

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARCELO IVANILDO DOS SANTOS ALVES

FONTES DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E OS DESAFIOS PARA A CADEIA
PRODUTIVA AUTOMOTIVA

CURITIBA
2011

MARCELO IVANILDO DOS SANTOS ALVES

FONTES DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E OS DESAFIOS PARA A CADEIA
PRODUTIVA AUTOMOTIVA

Dissertação apresentada ao Curso de Pós
Graduação em Ciências Econômicas do setor de
Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal
do Paraná, como requisito parcial para a obtenção
do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Mariano de Matos Macedo

CURITIBA
2011

TERMO DE APROVAÇÃO

MARCELO IVANILDO DOS SANTOS ALVES

FONTES DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E OS DESAFIOS PARA A CADEIA
PRODUTIVA AUTOMOTIVA

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Curso de Pós Graduação em Ciências Econômicas, do setor de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:

Prof. Dr. Mariano de Matos Macedo
Departamento de Economia, UFPR

Prof. Dr. Fábio Dória Scatolin
Departamento de Economia, UFPR

Prof. Dr. Luiz Alberto Esteves
Departamento de Economia, UFPR

Curitiba, 29 de março de 2011

A minha esposa Ana Amélia e minha filha Sofia, amores da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas oportunidades e experiências que tem me proporcionado.

A minha querida esposa Ana Amélia, pelo amor, apoio, dedicação e compreensão.

A minha pequena Sofia, a quem nesse período não pude ser tão dedicado.

Aos meus pais, Lazara e Ivanildo e meus sogros Lourdes e Carlos, pela confiança e palavras de apoio.

Ao professor Mariano, pela dedicação, precisão nas orientações e respeito, além da tranquilidade e confiança que me transmitiu.

Aos colegas de turma, e hoje colegas de trabalho, pelo apoio, amizade e boa companhia.

A FIEP, que, por meio de uma iniciativa ousada, porém, que se mostrou correta, me proporcionou a oportunidade dessa formação.

RESUMO

A indústria automotiva sempre esteve envolta num processo permanente de inovações e mais recentemente ela vem passando por várias e importantes mudanças. Essas mudanças decorrem de três fatores fundamentais: motivações ambientais, preço do petróleo e novos mercados.

Num cenário de aperfeiçoamento dos padrões atuais de propulsão veicular, percebe-se o surgimento de fontes de energias alternativas. Onde o etanol surge como alternativa e poderá ser adotado em determinados mercados, como o americano, por exemplo. Assim como, os veículos híbridos que podem ganhar espaço até que se defina uma solução energética definitiva, sendo promissor o padrão combustível-elétrico ou veículo elétrico com baterias recarregáveis.

A indústria automotiva no Brasil, ocupa posição de vanguarda tecnológica e industrial no que diz respeito à utilização de combustíveis alternativos, tais como o etanol e o biodiesel. Nesse sentido, uma alternativa para o Brasil seria o desenvolvimento de veículos híbridos elétricos a etanol, que reuniriam as vantagens do veículo elétrico com a possibilidade de utilização de nosso principal combustível renovável.

Nesse sentido, este trabalho analisou o surgimento de novas fontes de energias alternativas e seus impactos na cadeia produtiva automotiva.

Palavras-chave: Indústria automotiva, cadeia produtiva, energia alternativa, inovação.

ABSTRACT

The automotive industry has always been shrouded in a permanent process of innovation and more recently it has undergone several major changes. These changes result from three fundamental factors: environmental motivations, oil prices and new markets.

Against a background of improvement of current patterns of vehicle propulsion, one sees the emergence of alternative energy sources. Where ethanol is an alternative and can be adopted in certain markets like the U.S., for example. Like hybrid cars that can win space until such time as a definitive solution to the energy, and promising the standard fuel-electric vehicle with electric or rechargeable batteries.

The automotive industry in Brazil, occupies a leadership position of technological and industrial regarding the use of alternative fuels such as ethanol and biodiesel. Accordingly, an alternative to Brazil would be the development of hybrid electric vehicles on ethanol, which would bring together the advantages of electric vehicles with the usability of our main renewable fuel.

Thus, this study examined the emergence of new sources of alternative energy and its impact on the automotive supply chain.

Keywords: Automotive industry, supply chain, alternative energy, innovation.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – INVESTIMENTOS NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA BRASILEIRA - 1990 À 2009.....	27
GRÁFICO 2 – DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS UNIDADES PRODUTIVAS DAS EMPRESAS DE AUTOPEÇAS – 1999 À 2009	28
GRÁFICO 3 – EVOLUÇÃO DO SETOR AUTOMOTIVO BRASILEIRO	30
GRÁFICO 4 – BALANÇA COMERCIAL DAS MONTADORAS BRASILEIRAS	31
GRÁFICO 5 – EVOLUÇÃO DO EMPREGO NO SETOR AUTOMOTIVO BRASILEIRO	32
GRÁFICO 6 – PRODUÇÃO TOTAL DE AUTOMÓVEIS E VEÍCULOS COMERCIAIS – PARTICIPAÇÃO POR ESTADO	35
GRÁFICO 7 – EVOLUÇÃO DO EMPREGO – SETOR AUTOMOTIVO - PARANÁ.....	38
GRÁFICO 8 – PATENTES DE UM GRUPO DE MONTADORAS OBTIDAS NO USPTO, AGRUPADAS POR REGIÃO – 1990 À 2005.....	52
GRÁFICO 9 – COMPARAÇÃO DA ATIVIDADE DAS FAMÍLIAS DE PATENTES EM TECNOLOGIAS AUTOMOTIVAS AVANÇADAS	53
GRÁFICO 10 – MIX DE LICENCIAMENTO DE AUTOMÓVEIS E COMERCIAIS LEVES NO BRASIL – POR TIPO DE COMBUSTÍVEL – 2000 À 2009	64
GRÁFICO 11 – PARTICIPAÇÃO RELATIVA DOS ÓLEOS BRUTOS NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL	67

