consumo de AEH, uma redução de 5,1% (2.108.052 m<sup>3</sup>) no consumo de AEA e um aumento de 5,2% (2.498.935.295 m<sup>3</sup>) no consumo de GNV. Isto equivale a uma redução total de 1,74% (4.515.016 tep) no consumo energético;
- O Cenário 1– Eficiência Energética apresentou uma redução de 1,8% (8.338 gGCO<sub>2</sub>) no total das emissões de CO<sub>2</sub>. Isto equivale à retirada de circulação em 2007 (até 2015) dos automóveis de todo o Nordeste e do Espírito Santo licenciados em 2006 (261.219 veículos). Em relação a 2015 a redução foi de 4,5% (2.495 gGCO<sub>2</sub>);
- O Cenário 2 – Maior Utilização de Álcool Etílico Hidratado e Gás Natural Veicular apresentou uma redução de 1,2% (5.370 gGCO<sub>2</sub>) no total das emissões de CO<sub>2</sub>. Isto equivale à retirada de circulação em 2007(até 2015) de todos os automóveis de Minas Gerais licenciados em 2006 (168.244 veículos). Em relação a 2015 a redução foi de 2,6% (1.443 gGCO<sub>2</sub>);
- O Cenário 3 – Combinação entre Cenário 1 e Cenário 2 apresentou uma redução de 2,9% (13.674 gGCO<sub>2</sub>) no total das emissões de CO<sub>2</sub>. Isto equivale à retirada de circulação em 2007(até 2015) das frotas de automóveis do Nordeste, Norte e Centro-Oeste licenciadas em 2006 (428.375 veículos). Em relação a 2015 a redução foi de 7,1% (3.919 gGCO<sub>2</sub>).

Considerando-se estes resultados e avaliando-se separadamente as medidas apresentadas, observa-se que, para o Brasil, no curto prazo, a adoção de padrões de eficiência de consumo, devido ao seu maior potencial de impacto, se apresenta como uma excelente opção para a redução de emissões de CO<sub>2</sub>.

O Brasil ao utilizar o álcool etílico hidratado e o gás natural veicular em sua frota de veículos leves já vem contribuindo para a redução das emissões de GEE e com uma maior substituição da gasolina por estes dois combustíveis tem-se um aumento no

potencial de redução destas emissões. Entretanto, no curto prazo, observou-se através desta avaliação que a melhor opção para a redução de emissões de CO<sub>2</sub> seria a combinação das duas medidas, ou seja, não se pode deixar de levar em consideração a adoção de padrões de eficiência de consumo uma vez que as evidências apontam um significativo potencial de redução de emissões de CO<sub>2</sub> .

## **CAPÍTULO 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **6.1. CONCLUSÕES**

Como se pôde observar no Capítulo 2 deste trabalho, a atividade de transportes, que é um elemento essencial tanto para o desenvolvimento econômico quanto para o bem-estar das sociedades, vem crescendo em todo o mundo juntamente com o crescimento econômico das nações. Para a maioria dos tomadores de decisão os principais problemas associados ao aumento da atividade de transportes são: a dependência do petróleo; os congestionamentos; a poluição atmosférica; e os acidentes de trânsito. Tais problemas são mais intensos nas nações do mundo em desenvolvimento que apresentam economias com rápido crescimento. Sendo o Brasil uma delas.

Entretanto, em função das evidências científicas que imputam à ação humana as significantes variações climáticas que vêm ocorrendo no planeta, com destaque para o aquecimento global, surge no cenário mundial o papel das emissões dos GEE. A mitigação destas emissões precisa ter a sua importância reconhecida dentre as outras prioridades dos transportes e ser analisada e tratada de forma direta e não apenas indiretamente através das sinergias com os outros problemas e sob a forma de co-benefícios apresentados. Uma vez ressaltados, os co-benefícios e as sinergias afirmam a necessidade de um tratamento próprio a ser dado às emissões de GEE no setor de transportes.

Ao avaliarem-se no Capítulo 3, de uma forma geral, alguns estudos que apresentam as medidas disponíveis para a mitigação das emissões de GEE do setor de transportes, em todo o mundo, constatou-se que provavelmente tais medidas isoladas não serão suficientes para impedir o crescimento das emissões deste setor no curto e médio prazo. Tal constatação, a princípio, induz ao raciocínio de que somente no longo prazo a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico apresentam um significativo potencial de redução de emissões de GEE, e essencialmente através dos veículos híbridos, células-combustível e bio-combustíveis. Entretanto, verificou-se que se o desenvolvimento tecnológico for acompanhado por medidas de aumento da eficiência energética pode-se alcançar uma significativa redução de emissões de GEE deste setor no curto e no médio prazo.

Como constatado no Capítulo 4, o aumento da eficiência energética através da adoção de padrões que refletem a eficiência energética vem se mostrando uma medida efetiva na redução das emissões de GEE em transportes, no curto e no médio prazo. Todavia, o não aproveitamento integral do potencial tecnológico disponível para redução das emissões em detrimento do aumento do peso e da potência dos veículos tem diminuído parte do seu impacto. Com isto, observou-se a importância e a necessidade de uma medida complementar de forma a alcançar este aproveitamento integral, que é a adoção de programas de informação ao consumidor de veículos. Tais programas se bem conduzidos, apresentam um grande potencial de redução de emissões de GEE.

A análise do potencial de impacto das medidas de eficiência energética bem como a adoção destas medidas já é uma realidade nas nações desenvolvidas. Contudo, a avaliação do potencial de mitigação das emissões de GEE do setor de transportes brasileiro, a médio e longo prazo, se depara com o problema do número reduzido de estudos desenvolvidos nesta área, bem como em relação à limitação do escopo destes estudos, em geral, voltados apenas para os combustíveis alternativos. Deste modo acabam faltando subsídios para a implantação de medidas de aumento de eficiência energética no setor de transportes brasileiro.

Ao se desenvolver a análise do potencial de impacto da adoção de padrões de eficiência de consumo na redução das emissões de CO<sub>2</sub>, no modo rodoviário brasileiro, deparou-se com um nível de dados existentes altamente agregados além da inexistência de outros dados fundamentais o que impossibilitaria a realização da mesma. Desta forma, houve a necessidade de se passar por algumas aproximações e hipóteses que trouxeram a esta análise algumas incertezas. Um cálculo mais preciso das emissões de GEE exigiria além da aplicação de fatores de emissão do ciclo de vida de todos os combustíveis (emissões diretas e indiretas), a disponibilidade dos dados de frota circulante devidamente desagregados por motorização, por ano de fabricação e por tipo de combustível, de dados mais representativos das distâncias médias percorridas, dos dados reais de consumo de combustível e de taxas de motorização que refletissem de um modo mais preciso a tendência de crescimento da frota brasileira de veículos leves.