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – CADEIA PRODUTIVA AUTOMOTIVA	18
FIGURA 2 – PRINCIPAIS ENCADEAMENTOS TECNOLÓGICOS ENTRE AS DIFERENTES CATEGORIAS DE FIRMAS	50
FIGURA 3 – NOVO CONTEXTO PARA OS VEÍCULOS AUTOMOTORES	59
FIGURA 4 – DESENHO ESQUEMÁTICO DA ARQUITETURA DOS SISTEMAS TRADICIONAL E ELÉTRICO PURO	71
FIGURA 5 – DESENHO ESQUEMÁTICO DA ARQUITETURA DOS SISTEMAS HÍBRIDOS.....	75
FIGURA 6 - <i>SMART GRID</i> ESQUEMATIZADO.....	88

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – CLASSIFICAÇÃO CNAE 2.0 - INDÚSTRIA AUTOMOTIVA	19
QUADRO 2 – PLANTAS INDUSTRIAIS E PRODUTOS DAS MONTADORAS INSTALADAS NO BRASIL	29
QUADRO 3 – RELAÇÃO DE MONTADORAS INSTALADAS NA REGIÃO.....	34
QUADRO 4 – TRAJETÓRIAS TECNOLÓGICAS SETORIAIS: DETERMINANTES, DIREÇÕES E CARACTERÍSTICAS MENSURADAS	46
QUADRO 5 – SÍNTESE DE ALGUNS INCENTIVOS À ADOÇÃO DO VEÍCULO ELÉTRICO.....	86

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PRODUÇÃO DE AUTOMÓVEIS E VEÍCULOS COMERCIAIS POR ORIGEM (EM MILHARES DE UNIDADES).....	23
TABELA 2 – PRODUÇÃO DE AUTOMÓVEIS E VEÍCULOS COMERCIAIS POR FABRICANTE (EM MILHÕES DE UNIDADES).....	24
TABELA 3 – PRODUÇÃO AUTOMOTIVA POR SEGMENTO – PARANÁ – 1975 À 2009.....	35
TABELA 4 – ESTABELECIMENTOS SETOR AUTOMOTIVO – PARANÁ - 2009.....	36
TABELA 5 – PARTICIPAÇÃO VTI - SETOR AUTOMOTIVO – PARANÁ – 2000 À 2008.....	37
TABELA 6 – EMISSÕES DE CO ₂ RELACIONADAS À ENERGIA POR SETOR (MT).....	82

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 CARACTERIZAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA AUTOMOTIVA	13
2.1 DELIMITAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA AUTOMOTIVA	14
2.2 INDÚSTRIA AUTOMOTIVA MUNDIAL – PERFIL E TRANSFORMAÇÕES RECENTES	19
2.3 PERFIL DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA NACIONAL.....	25
2.4 A INDÚSTRIA AUTOMOTIVA NO ESTADO DO PARANÁ.....	32
3 INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA	39
3.1 CONCEITO DE INOVAÇÃO.....	40
3.2 PADRÕES DE INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA	42
3.2.1 Categorias das firmas e trajetórias tecnológicas	47
3.2.2 Encadeamentos tecnológicos.....	49
3.3 CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA SEGUNDO PADRÕES DE INOVAÇÃO.....	50
4 FONTES DE ENERGIAS ALTERNATIVAS – UMA TENDÊNCIA MUNDIAL	54
4.1 COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS E O AQUECIMENTO GLOBAL.....	54
4.2 INOVAÇÕES NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA – NOVAS FONTES DE ENERGIA	58
4.3 COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS	61
4.3.1 Álcool (etanol)	61
4.3.2 Sistema flex fuel	63
4.3.3 Gás natural veicular	65
4.3.4 Biodiesel.....	66
4.4 VEÍCULOS MOVIDOS A MOTORES ELÉTRICOS.....	69
4.4.1 Veículos elétricos puros	70
4.4.1.1 Veículos movidos a células de combustível (<i>fuel cell</i>).....	72
4.4.2 Veículos elétricos híbridos.....	74
5 DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A CADEIA PRODUTIVA AUTOMOTIVA	76
5.1 APERFEIÇOAMENTO CONTANTE – O CAMINHO DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA.....	78

5.2 PERSPECTIVAS E OPORTUNIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS	80
5.2.1 Fatores impulsionadores dos veículos elétricos	80
5.2.1.1 Desenvolvimento tecnológico	80
5.2.1.2 Meio ambiente	81
5.2.1.3 Energia	82
5.2.1.4 Ação governamental.....	84
5.2.2 Desafios e oportunidades	86
5.2.2.1 Infraestrutura	87
5.2.2.2 Cadeia produtiva	89
5.2.2.3 Serviços.....	90
5.2.2.4 Apoio governamental – Brasil.....	91
5.3 ETANOL E VEÍCULOS ELÉTRICOS – UMA OPORTUNIDADE PARA O BRASIL	93
6 CONCLUSÃO	95
REFERÊNCIAS.....	97

1 INTRODUÇÃO

O setor automotivo tem relevante papel na indústria em âmbito mundial. Presente em mais de 40 países, este setor contribui significativamente para o desenvolvimento da economia mundial por ser referência em inovação e intensivo em tecnologias de produção e gestão empresarial.