Ao se realizar, através deste trabalho, uma análise do potencial de impacto da adoção de padrões de eficiência de consumo na redução das emissões de CO<sub>2</sub>, no modo rodoviário

brasileiro, associadas à adoção de combustíveis alternativos como o álcool etílico hidratado e o gás natural veicular, observou-se que:

- No curto prazo, ou seja, em 2015, as emissões de CO<sub>2</sub> dos veículos leves tenderiam a aumentar 12,5% (em relação a 2007) caso não sejam implantadas medidas de eficiência energética como a adoção de padrões de eficiência de consumo e nem se intensifique o uso de álcool etílico hidratado e gás natural veicular;
- No curto prazo, em 2015, uma maior utilização de álcool etílico hidratado (7,7%) e gás natural veicular (14,8%) apesar de apresentar um significativo potencial de redução de emissões de CO<sub>2</sub>, 2,6% a menos que a tendência apresentada no Caso de Referência (sem a implantação de medidas de eficiência energética e mantida a atual tendência de consumo de combustíveis), não seria suficiente para reverter as emissões ao nível de 2007, ou seja, as emissões continuariam crescendo só que de forma menos acelerada;
- No curto prazo, em 2015, a adoção de padrões de eficiência de consumo poderia ser responsável, de forma isolada, por um potencial de redução de emissões de CO<sub>2</sub> de 4,5% em relação à tendência apresentada no Caso de Referência definido anteriormente. Isto representaria 73% a mais que a redução através da maior utilização de combustíveis alternativos. Apesar deste potencial de redução de emissões de CO<sub>2</sub> se apresentar maior que o potencial apresentado pelo aumento de utilização de combustíveis alternativos, ele ainda não seria suficiente para reverter as emissões ao nível de 2007, ou seja, as emissões continuariam crescendo só que de forma menos acelerada;
- No curto prazo, em 2015, a combinação de uma maior utilização de álcool etílico hidratado e GNV, nos moldes do que já foi definido, com a adoção de padrões de eficiência de consumo seria responsável por um potencial de redução de emissões de CO<sub>2</sub> de 7,1% em relação à tendência apresentada no Caso de Referência, também não seria ainda capaz de reverter as emissões de CO<sub>2</sub> aos níveis de 2007, mas imprimiria um ritmo bem menos acelerado no crescimento destas emissões.

Independente do desenvolvimento de uma análise simplificada, e conseqüentemente imprecisa nos resultados de um modo absoluto, torna-se fundamental reconhecer a

importância da mesma ao verificar a participação relativa de medidas de eficiência energética no cenário brasileiro de redução das emissões de GEE do setor de transportes, onde atua de modo isolado a estratégia de utilização de bio-combustíveis. Assim sendo, este tipo de análise pode beneficiar diretamente a implantação de políticas públicas e a elaboração de estudos de impactos ambientais ao trazer a questão da eficiência energética como um fator a mais a ser considerado.

## **6.2. RECOMENDAÇÕES**

No Brasil faltam políticas governamentais voltadas para o aumento da eficiência energética dos veículos leves. São necessárias medidas direcionadas tanto para os fabricantes quanto para os consumidores de veículos. É preciso levar o fabricante a produzir veículos mais eficientes e o consumidor a optar pelo mais eficiente. O Brasil ainda não foi capaz de adotar, assim como fizeram os países desenvolvidos, um sistema de padrões obrigatórios, ou um acordo com a indústria automotiva, que limite o consumo específico dos veículos. Nem de implantar um programa de informação ao consumidor de veículos, que disponibilize informações e ao mesmo tempo eduque os consumidores para comprarem e exigirem da indústria veículos mais eficientes. Tais medidas se destacam no cenário internacional pela facilidade de implantação e pela velocidade de obtenção dos resultados previstos. Esta tese foi apenas um pequeno passo na direção da verificação da importância destas medidas para a realidade brasileira.

Caso o governo brasileiro venha tomar a decisão de adotar um sistema de padrões que reflitam a eficiência energética dos veículos (limitando o consumo específico ou as emissões de CO<sub>2</sub>), algumas questões importantes devem ser consideradas, tais como: a opção pela adoção de padrões já existentes ou pela elaboração de novos padrões; os níveis de severidade dos padrões adotados; o prazo obrigatório para se alcançar os padrões; e a estrutura dos padrões.

A adoção de padrões existentes, já aplicados em outros países, requer uma minuciosa consideração das diferenças entre o mercado nacional e o mercado onde os padrões foram inicialmente aplicados. Diferenças como: a qualidade e a disponibilidade dos combustíveis, as metodologias utilizadas nos testes de consumo específico, tipo e

tamanho dos veículos vendidos, condições da infra-estrutura que podem afetar a atuação de algumas tecnologias, e a disponibilidade de reparo das novas tecnologias.

Existem diversas abordagens para se definir os níveis de severidade de um conjunto de padrões que reflitam a eficiência energética. O governo japonês definiu a severidade de seus padrões, relativos a classes de peso, com base nos veículos chamados *top runners*, ou seja, o veículo mais eficiente de cada classe de peso serviria como a referência viável para a melhoria da frota futura. Uma outra abordagem para se definir a severidade dos padrões a serem adotados é através da avaliação dos custos de implantação e dos ganhos com a economia de combustível das tecnologias já disponíveis em alguns veículos. Com os resultados obtidos estipula-se a tecnologia de menor custo benefício como a referência para a eficiência da frota futura (NRC, 2002). Outra abordagem que pode ser utilizada é a da análise das curvas de custo (o percentual de aumento na eficiência de consumo comparado com o custo da tecnologia) das tecnologias disponíveis. A partir dos resultados a tecnologia que oferece o maior aumento de eficiência de consumo em relação ao seu custo é tomada como referência para a eficiência da frota futura (PLOTKIN *et al.*, 2002). Todas estas abordagens não forçam o desenvolvimento de novas tecnologias mas sim a disseminação das melhores tecnologias já aplicadas no mercado. A escolha do nível de severidade apropriado para o Brasil vai depender das metas e dos interesses do governo brasileiro.

Além do nível de severidade dos padrões, é necessária uma análise criteriosa para a definição dos prazos obrigatórios para que os padrões sejam atingidos. Serão estes prazos que irão definir a velocidade de remodelação dos veículos existentes e da introdução de novos modelos no mercado, sempre com o cuidado de se evitar uma quebra econômica por parte dos fabricantes de veículos.

Outra questão relevante é a definição da estrutura dos padrões que é tão importante quanto o seu nível de severidade. Os padrões de consumo específico baseados no peso do veículo (como no Japão e na China) ou no tamanho do motor (como em Taiwan e na Coreia do Sul) tendem a igualar o grau de dificuldade de todos os fabricantes em atingir os padrões determinados. Entretanto, este tipo de estrutura reduz o potencial de ganho de eficiência de consumo uma vez que padrões baseados no peso do veículo eliminam a redução de peso do veículo como uma forma viável de se alcançar os padrões definidos.

Do mesmo modo que os padrões baseados no tamanho do motor eliminam a redução dos motores como uma opção para se alcançar os padrões.

Os padrões baseados no tamanho do veículo (área da base do veículo ou volume do veículo como nos EUA) tendem a aproveitar todo o potencial de ganho de eficiência de consumo uma vez que as reduções do peso do veículo e do tamanho do motor irão contribuir para que se possam alcançar os padrões determinados. A revisão constante dos padrões, de forma a atualizá-los, também é de fundamental importância uma vez que força o fabricante a estar buscando sempre atingir todo o potencial de ganho de eficiência.

Uma vez implantado um conjunto de padrões de eficiência de consumo é preciso ressaltar a importância da informação/educação na efetividade e na eficácia desta medida. É preciso que os consumidores, ao comprarem e operarem seus veículos, estejam cientes da questão da eficiência energética a fim de optarem por veículos mais eficientes além de utilizá-los da forma mais eficiente possível.

Além disso, é preciso garantir que o aumento da eficiência alcançado nos veículos novos se mantenha durante a vida útil deste veículo. Este propósito acaba sendo cumprido pelos Programas de Inspeção e Manutenção que têm como objetivo verificar o funcionamento adequado dos sistemas de controle de emissão dos veículos automotores. Só é possível manter-se um perfil de baixas emissões se os sistemas de controle de emissão, assim como os motores, estiverem funcionando adequadamente. Um motor constantemente regulado consome menos combustível e portanto produz menos emissões. Além disso, mesmo que o motor do automóvel ou o seu sistema de controle de emissão não venham a sofrer qualquer tipo de avaria, haverá um desgaste natural dos mesmos com o passar dos anos.

Em 1997 o Governo do Estado do Rio de Janeiro através da implantação do Plano de Controle da Poluição por Veículos em Uso (PCPV) deu início a um programa que realiza vistorias anuais de veículos com ênfase na emissão de gases e ruídos. Apesar das vistorias que são realizadas, o PCPV ainda não pode ser considerado um Programa de Inspeção e Manutenção de Qualidade, pois está apenas no seu estágio inicial, onde as vistorias utilizam testes simples para a verificação das emissões de gases poluentes e

apenas em caráter educativo. Desta forma, o Brasil, já deu o passo inicial para a implantação de Programas de Inspeção e Manutenção, é preciso agora que haja vontade política para continuar o seu desenvolvimento, até a implantação de um Programa de Qualidade de Alta Performance, e que tal Programa seja estendido a todo país.

Cabe destacar-se também que há no Brasil outras oportunidades com potencial para se aumentar a eficiência da frota de veículos leves em uso através do aumento da eficiência na operação destes veículos. São medidas como o *eco-driving*, o aumento do fator de carregamento dos veículos, o uso de pneus mais eficientes, e um melhor gerenciamento de tráfego.

É importante que o Brasil esteja atento ao que vem sendo desenvolvido no campo da eficiência energética no setor de transportes, principalmente em relação aos veículos leves. A utilização de bio-combustíveis e de GNV, mesmo sendo eficiente, não pode ser a única alternativa brasileira para a redução das emissões de GEE deste setor. Enfim, a estratégia de aumento de eficiência energética não é a única, nem a mais efetiva via para a mitigação das emissões de GEE no Brasil e no Mundo, entretanto, devido ao seu significativo potencial, não pode ser ignorada nem postergada. Conciliar, o quanto antes, as mais diversas estratégias para a redução de emissões de GEE é a melhor medida para se alcançar um maior desenvolvimento econômico aliado à conservação do nosso meio-ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. A.; RIBEIRO, S. K., 2006a, "Initiatives In Transport Sector With GHG Emission Reduction As Co-Benefit: Analyses Of Fuel Efficiency, Ethanol Use In Flex-Fuel Vehicles And The Biodiesel Programme In Brazil." *Energy Policy*, Article in press.
- ABREU, A. A.; RIBEIRO, S. K., 2006b, *Evaluation Of Potential Reductions In Carbon Dioxide Emissions Through The Introduction Of Flex-Fuel Technology In Brazil's Light Vehicle Fleet*. XVI International Symposium on Alcohol Fuels, Rio de Janeiro.
- ACEA, 2006, "Monitoring Report Shows Further Reduction In New Car CO<sub>2</sub> Emissions In 2004." 2007, Disponível <http://www.acea.be/files/20061502att01.pdf> em julho 2007
- ADAC, 2005, *Study On The Effectiveness Of Directive 1999/94/Ec Relating To The Availability Of Consumer Information On Fuel Economy And Co2 Emissions In Respect Of The Marketing Of New Passenger Cars - Final Report*. ADAC, Munchen.
- ADONIS, 1998, *Analysis And Development Of New Insight Into Substitution Of Short Car Trips By Cycling And Walking*. European Commission, Luxembourg.
- AESS e AFESS, 2007, *Concerning Revisions Of Evaluation Standards For Manufacturers With Regard To Improvement Of Automobile Energy Consumption Efficiency*. Automobile Evaluation Standards Subcommittee and Automobile Fuel Efficiency Standards Subcommittee.
- ALLEN, E., BENFIELD, F. K., 2003, *Environmental Characteristics Of Smart-Growth Neighborhoods*. National Resources Defense Council.
- AN, F., SAUER, A., 2004, *Comparison Of Passenger Vehicle Fuel Economy And Greenhouse Gas Emission Standards Around The World*. Pew Center on Global Climate Change, Arlington.
- ANFAVEA, 2007a, "Estatísticas." Disponível em [www.anfavea.com.br/tabelas.html](http://www.anfavea.com.br/tabelas.html) em julho 2007
- ANFAVEA, 2007b, "Anuário Estatístico" Disponível em [www.anfavea.com.br/tabelas.html](http://www.anfavea.com.br/tabelas.html) em julho de 2007 em
- ANP, 2007, Dados Estatísticos, Disponível em [http://www.anp.gov.br/petro/dados\\_estatisticos.asp](http://www.anp.gov.br/petro/dados_estatisticos.asp)
- APOGEE, 1994, *Costs And Cost Effectiveness Of Transportation Control Measures; A Review And Analysis Of The Literature*, National Association of Regional Councils