Em nível mundial a indústria automotiva tem seu futuro associado ao aumento da renda e do consumo das populações dos países emergentes, chamados novos mercados, para os quais a indústria deverá destinar a maior parte do aumento da sua capacidade produtiva, ao longo dos próximos anos.

A crescente preocupação com o aquecimento global é uma importante tendência que deverá reforçar a adoção, pela maioria das nações tanto desenvolvidas quanto em desenvolvimento, de medidas de combate às emissões de gases causadores de efeito estufa, resultado de legislações de controle de emissões veiculares, cada vez mais restritivas.

Outra tendência importante é a do aumento gradativo dos preços do petróleo, provocado pelo inexorável esgotamento das reservas conhecidas, associado a um significativo aumento do consumo de combustíveis fósseis nos países emergentes, que fatalmente ocorrerá caso os motores de combustão interna, movidos a gasolina e óleo diesel, continuem a ser os principais responsáveis pela propulsão dos veículos automotores (ALÉM; GIAMBIAGI, 2010).

Essas tendências sinalizam caminhos para as transformações da indústria automotiva e abrem novas perspectivas para o setor, com repercussão direta sobre as empresas instaladas no Brasil.

Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo, abordar o surgimento de fontes de energias alternativas bem como os impactos desse movimento na cadeia produtiva automotiva, em nível mundial e principalmente no Brasil. Tendo como referências, a estrutura industrial da cadeia automotiva, sua dinâmica inovativa e também sua importância nas economias dos países em todo o mundo.

Para tanto, a metodologia empregada consiste na análise teórica das novas fontes de energias alternativas – seu surgimento e nível de desenvolvimento, assim como a dinâmica atual da indústria automotiva – sua capacidade tecnológica e motivação para mudança, isso à luz das teorias de inovação aplicadas ao setor automotivo. Antes, porém, foi realizada uma análise da cadeia produtiva automotiva,

utilizando para tal, dados secundários disponíveis. O arcabouço teórico juntamente com os elementos empíricos utilizados formam a base analítica desse trabalho.

Este trabalho está estruturado em quatro capítulos, além dessa introdução, denominada capítulo 1 e da conclusão, denominada capítulo 6. No capítulo 2 é realizada uma caracterização da cadeia produtiva automotiva, a fim de mostrar seu funcionamento e seu *status* atual. Para tanto, primeiramente é mostrada a estrutura e delimitação da cadeia produtiva, em seguida é realizada uma análise da indústria automotiva nos níveis mundial, brasileiro e paranaense, com isso pretende-se balizar o entendimento e as análises acerca do tema principal do trabalho.

O capítulo 3 apresenta uma revisão teórica acerca da inovação na cadeia produtiva automotiva, inicialmente são apresentados alguns conceitos de inovação, em seguida são abordadas as correntes teóricas sobre inovação com especial destaque para a teoria de Pavitt, com vistas à indústria automotiva e por fim é mostrado como a inovação influencia a dinâmica do setor automotivo.

O capítulo 4 apresenta uma trajetória dos combustíveis fósseis e os motivos que levaram à busca de fontes de energias alternativas para os veículos, além disso, serão detalhadas quais as fontes de energias mais relevantes e seus níveis de desenvolvimento, será mostrada ainda a viabilidade do uso dessas fontes de energias.

Já o capítulo 5 apresenta as iniciativas, desafios e oportunidades para a cadeia produtiva automotiva diante de um cenário de mudança do padrão de propulsão veicular, principalmente no desenvolvimento de tecnologias que viabilizem o uso e a difusão de veículos elétricos (puros e híbridos), assim como as oportunidades para o Brasil, dentro deste cenário.

Por fim, no capítulo 6, são apresentadas as conclusões deste trabalho.

2 CARACTERIZAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA AUTOMOTIVA

A indústria automotiva é caracterizada pela produção de diversos tipos de veículos terrestres, atuando nos segmentos de automóveis de passeio, veículos comerciais leves, utilitários, caminhos e ônibus. Existindo ainda a comercialização de veículos acabados e desmontados (CKD). Quanto ao segmento de atuação no mercado, existem empresas especializadas na produção de apenas um tipo de produto e outras que operam em mais de um segmento. Segundo Costa (2008), é importante observar que as empresas costumam possuir plantas distintas para a fabricação de cada linha de produtos.

Outra parte importante da cadeia produtiva automotiva é a indústria de autopeças. Ela é marcada por grande heterogeneidade entre as firmas. Existem empresas de grande, médio e pequeno porte atuando nesse mercado. Em especial, as maiores dentre elas frequentemente possuem avançada tecnologia de produção e produtos com padrão de qualidade superior, possuindo contratos de exclusividade de fornecimento para as montadoras.