- BAILLY, H., 1999, *Potential For Fuel Taxes To Reduce Greenhouse Gas Emissions From Transport*. Transportation Table of Canadian National Climate Change Process.
- BEZDEK, R. H., WENDLING, R. M., 2005, "Potential Long-Term Impacts Of Changes In US Vehicle Fuel Efficiency Standards" *Energy Policy*, Vol(407-419).
- CARB, 2004, *Climate Change Emission Control Regulations - Fact Sheet*. California Air Resources Board, Sacramento.
- CARVALHO, E. P., 2004, *Brazilian Sugar and Ethanol Market 2004*, SUGAR DINNER New York
- CERVERO, R., RADISCH, C., 1995, *Travel Choices In Pedestrian Versus Automobile Oriented Neighborhoods*, UC Transportation Center,UCTC 281.
- CETESB, 1994, *Inventário das Emissões Veiculares - Metodologia de Cálculo* Departamento de Tecnologia de Emissões de Veículos, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo.
- CONPET, 2005, *Promovendo A Eficiência Energética Nos Automóveis Brasileiros*. Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural.
- CORPORATION, C., 1993, *Implementing Effective Travel Demand Management Measures: Inventory Of Measures And Synthesis Of Experience*. US-DOT & Institute of Transportation Engineers.
- CUTR, 1998, *A Market-Based Approach To Cost-Effective Trip Reduction Program Design - Final Report Results Of Survey And Conclusions*, Center for Urban Transportation Research for Florida DOT.
- D'AGOSTO, M. D. A., 2004, *Análise Da Eficiência Da Cadeia Energética Para As Principais Fontes De Energia Utilizadas Em Veículos Rodoviários No Brasil*. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- DARGAY, J., GATELY, D., 1999, "Income's Effect on Car and Vehicle Ownership Worldwide: 1960-2015" *Transportation Research A*, vol 33, (2), pp 101-138
- DAVIS, S. C., DIEGEL, S. W., 2006, *Transportation Energy Data Book: Edition 25*. Oak Ridge National Laboratory, C. f. T. A. E. S. T. Division, ORNL-6974 (Edition 25 of ORNL-5198), Tennessee.
- DAVIS, W. B., et al, 1993, *Feebates: Estimated Impacts On Vehicle Fuel Economy, Fuel Consumption, Co2 Emissions, And Consumer Surplus*. Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley.

- DECICCO, J., GORDON, D., 1993, *Steering With Prices: Fuel And Vehicle Taxation And Market Incentives For Higher Fuel Economy*. American Council for an Energy Efficient Economy.
- DELUCCHI, M. A., 1991, *Emissions Of Greenhouse Gases From The Use Of Transportation Fuels And Electricity - Vol. 1*. Argonne National Laboratory,ANL/ESD/TM22.
- DENATRAN, 2007, Tabelas Estatísticas, Departamento Nacional de Trânsito. Estatísticas de Frota de Veículos. Brasília.. Disponível em <http://www.denatran.gov.br/frota.htm>
- DETRAN-RJ, 2007, Estatísticas, Departamento de Transito do Rio de Janeiro, Disponível em [http://www.deTRAN.rj.gov.br/\\_estatisticas.veiculos/index.asp](http://www.deTRAN.rj.gov.br/_estatisticas.veiculos/index.asp)
- EC, 2000a, *Commission Recommendation Of 13 April 2000 On The Reduction Of CO<sub>2</sub> Emissions From Passengers Cars (Jama)*. E. Commission, Official Journal of the European Communities **2000/304/EC**.
- EC, 2000, *Commission Recommendation Of 13 April 2000 On The Reduction Of CO<sub>2</sub> Emissions From Passengers Cars (Kama)*. E. Commission, Official Journal of the European Communities**2000/303/EC**.
- EC, 2005a, *Monitoring Of Acea's Commitment On CO<sub>2</sub> Emission Reductions From Passenger Cars (2004) - Final Version*. European Automobile Manufacturers Association and the Commission Services, European Commission.
- EC, 2005b, *Monitoring Of Jama's Commitment On CO<sub>2</sub> Emission Reductions From Passenger Cars (2004) - Final Version*. European Automobile Manufacturers Association and the Commission Services, European Commission.
- EC, 2005c, *Monitoring Of Kama's Commitment On CO<sub>2</sub> Emission Reductions From Passenger Cars (2004) - Final Version*. European Automobile Manufacturers Association and the Commission Services, European Commission.
- EC, 2006, *Review Of The Eu Strategy To Reduce CO<sub>2</sub> Emissions And Improve Fuel Efficiency From Cars - Report On The Public Consultation June-August 2006*. European Commission.
- EC, 2006b, *EU Transport in Figures*, European Commission, London
- ECCJ, 2006, *Top Runner Program - Developing The World's Best Energy Efficient Appliances*, Energy Conservation Center, Japan
- ECFR, 2007, "40 cfr part 600." 2007, Disponível em <http://ecfr.gpoaccess.gov>. em março 2007

- EEA, 2006a, *Greenhouse Gas Emission Trends And Projections In Europe 2006*. European Environment Agency, EEA Report No 9/2006.
- EEA, 2006b, *Annual European Community Greenhouse Gas Inventory 1990–2004 And Inventory Report 2006*. European Environment Agency, EEA Technical report No 6/2006, Copenhagen.
- ELSOM, D., 1996, *Smog Alert: Managing Urban Air Quality*, 1ed, London.
- EVA, 1999, *Labelling And Its Impacts O Fuel Efficiency - Study For The Directorate General For Energy Of The Commission Of The European Communities - Final Report*. Austrian Energy Agency., Vienna.
- EVA, 2006, *Eco-Driving Europe - A Guide to Promote the Smart Driving Stile*. Austrian Energy Agency., Vienna.
- EWING, R., CERVERO, R., 2002, "Travel And The Built Environment – Synthesis." *Transportation Research Record*, Vol(1780).
- FAIZ, A., *et al.*, 1996, *Air Pollution From Motor Vehicles*. The World Bank, Washington DC.
- FICKL, S. E RAIMUND, W., 1999, *Fuel Economy Labelling Of Cars And Its Impacts On Buying Behavoiur, Fuel Efficiency And CO2 Reduction*. SAVE - The Conference for an Energy Efficient Millennium, Graz, Austria.
- GOODWIN, P., 1992, "Review Of New Demand Elasticities." *Journal of Transport Economics*.
- GREENE, D. L., 1991, *Vehicle Use And Fuel Economy: How Big Is The Rebound Effect*. Oak Ridge National Laboratory, US Departament of Energy.
- GREENE, D. L., 1998, "Why Cafe Worked." *Energy Policy*, Vol(8): pp pp. 505 -613.
- GREENE, D. L., SCHAFER, A., 2003a, *Reducing Greenhouse Gas Emissions from US Transportation*, Pew Center, Arlington, 68pp
- GREENE, D., SAULSBURY, B., HOPSON, J., NYE, D., , 2003b, *Providing Consumers With Web-Based Information On The Environmental Effects Of Automobiles - A Qualitative Research Report Based On Focus Groups In Knoxville, Tennessee And Los Angeles, California*. Oak Ridge National Laboratory, ORNL/TM-2003/166, Oak Ridge.
- GREENE, D. L., PATTERSON, P., SINGHC, M., LI, J., 2005, "Feebates, Rebates And Gas-Guzzler Taxes: A Study Of Incentives For Increased Fuel Economy." *Energy Policy*, Vol(33) pp 757-775.

- HART, D., BAUEN, A., CHASE, A., HOWES, J., 2003, *Liquid Biofuels And Hydrogen From Renewable Resources In The Uk To 2050: A Technical Analysis*. E4tech Ltd.
- HARVEY, G., DEAKIN, E., 1997, *The Step Analysis Package: Description And Application Examples,*” Appendix B, In *Apogee Research, Guidance On The Use Of Market Mechanisms To Reduce Transportation Emissions*, USEPA, Washington DC.
- HERRY, M., SCHUSTER, M., 2000, *Parking Policy Measures And Their Effects On Mobility And The Economy - Austrian Case Studies*. European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research, COST Secretariat, COST 342/19-A Rev.1, Vienna.
- HESS, D. B., 2001, *The Effects Of Free Parking On Commuter Mode Choice: Evidence From Travel Diary Data*. Lewis Center for Public Policy Studies, UCLA.
- IBP, 2006a, *GNV –Balanço Anual 2005-Comitê de GNV*, Instituto Brasileiro do Petróleo, IBP.
- IBP, 2006b, *Brazil - A Great Growth-Market for GNV*, GNV Colombia, R. Fernandes, Instituto Brasileiro do Petróleo, IBP.
- IBP, 2006c, *Brazil NGVs: Beyond a million*, R. Fernandes, Instituto Brasileiro do Petróleo, IBP.
- IBP, 2007, *Radiografia do Setor de GNV - Estatísticas–1º Trimestre, 2007*, Instituto Brasileiro do Petróleo, IBP.
- IEA, 2001, *Saving Oil And Reducing Co2 Emissions In Transport - Options & Strategies*. OECD/IEA, R. Priddle, PARIS.
- IEA, 2002a, *Dealing With Climate Change - Policies And Measures In Iea Member Countries*. International Energy Agency, Paris.
- IEA, 2002b, *World Energy Outlook - 2002*. International Energy Agency, Paris.
- IEA, 2003, *Transport Technologies and Policies For Energy Security And CO<sub>2</sub> Reductions*. Energy Technology Policy & Collaboration Papers ETPC Paper No. 02/2003. International Energy Agency, Paris
- IEA, 2004a, *World Energy Outlook - 2004*. International Energy Agency, Paris.
- IEA, 2004b, *Energy Technologies for Sustainable Future*. International Energy Agency, Paris.
- IEA, 2004c, *Oil Crises & Climate Challenges - 30 Years Of Energy Use In IEA Countries*. OECD/IEA, C. Mandil, Paris.

- IEA, 2005, *CO<sub>2</sub> Emissions From Fuel Combustion 1971-2003: 2005 Edition*. International Energy Agency, I. Statistics.
- IEA, 2006, *Key World Energy Statistics - 2006*, International Energy Agency, I. Statistics.
- INMETRO, 2005, "Programa Brasileiro De Etiquetagem", Disponível em <http://www.inmetro.gov.br>
- IPCC, 1996, *Climate Change 1995: The Science Of Climate Change. Contribution Of Working Group I To The Second Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change, J. T. Houghton et al, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.
- IPCC, 2001a, *Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution Of Working Groups I, Ii, And Iii To The Third Assessment Report Of The Integovernmental Panel On Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change, R. T. Watson et al, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York.
- IPCC, 2001b, *Climate Change 2001: Mitigation. Contribution Of Working Group III To The Third Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change J. T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. et al, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.
- IPCC, 2001c, *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution Of Working Group I To The Third Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change I. Bashmakov, C. Jepma et al, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.
- IPCC, 2007, *Climate Change 2007: The Scientific Basis. Contribution Of Working Group I To The Fourth Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change - Sumary For Policies Makers*. Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.
- KHATTAK, A. J. E RODRIGUEZ, D., 2005, "Travel Behavior In Neo-Traditional Neighborhood Developments: A Case Study In USA." *Transportation Research A*, Vol(6): pp481-500.
- KIRBY, H. R., et al., 2000, "Modelling The Effects Of Transport Policy Levers On Fuel Efficiency And National Fuel Consumption" *Transportation Research Part D*, Vol(5) pp 265±282.
- LANDWEHR, M., MARIE-LILLIU, C., 2002, *Transportation Projections In Oecd Regions - Detailed Report*. IEA - International Energy Agency, Paris.