A reputação de qualidade e de maior capacitação tecnológica desenvolvida por essas empresas é um fator importante na decisão de compra de produtos pelos fabricantes de automóveis. Assim, conforme Costa (2008), as montadoras segmentam seus fornecedores em, primeiro, segundo e terceiro nível, conforme as capacitações produtivas e tecnológicas desenvolvidas por estes, bem como, pela reputação construída e estabelecida ao longo do tempo. Além disso, dada a complexidade de partes e componentes dos automóveis, o número de fornecedores por tipo de peça é pequeno. Com isso, as grandes empresas fabricantes de autopeças acabam possuindo uma maior vantagem competitiva e acompanhando as decisões das montadoras de diversificar mercados, atuando como transnacionais instalando plantas produtivas em diversos países, seja via investimento direto ou via aquisição de empresas locais.

Além dos elos descritos acima, compõem a cadeia produtiva automotiva, diversos outros elos que serão abordados a seguir. Nesse capítulo será realizada ainda uma caracterização da cadeia produtiva automotiva em nível mundial, nacional e regional. Espera-se com isso traçar um panorama dessa cadeia produtiva mostrando de maneira ampla o funcionamento, a organização e os pontos mais relevantes desse segmento produtivo tão importante para a economia mundial.

2.1 DELIMITAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA AUTOMOTIVA

O setor automotivo compreende a indústria da manufatura de veículos leves, camionetas e utilitários, caminhões e ônibus, autopeças e diversos outros produtos e serviços que compõem os elos da cadeia produtiva automotiva. Ele está presente em mais de 40 países, e é um dos setores que mais contribuem para o desenvolvimento da economia mundial (ODI, 2008, p. 2). Além disso, é um dos maiores consumidores de matérias primas como aço, alumínio, vidro, plástico, entre outras, contribuindo diretamente para o desenvolvimento tecnológico dessas indústrias.

No Brasil, o setor automotivo tem papel de destaque e é considerado um dos segmentos mais importantes da economia. Ele vem se desenvolvendo ao longo das últimas décadas, alcançando volumes significativos de produção e vendas. No Paraná, nos últimos anos, o setor automotivo vem se fortalecendo e, atualmente, constitui-se num dos principais pólos do país.

De acordo com MDIC (2009), ao analisarmos a cadeia produtiva automotiva, percebemos que existem elos dinâmicos dedicados inteiramente à cadeia, elos que fornecem somente parte de sua produção à cadeia, assim como elos que fornecem apenas pequena parcela de componentes à cadeia produtiva automotiva, mas que perpassam toda ela, assim:

- a) Elos exclusivos da cadeia produtiva automotiva:
 - i) Fornecedores de autopeças e sistemas - Representam um dos mais importantes elos da cadeia produtiva. Eles são responsáveis pela produção de peças, partes e componentes destinados à montagem dos veículos e a reparação dos mesmos. Conforme citado anteriormente, estão estruturados em três níveis de fornecimento em relação às montadoras. O 1º nível é caracterizado pelo fornecimento direto à montadora e é formado, principalmente, por grandes empresas globais, na maioria controladas por capital estrangeiro; o 2º nível é formado por fornecedores de componentes e alguns sistemas, módulos e subconjuntos e é constituído, em sua maioria, por empresas de médio e pequeno porte; e o 3º nível é

formado por pequenas e médias empresas e por fornecedores de produtos para as empresas do 1º e 2º nível;

- ii) Montadoras de veículos - Principal elo da cadeia compreende a montagem do veículo propriamente dito, abrangendo de forma genérica os sistemas integrados de linha de montagem final do veículo, sistema estrutural de montagem da carroceria, pintura, estamparia, teste final, teste de direção, entre outros;
- iii) Comercialização de peças e componentes (distribuição e varejo) - Comércio de peças e componentes automotivos destinados ao suprimento dos serviços de reparação independentes, responsáveis pela assistência não autorizada;
- iv) Importação/exportação de autopeças, componentes e sistemas - Comercialização internacional de peças e componentes automotivos que integrarão os veículos produzidos no Brasil e/ou no exterior;
- v) Importação/exportação de veículos - Comercialização internacional de veículos produzidos no Brasil e/ou no exterior;
- vi) Revenda de veículos/concessionárias - Corresponde a todas as concessionárias autorizadas representantes das montadoras e empresas independentes que comercializam veículos novos e usados.
- vii) Serviços de reparação - É o último elo da cadeia produtiva e o que tem contato mais freqüente e direto com o consumidor final. É caracterizado pelos diversos tipos de serviços de reparação (mecânica; autoelétrica; lataria, funilaria e pintura; borracharia; balanceamento, geometria e cambagem; instalação de peças e acessórios; instalação de GNV; retífica de motores e centros automotivos), garantindo a manutenção e a vida útil dos veículos.

Necessita ser extremamente capacitado e ágil, adaptando-se rapidamente às mudanças tecnológicas que ocorrem com frequência na cadeia produtiva.

b) Elos que produzem insumos básicos para a cadeia produtiva automotiva, assim como para outras cadeias:

i) Insumos básicos – Reúnem os processos das principais matérias-primas utilizadas na fabricação das autopeças e componentes (produtos metalúrgicos, químicos, borrachas, vidros, não metálicos e madeiras).

c) Elos em que partes significativas de suas produções são destinadas à cadeia produtiva automotiva:

i) Eletroeletrônicos – Responsável pela fabricação dos componentes eletroeletrônicos utilizados na montagem dos veículos automotores;

ii) Plásticos – Elo responsável pela fabricação dos componentes plásticos utilizados na montagem dos veículos automotores, item cada vez mais importante no segmento;

iii) Seguradoras – Elo responsável pela atividade de seguro para veículos. Exerce influência na dinâmica do elo de serviços de reparação;

iv) Bancos/financeiras – Elo responsável pela atividade de financiamento de veículos. Exerce influencia na dinâmica de vendas da cadeia produtiva.

d) Elos que perpassam toda ou quase toda a cadeia produtiva automotiva:

i) Máquinas e equipamentos (bens de capital) – Reúne a fabricação de máquinas/ferramentas para o processamento de insumos

básicos, fabricação de peças e atividades de montagem de peças e sistemas. Engloba também as atividades de manutenção de máquinas e equipamentos para a indústria automotiva;

- ii) Logística e serviços – Responsável pelo suprimento de insumos, peças e componentes, sistemas, veículos e suas logísticas de transporte e armazenagem, entre outros serviços.