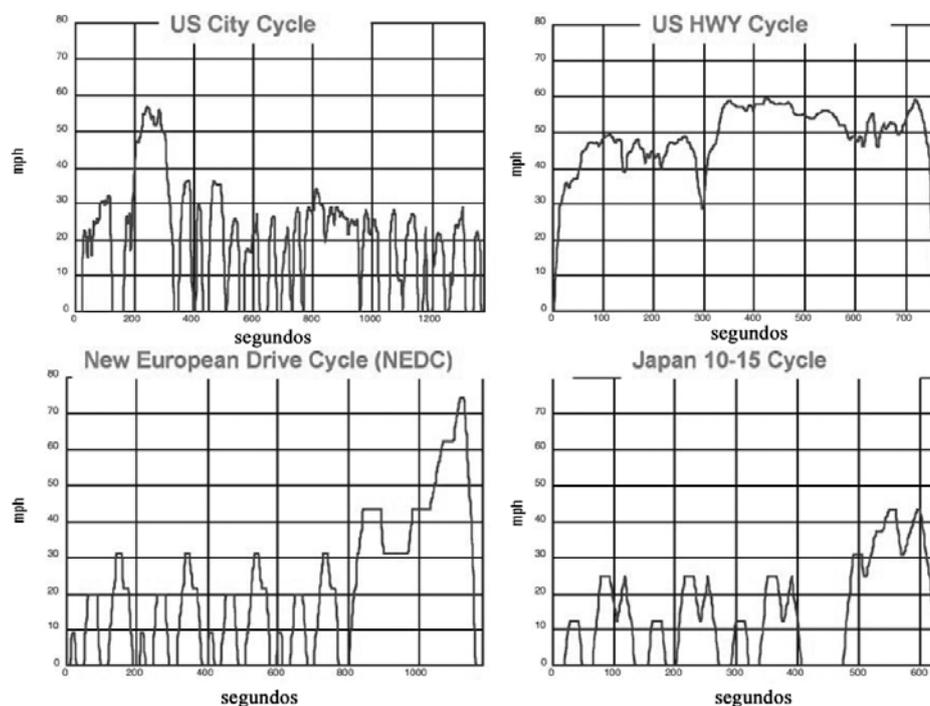
- LITMAN, T., 2003, Socially Optimal Transport Prices And Markets. Victoria Transport Policy Institute DOI: Disponível em [www.vtpi.org/tdmtdm10.htm](http://www.vtpi.org/tdmtdm10.htm)
- LOPES, S. P., 2005, *Elaboração De Modelos Matemáticos Para Análise, Avaliação E Previsão Do Comportamento Da Motorização No Brasil*, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- MACEDO, I. C., LEAL, M. R., SILVA, J.E., 2004, *Balanço Das Emissões De Gases Do Efeito Estufa Na Produção E No Uso Do Etanol No Brasil*. . Secretaria do Meio Ambiente, Governo do Estado de São Paulo. São Paulo.
- MACEDO, I. C., LEAL, M. R., SEABRA, J.E., 2006, *The Energy Balance And GHG Avoided Emissions In The Production / Use Of Ethanol From Sugar Cane In Brazil: The Situation Today And The Expected Evolution In The Next Decade*. Technical Report .XVI International Symposium on Alcohol Fuels, pp 33-42, Rio de Janeiro
- MCT, 2002a, *Primeiro Inventário Brasileiro De Emissões Antrópicas De Gases De Efeito Estufa - Relatórios De Referência Emissões De Gases De Efeito Estufa Por Queima De Combustíveis - Abordagem Bottom-Up*. Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília.
- MCT, 2002b, *Emissões De Gases De Efeito Estufa Por Fontes Móveis no Setor Energético* Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília.
- MME, 2005, *Balanço Energético Nacional. Ben 2005 (Ano-Base 2004)*. Ministério das Minas e Energia, Brasília - DF.
- MOREIRA, J. R., 2004, *Global Biomass Energy Potential*, Expert Workshop on Greenhouse Gas Emissions and Abrupt Climate Change: Positive Options and Robust Policy, Paris
- MOKHTARIAN, P., 1997, "Now That Travel Can Be Virtual, Will Congestion Virtually Disappear?" *Scientific American*, Vol(10)pp93.
- MORRIS, H., 2004, *Commute Rates On Urban Trails: Indicators From The 2000 Census*. Presented At The 2004 Transportation Research Board Annual Meeting.
- NEUENSCHWANDER, R., *et al.*, 2001, *Parking Policy Measures And Their Effects On Mobility And The Economy - Swiss Case Studies*. European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research, COST Secretariat, COST 342/18/CH, Bern.
- NHTSA, 2006, "Cafe Overview." 2006, Disponível em <http://www.nhtsa.dot.gov/portal/site/nhtsa/template>
- NHTSA, 2007a, *New Passenger Car Fleet Average Characteristics*. Disponível em <http://www.nhtsa.gov/cars/rules/CAFE/NewPassengerCarFleet.htm> em Março 2007

- NHTSA, 2007b, Light Truck Fleet Average Characteristics. Disponível em <http://www.nhtsa.gov/cars/rules/CAFE/LightTruckFleet.htm> em Março 2007
- NILLES, J., 1996, "What Does Telework Really Do To Us?" *World Transport Policy and Practice*, Vol(1/2): pp15-23.
- NRC, 2002, Effectiveness and Impact of Corporate Average Fuel Economy (CAFE) Standards. National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C.,
- NRC, 2004, *The Hydrogen Economy - Opportunities, Costs, Barriers, And R&D Needs*. Committee on Alternatives and Strategies for Future Hydrogen Production and Use; Board on Energy and Environmental Systems; Division on Engineering and Physical Sciences; NATIONAL RESEARCH COUNCIL AND NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING, Washington, D.C. .
- PLOTKIN, S., D. GREENE, K.G. DULEEP, 2002, *Examining The Potential For Voluntary Fuel Economy Standards In The United States And Canada*. Argonne National Laboratory report ANL/ESD/02-5, October 2002.
- PRATT, R. H., 2000, "Traveler Response To Transportation System Changes - Interim Handbook." From [http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp\\_webdoc\\_12.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp_webdoc_12.pdf)
- RIBEIRO, S. K., 1995, Uso Energético Dos Produtos De Cana De Açúcar Como Instrumento Do Brasil Em Negociações Internacionais Para Redução De Emissão De Gases De Efeito Estufa. COPPE. Rio de Janeiro, UFRJ.
- RIBEIRO, S. K., *et al.*, 2002, *Barreiras Na Implantação De Alternativas Energéticas Para O Transporte Rodoviário No Brasil*, 1a, Rio de Janeiro.
- RICHARDS, M. G., 2005, *Congestion Charging In London: The Policy And The Politics* Palgrave London.
- SCHIPPER, L., *et al.*, 2000, *Flexing The Link Between Transport And Greenhouse Gas Emissions - A Path For The World Bank*. International Energy Agency, Paris.
- SKABARDONIS, A., SINGH, R., DEAKIN, E., 1988, *The Fuel-Efficient Traffic Signal Management Program: Evaluation Of The Fourth And Fifth Funding Cycles*. Report to the California Department of Transportation by the Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley.
- TC, 2007, "Canadian CAFC Goals and National Averages." Transport Canada Disponível em <http://www.tc.gc.ca/programs/environment/fuelpgm/cafc/page2.htm>. Em março de 2007
- TCRP, 2003, *Road Value Pricing: Traveler Response To Transport System Changes* Transit Cooperative Research Program, Transportation Research Board, Report 95.

- TRAIN, K. E., *et al.*, 1997, "Fees And Rebates On New Vehicles: Impacts On Fuel Efficiency, Carbon Dioxide Emissions, And Consumer Surplus." *Transportation Research -E*, Vol( I): pp1-13.
- TURRENTINE, T. S., KURANI, K. S., 2007, "Car Buyers And Fuel Economy?." *Energy Policy*, 35 (2) pp1213-1223
- UNFCCC, 2007, *Kyoto Protocol Reference Manual On Accounting Of Emissions And Assigned Amounts*. United Nations Framework Convention on Climate Change Secretariat.
- US-DOE, 1997, *Scenarios Of Us Carbon Reductions: Potential Impacts Of Energy Technologies By 2010 And Beyond*. U.S. Department of Energy - Office of Energy Efficiency and Renewable Energy.
- US-DOE, 2005, *Emissions Of Greenhouse Gases In The United States 2004*. U.S. Department of Energy - Energy Information Administration,DOE/EIA-0573(2004).
- US-DOT, 1998, *Transportation And Global Climate Change: A Review And Analysis Of The Literature - Final Report*. US Department of Transportation, Washington, DC.
- US-DOT, 2005, *Summary Of Fuel Economy Performance*. U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, Washington.
- US-DOT, 2006, Average Fuel Economy Standards For Light Trucks Model Years 2008-2011. Final rule 2127-AJ61, [Docket No. 2006- 24306], RIN 2127-AJ61. N. H. T. S. A. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION.
- US-EPA, 2007a, "Fuel Economy." Disponível em [www.fueleconomy.gov](http://www.fueleconomy.gov) em março de 2007
- US-EPA, 2007b, *Fuel Economy Guide*. US Environmental Protection Agency.
- US-GAO, 1994, *Transportation Infrastructure: Benefits Of Traffic Control Signals Systemsare Not Being Fully Realized*. US General Accounting Office,GAO/RCED - 94-105.
- USDOT, 1998, *Transportation And Global Climate Change: A Review And Analysis Of The Literature - Final Report*. US Department of Transportation, Washington, DC.
- VACA, E., KUZMYAK, J. R., 2005, *Parking Pricing And Fees, Chapter 13, Tcrp Report 95 Transit Cooperative Research Program*, Transportation Research Board, Federal Transit Administration.

- VTPI, 2005, "Online Tdm Encyclopedia - Public Transit Improvements." Retrieved January, 2007, from <http://www.vtpi.org/tdm/.May> 2005
- VTPI, 2006a, "Road Pricing - Examples And Case Studies." Disponível em janeiro 2007, em [www.vtpi.org/tdm/tdm35.htm](http://www.vtpi.org/tdm/tdm35.htm).
- VTPI, 2006b, "Online Tdm Encyclopedia - Transportation Elasticities -How Prices And Other Factors Affect Travel Behavior" Disponível em janeiro 2007, em <http://www.vtpi.org/tdm/>
- WBSCD, 2004a, *Mobility 2030: Meeting The Challenges To Sustainability - The Sustainable Mobility Project - Full Report 2004*. World Business Council for Sustainable Development, Conches-Geneva.
- WBSCD, 2004b: IEA/SMP Model Documentation and Reference Projection. Fulton, L. and G. Eads, Disponível em julho de 2007 em <http://www.wbcd.org/web/publications/mobility/smp-model-document.pdf>
- WEE, B. V., *et al.*, 2000, "Environmental Impact Of Scrapping Old Cars." *Transportation Research Part D*, Vol(5)137±143.
- WU, W. E JIN, Y.,2004, Development Of China's Light-Duty Passenger Vehicles Fuel Consumption Standards And Their Implications To Energy Savings. Fueling the Future - IEA-UNEP Meeting on Fuel Efficiency, Shangai.

## ANEXO



**Figura A.1:** Ciclos de direção para testes de emissões de eficiência de consumo

**Tabela A.1:** Quilometragem média anual em função da idade do veículo

| <i>Idade do Veículo</i> | <i>Quilometragem Média Anual</i><br>[km] |
|-------------------------|--|
| 1                       | 22.000                                   |
| 2                       | 19.000                                   |
| 3                       | 17.000                                   |
| 4                       | 15.000                                   |
| 5                       | 14.000                                   |
| 6                       | 14.000                                   |
| 7                       | 14.000                                   |
| 8                       | 13.000                                   |
| 9                       | 13.000                                   |
| 10                      | 13.000                                   |
| +11                     | 9.500                                    |

Fonte: CETESB, 1994

**Tabela A.2:** Consumo de combustível para a frota nacional de automóveis e comerciais leves em 2006.

| <b>Combustível</b>    |                      |                              |
|-----------------------|----------------------|------------------------------|
| Gasolina C            | Álcool Hidratado     | GNV                          |
| 24.007.633.479 litros | 6.186.552.816 litros | 2.920.000.000 m <sup>3</sup> |

Fonte: (ANP, 2007; IBP, 2006)

Tabela A.3.: Percentuais para a distribuição dos automóveis e comerciais leves novos por tipo de combustível para o Caso de Referência e para o Cenário 1.