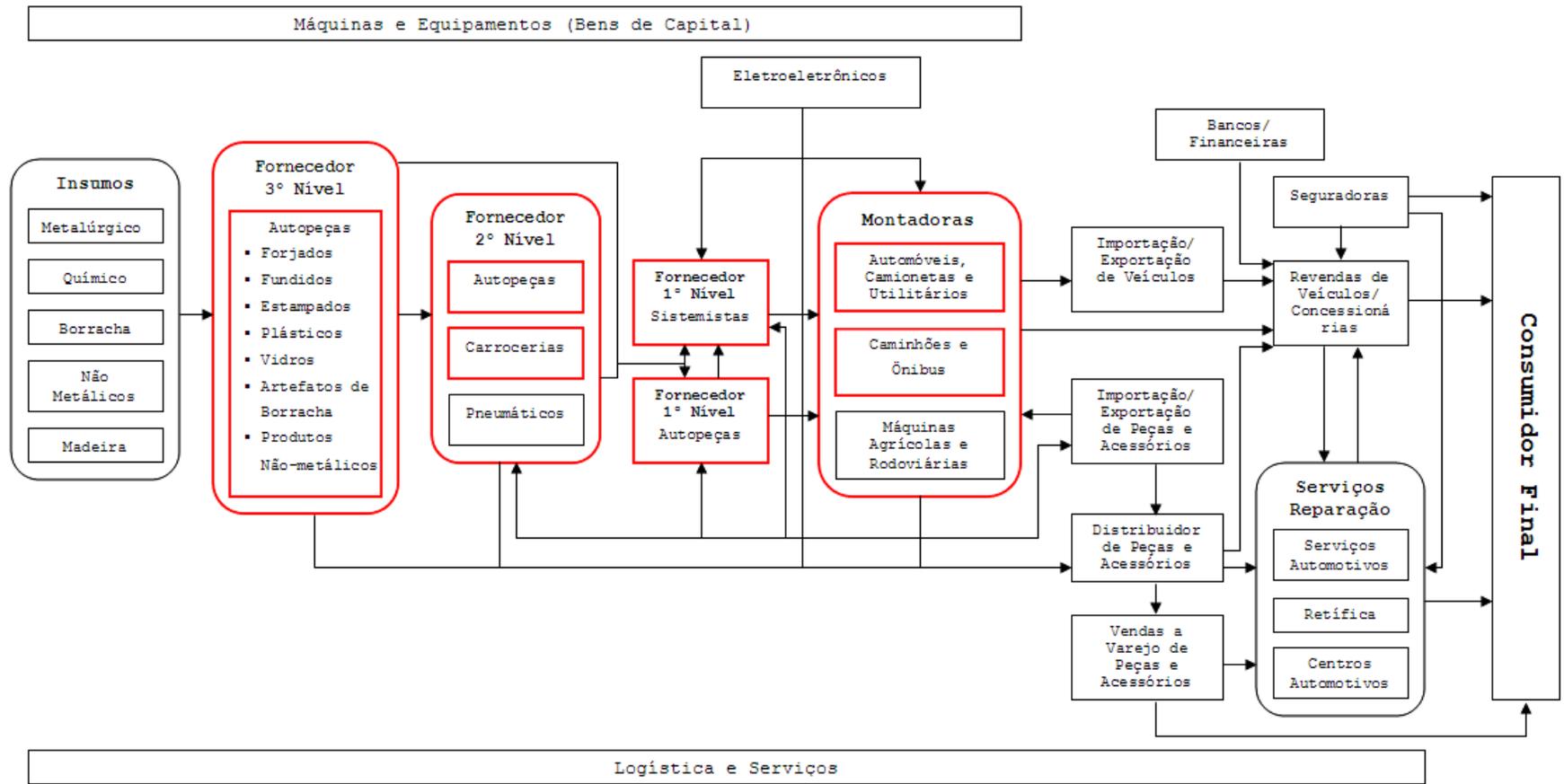


FIGURA 1 – CADEIA PRODUTIVA AUTOMOTIVA¹

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA COM BASE EM MDIC (2009) E ODI (2008).

¹ Em destaque encontram-se os elos industriais exclusivos da cadeia produtiva automotiva.