| Participação nos veículos novos |            |          |       |                  |          |       |                |
|---------------------------------|------------|----------|-------|------------------|----------|-------|----------------|
|                                 | Automóveis |          |       | Comerciais Leves |          |       | Frota de Leves |
| Ano                             | Gasolina   | Flexível | AEH   | Gasolina         | Flexível | AEH   | Flexível       |
| 2007                            | 11,50%     | 88,50%   | 0,00% | 17,50%           | 57,60%   | 0,50% | 84,2%          |
| 2008                            | 11,00%     | 89,00%   | 0,00% | 16,50%           | 58,00%   | 0,00% | 84,5%          |
| 2009                            | 10,50%     | 89,50%   | 0,00% | 16,00%           | 59,00%   | 0,00% | 85,1%          |
| 2010                            | 10,00%     | 90,00%   | 0,00% | 15,50%           | 60,00%   | 0,00% | 85,7%          |
| 2011                            | 9,00%      | 91,00%   | 0,00% | 15,00%           | 61,00%   | 0,00% | 86,7%          |
| 2012                            | 8,00%      | 92,00%   | 0,00% | 14,50%           | 62,00%   | 0,00% | 87,8%          |
| 2013                            | 7,00%      | 93,00%   | 0,00% | 14,00%           | 63,00%   | 0,00% | 88,7%          |
| 2014                            | 6,00%      | 94,00%   | 0,00% | 13,50%           | 64,00%   | 0,00% | 89,7%          |
| 2015                            | 5,00%      | 95,00%   | 0,00% | 13,00%           | 65,00%   | 0,00% | 90,7%          |

Tabela A.4.: Percentuais para a distribuição das conversões para GNV dos automóveis e comerciais leves novos por tipo de combustível – Caso de Referência e Cenário 1

| Participação nos Veículos Novos |                     |                   |                |                        |                   |                |
|---------------------------------|---------------------|-------------------|----------------|------------------------|-------------------|----------------|
|                                 | Automóveis a GNV    |                   |                | Comerciais Leves a GNV |                   |                |
| Ano                             | Na Frota a Gasolina | Na Frota Flexível | Na Frota a AEH | Na Frota a Gasolina    | Na Frota Flexível | Na Frota a AEH |
| 2007                            | 54,5%               | 5,4%              | -              | 61,5%                  | 6,1%              | 98,5%          |
| 2008                            | 50,5%               | 6,4%              | -              | 57,5%                  | 7,1%              | -              |
| 2009                            | 46,5%               | 7,4%              | -              | 53,5%                  | 8,1%              | -              |
| 2010                            | 42,5%               | 8,4%              | -              | 49,5%                  | 9,1%              | -              |
| 2011                            | 39,5%               | 10,0%             | -              | 46,5%                  | 10,7%             | -              |
| 2012                            | 36,5%               | 11,6%             | -              | 43,5%                  | 12,3%             | -              |
| 2013                            | 33,5%               | 13,2%             | -              | 40,5%                  | 13,9%             | -              |
| 2014                            | 30,5%               | 14,8%             | -              | 37,5%                  | 15,5%             | -              |
| 2015                            | 27,5%               | 16,4%             | -              | 34,5%                  | 17,1%             | -              |

Tabela A.5.: Percentuais para a distribuição dos automóveis e comerciais leves novos por tipo de combustível para os Cenários 2 e 3.

| Participação nos veículos novos |            |          |       |                  |          |       |                |
|---------------------------------|------------|----------|-------|------------------|----------|-------|----------------|
|                                 | Automóveis |          |       | Comerciais Leves |          |       | Frota de Leves |
| Ano                             | Gasolina   | Flexível | AEH   | Gasolina         | Flexível | AEH   | Flexível       |
| 2007                            | 11,50%     | 88,50%   | 0,00% | 17,50%           | 57,60%   | 0,50% | 84,2%          |
| 2008                            | 9,00%      | 91,00%   | 0,00% | 16,50%           | 60,00%   | 0,00% | 86,5%          |
| 2009                            | 7,50%      | 92,50%   | 0,00% | 16,00%           | 62,00%   | 0,00% | 88,1%          |
| 2010                            | 6,00%      | 94,00%   | 0,00% | 15,50%           | 64,00%   | 0,00% | 89,7%          |
| 2011                            | 5,00%      | 95,00%   | 0,00% | 15,00%           | 66,00%   | 0,00% | 90,8%          |
| 2012                            | 4,00%      | 96,00%   | 0,00% | 14,50%           | 68,00%   | 0,00% | 92,1%          |
| 2013                            | 3,00%      | 97,00%   | 0,00% | 14,00%           | 70,00%   | 0,00% | 93,1%          |
| 2014                            | 2,00%      | 98,00%   | 0,00% | 13,50%           | 72,00%   | 0,00% | 94,3%          |
| 2015                            | 1,00%      | 99,00%   | 0,00% | 13,00%           | 74,00%   | 0,00% | 95,4%          |

Tabela A.6.: Percentuais para a distribuição das conversões para GNV dos automóveis e comerciais leves novos por tipo de combustível –Cenários 2 e 3

| Participação nos Veículos Novos |                     |                   |                |                        |                   |                |
|---------------------------------|---------------------|-------------------|----------------|------------------------|-------------------|----------------|
|                                 | Automóveis a GNV    |                   |                | Comerciais Leves a GNV |                   |                |
| Ano                             | Na Frota a Gasolina | Na Frota Flexível | Na Frota a AEH | Na Frota a Gasolina    | Na Frota Flexível | Na Frota a AEH |
| 2007                            | 54,5%               | 5,4%              | -              | 61,5%                  | 6,1%              | 98,5%          |
| 2008                            | 47,5%               | 8,0%              | -              | 54,5%                  | 8,7%              | -              |
| 2009                            | 40,5%               | 10,5%             | -              | 47,5%                  | 11,2%             | -              |
| 2010                            | 33,5%               | 13,1%             | -              | 40,5%                  | 13,8%             | -              |
| 2011                            | 27,5%               | 14,7%             | -              | 34,5%                  | 15,4%             | -              |
| 2012                            | 21,5%               | 16,3%             | -              | 28,5%                  | 17,0%             | -              |
| 2013                            | 15,5%               | 17,9%             | -              | 22,5%                  | 18,6%             | -              |
| 2014                            | 9,5%                | 19,5%             | -              | 16,5%                  | 20,2%             | -              |
| 2015                            | 3,5%                | 21,1%             | -              | 10,5%                  | 21,8%             | -              |

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)