A figura 1 acima apresenta o fluxograma da cadeia produtiva automotiva, com destaque para seus elos industriais exclusivos (indústria automotiva). Com base nessa delimitação foram classificados os setores industriais conforme a Classificação Nacional da Atividade Econômica – CNAE, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, conforme quadro 1 abaixo:

SEÇÃO C	INDÚSTRIAS DE TRANSFORMAÇÃO
Divisão 29	Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias
Grupo 291	Fabricação de automóveis, camionetas e utilitários
Classe 2910-7	Fabricação de automóveis, camionetas e utilitários
Grupo 292	Fabricação de caminhões e ônibus
Classe 2920-4	Fabricação de caminhões e ônibus
Grupo 293	Fabricação de cabines, carrocerias e reboques para veículos automotores
Classe 2930-1	Fabricação de cabines, carrocerias e reboques para veículos automotores
Grupo 294	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores
Classe 2941-7	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores
Classe 2942-5	Fabricação de peças e acessórios para o sistema de marcha e transmissão de veículos
Classe 2943-3	Fabricação de peças e acessórios para o sistema de freios de veículos automotores
Classe 2944-1	Fabricação de peças e acessórios para o sistema de direção e suspensão de veículos
Classe 2945-0	Fabricação de material elétrico e eletrônico para veículos automotores, exceto baterias
Classe 2949-2	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores não especificados anteriormente

QUADRO 1 – CLASSIFICAÇÃO CNAE 2.0 - INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA COM BASE EM CNAE/COMISSÃO NACIONAL DE CLASSIFICAÇÕES - CONCLA

2.2 INDÚSTRIA AUTOMOTIVA MUNDIAL – PERFIL E TRANSFORMAÇÕES RECENTES

A indústria automotiva mundial pode ser caracterizada como sendo um oligopólio diferenciado-concentrado² (HAGUENAUER, 2001; COSTA, 2008; CASOTTI; GOLDENSTEIN, 2008; IPARDES, 2005). As razões que explicam essa formação estrutural são variadas. A primeira delas, de acordo com Costa (2008), é a

² O oligopólio diferenciado-concentrado ou misto foi caracterizado originalmente por Sylos-Labini e tem como característica proeminente, combinar elementos do oligopólio diferenciado e do oligopólio concentrado. Essa fusão resulta de diferenciação de produtos como forma de competição por excelência, ao lado dos requisitos de escala mínima eficiente associados, em maior ou menor grau, à produção dos bens duráveis de consumo que configuram este tipo de mercado. Como resultado, os índices de concentração destes mercados são em geral mais elevados que no oligopólio diferenciado, podendo atingir a mesma ordem de grandeza dos de oligopólio concentrado, embora os coeficientes de capital sejam em média inferiores aos deste último (POSSAS, 1985, p. 189).

presença de economias de escala, entendidas como sendo obtidas pela redução dos custos fixos em função de um maior volume de produção e vendas. Dentre os principais custos fixos na indústria estão os gastos com P&D em novos produtos, propaganda, custos de *set up* (moldes de veículos, ajustamento de maquinário e outros), custos de aquisição de máquinas, equipamentos, gastos com a montagem da infra-estrutura produtiva entre outros.

Ao longo de sua história, a indústria automotiva, experimentou vários modelos de produção, destes os predominantes são o fordismo e o toyotismo. Desde a fundação da Ford, no início do século XX, o modelo de produção dominante foi o fordismo, que era orientado a um mercado em expansão através da oferta de um produto nada diferenciado, sendo o baixo preço o principal atrativo para o consumidor. Além disso, segundo IPARDES (2005), a Ford também adotou a estratégia da integração vertical ao controlar várias atividades da cadeia produtiva do automóvel, tais como a fundição do aço, o fornecimento dos pneus e vidros (atividades a montante), e os canais de distribuição, ao possuir vários navios que faziam a exportação de seus veículos (atividades a jusante). Este modelo serviu como referencial para vários fabricantes de automóveis no mundo até as décadas de 1960/1970, quando em função do maior grau de competitividade das empresas automotivas japonesas, ele começou a ser questionado.

Novos padrões de concorrência foram impostos, com base na qualidade e na diferenciação de produtos, que se tornaram indicadores de competitividade tão importantes quanto o preço do automóvel. A partir de então, intensificaram-se as relações entre países para a comercialização dos veículos, facilitadas pelos avanços tecnológicos e novas políticas comerciais. Neste período, a indústria automotiva viveu sua época de ouro, pois a produção triplicou para alcançar o patamar de 30 milhões de unidades anuais (TIGRE *et al*, 1999).

Segundo IPARDES (2005), se tomarmos como base a dinâmica do mercado de automóveis nas últimas décadas, inicialmente nos anos de 1950, perceberemos uma pequena expansão acumulada, em torno de 21,4%. Já, nos anos de 1960, a expansão foi maior, em torno de 71,7%, em função do crescimento do mercado europeu, dos EUA e do Japão. No final dos anos de 1970, a indústria se mostrava madura tanto em termos de produtos quanto em processo, os principais mercados encontravam-se saturados e a demanda crescia lentamente em comparação com os desempenhos anteriores (em torno de 19%). No entanto, a demanda nos mercados

dos países em desenvolvimento crescia mais, apesar de ser pouco significativa na participação do mercado mundial. Junto a estes aspectos, a indústria enfrentou mais dois problemas: a elevação do preço do petróleo e a internacionalização das empresas japonesas, que procuravam se inserir e consolidar sua participação no oligopólio internacional. Nesta década, segundo IPARDES (2005), a estrutura de mercado já se caracterizava pela formação de oligopólios internacionalizados: por um lado, pela liderança de três grandes montadoras norte-americanas (Ford, General Motors e Chrysler) e, por outro, pelo crescimento de empresas européias (Volkswagen, Fiat, Renault, entre outras).

A partir de 1983, o retorno do crescimento do mercado de automóveis nos países desenvolvidos impulsionou o incremento na produção mundial e o desenvolvimento de novos produtos. A produção nos vinte principais países produtores aumentou de 30 milhões de unidades, em 1983, para 36 milhões em 1990 (TIGRE *et al*, 1999). A partir da segunda metade da década de 1980, as empresas japonesas tiveram dois empecilhos nas suas exportações para o mercado norte-americano: a instabilidade cambial (o iene se valorizou ante o dólar) e as restrições protecionistas.

Os Estados Unidos impuseram restrições quantitativas às importações de automóveis japoneses. Em contrapartida, as empresas japonesas instalaram várias plantas nos EUA, Canadá e México. No final da década de 1990, as empresas japonesas tinham uma capacidade de produção de 1,3 milhão de unidades anuais somente no mercado norte-americano. Como as empresas européias não tinham condições financeiras para competir no mercado norte-americano, optaram por se concentrar e defender seus mercados domésticos. As empresas japonesas também tentaram superar as barreiras comerciais da Comunidade Econômica Européia (CEE). Aproveitaram a valorização do iene em relação às moedas européias e instalaram várias unidades na Europa: no Reino Unido (Honda, em 1981, Suzuki e Isuzu, em 1986, e Nissan, em 1988) e na Espanha (Nissan, em 1983, e Suzuki, em 1985). A partir da reativação do mercado e da competição em nível mundial, as inovações tecnológicas, organizacionais e comerciais consistiram no principal vetor das estratégias das empresas montadoras.

Em relação às inovações tecnológicas, IPARDES (2005), mostra que diversos produtos passaram a ter um ciclo de vida menor, com isso vários produtos tiveram lançamentos no mercado em prazos menores. Dispositivos eletrônicos

começaram a ser incorporados (eletrônica embarcada), assim como componentes mais leves tais como o plástico e o alumínio. Também foram introduzidos critérios mais rigorosos para a segurança dos passageiros, redução dos poluentes e melhora no desempenho e rendimento das fontes de energia. O fato é que todas estas mudanças buscavam atender às necessidades dos clientes.

Nesse sentido, afirmam Além e Giambiagi (2010):

A saturação dos mercados tradicionais e o crescimento das economias dos países emergentes estimularam um processo de reorganização da indústria automotiva, no início da década de 1990. As firmas passaram a investir em diferenciação de produtos e internacionalização da produção. Além da implantação de unidades fabris, a busca por novos mercados envolveu investimentos significativos em engenharia para o desenvolvimento de novos produtos. (ALÉM; GIAMBIAGI, 2010, p. 262).

Em um contexto de acirramento da concorrência, o processo produtivo também sofreu transformações significativas em busca de maior eficiência. As unidades produtivas passaram a atuar sob o regime de produção enxuta, e algumas montadoras se organizaram em consórcios modulares. Em linhas gerais, buscou-se a flexibilização da produção e a aproximação das linhas de produtos das filiais e subsidiárias a um padrão mundial. A introdução do conceito de carros regionais com plataformas compartilhadas foi essencial nesse processo, pois possibilitou a adoção de peças comuns em escala global, a promoção de ganhos de escala e maior eficiência produtiva.

A maior abertura comercial, decorrente da constituição de blocos e de acordos regionais, aprofundou as transformações em curso, ao facilitar o acesso a diferentes mercados. No entanto, o alcance da atividade exportadora da indústria automotiva é limitado por diversos fatores, entre os quais a persistência de elevadas barreiras comerciais. Nesse sentido, a indústria automotiva também enfrenta barreiras não tarifárias, relacionadas, principalmente, à regulamentação ambiental e de segurança.

A produção da indústria automotiva, conforme afirmam Além e Giambiagi (2010), precisa atender a padrões específicos de cada mercado, determinados por regulamentações, estrutura socioeconômica e aspectos culturais. Os custos logísticos e diversos fatores produtivos, tais como a possibilidade de obter maior controle da qualidade da matéria-prima e de implantar produção *just-in-time*, ampliam a competitividade das empresas instaladas próximas aos mercados

consumidores. Assim, paradoxalmente, apesar da maior integração produtiva global, a atuação das montadoras assume, cada vez mais, um caráter regional.

TABELA 1 – PRODUÇÃO DE AUTOMÓVEIS E VEÍCULOS COMERCIAIS POR ORIGEM (EM MILHARES DE UNIDADES)

PAÍS	1981	1991	2001	2009	PARTICIPAÇÃO % 2009
CHINA	n.d.	709	2.332	13.791	22,35%
JAPÃO	11.180	13.245	9.777	7.935	12,86%
ESTADOS UNIDOS	7.943	8.811	11.425	5.709	9,25%
ALEMANHA	4.116	5.035	5.692	5.210	8,44%
CORÉIA DO SUL	134	1.498	2.946	3.513	5,69%
BRASIL	780	960	1.798	3.183	5,16%
ÍNDIA	149	355	825	2.633	4,27%
FRANÇA	3.020	3.611	3.628	2.048	3,32%
MÉXICO	597	989	1.857	1.561	2,53%
REINO UNIDO	1.185	1.454	1.685	1.090	1,77%
ARGENTINA	172	139	236	513	0,83%
DEMAIS PAÍSES	7.860	10.477	14.124	14.530	23,54%
TOTAL	37.136	47.283	56.325	61.715	100,00%

FONTES: ELABORAÇÃO PRÓPRIA COM BASE EM ORGANISATION INTERNATIONALE DES CONSTRUCTEURS D'AUTOMOBILES - OICA

Ainda segundo, Além e Giambiagi (2010), a saturação dos mercados maduros deslocou o eixo dinâmico da indústria automotiva para os países emergentes, que receberam grandes investimentos das montadoras. Acompanhando esse processo de crescimento, como mostrado na tabela 1, novos grupos industriais surgiram e desenvolveram-se nos países emergentes. Os fabricantes sul-coreanos passaram a desempenhar um papel relevante na produção de veículos automotores e, depois de um processo acelerado de absorção de tecnologia por meio da formação de *joint-ventures*³ com as principais empresas mundiais, diversas empresas chinesas despontaram como possíveis *players* globais, mediante o aumento gradativo da sua capacitação de engenharia e do domínio de modernos processos de produção, apoiados numa estrutura produtiva que ainda se caracteriza por grande disponibilidade de mão de obra de baixo custo.

³ Associação de duas ou mais empresas a fim de criar ou desenvolver uma atividade econômica (TAVOLARO, 2001)

A despeito do crescimento recente das empresas localizadas em países emergentes, nove das dez maiores montadoras mundiais de veículos automotores ainda estão sediadas na Europa, nos Estados Unidos e no Japão, com base na produção de veículos do ano de 2009, conforme pode ser verificado na tabela 2. A crise acelerou as mudanças em curso e explicitou a necessidade de adaptações frente ao novo cenário. Assim, como afirmam Além e Giambiagi (2010), espera-se que esse processo de transformação envolva grandes mudanças no setor automotivo mundial, onde empresas sediadas em mercados emergentes poderão ascender à posição de líderes globais.

TABELA 2 – PRODUÇÃO DE AUTOMÓVEIS E VEÍCULOS COMERCIAIS POR FABRICANTE (EM MILHÕES DE UNIDADES)

EMPRESA	ORIGEM	ANO 2009	EMPRESA	ORIGEM	ANO 1999
1 TOYOTA	JAPÃO	7.234	GM	EUA	8.421
2 GM	EUA	6.459	FORD	EUA	6.638
3 VOLKSWAGEM	ALEMANHA	6.067	TOYOTA-DAIHATSU	JAPÃO	5.462
4 FORD	EUA	4.685	DAIMLER CHRYLER	EUA	4.828
5 HYUNDAI	CORÉIA DO SUL	4.645	VOLKSWAGEM	ALEMANHA	4.784
6 PSA	FRANÇA	3.042	FIAT	ITALIA	2.631
7 HONDA	JAPÃO	3.012	PSA PEUGEOT CITROEN	FRANÇA	2.515
8 NISSAN	JAPÃO	2.744	NISSAN	JAPÃO	2.455
9 FIAT	ITÁLIA	2.460	HONDA	JAPÃO	2.425
10 SUZUKI	JAPÃO	2.387	RENAULT	FRANÇA	2.347
PARTICIPAÇÃO DAS EMPRESAS CHINESAS ENTRE AS 35 MAIORES		6,89%	PARTICIPAÇÃO DAS EMPRESAS CHINESAS ENTRE AS 35 MAIORES		1,29%

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA COM BASE EM OICA

Atualmente, o mercado automotivo apresenta grande concorrência em função de sua saturação e maturidade, o que faz com que as grandes empresas busquem novas oportunidades de crescimento e lucro. Entre as principais estratégias adotadas por essas empresas, pode-se destacar a diferenciação de produtos, associações, alianças e, principalmente, a internacionalização de suas atividades.

Nesse sentido, pode-se afirmar que a indústria automotiva vem passando por um processo de aquisições parciais e totais, o que tem reconfigurado o controle de grandes grupos. Segundo IPARDES (2005), nos últimos anos, as montadoras americanas adquiriram participação no capital de empresas asiáticas e européias, enquanto as européias investiram na própria região, e as japonesas e coreanas realizaram operações em novas unidades na Europa e nos EUA. Por outro lado, as

empresas também vem se associando a fim de desenvolverem novos motores com maior eficiência e menos poluentes. Entre as pesquisas conjuntas, podem ser citadas a da Ford e PSA (motores diesel), General Motors e Toyota (células de combustível) e Daimler Chrysler e Ford (células de combustível), entre outras. Além disso, atualmente quase todas as grandes montadoras estão desenvolvendo projetos de veículos movidos a energias alternativas, principalmente elétricos, que vem se tornando cada dia mais viável técnica e comercialmente. Esses movimentos de fusão possibilitam maior escala e presença global, o que acaba facilitando a entrada de grandes grupos em mercados potenciais como é o caso brasileiro.

2.3 PERFIL DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA NACIONAL

As atividades produtivas da indústria automotiva se iniciaram no Brasil na década de 1950, a partir dos incentivos concedidos pelo governo federal para a criação do setor em nível nacional. Segundo IPARDES (2005), nesse período, onze empresas montadoras se instalaram no país. A produção nacional foi de 1.166 unidades de veículos em 1957, crescendo rapidamente até 1959 para 14.495 unidades. A dinâmica se manteve nos anos 1960, quando se iniciaram os primeiros lotes de exportação. Nos anos 1970, o país aumentou consideravelmente sua participação no mercado internacional alcançando, na década seguinte, o seu topo de produção. O período 1960-80 se caracterizou, portanto, pelo crescimento da produção nacional.

Durante os anos 1980, houve alternância entre crescimento e estagnação nas vendas, produção, emprego e investimentos. Em 1981, ocorreu forte declínio na produção, com redução de 37% em relação ao ano anterior. Desse ano até 1984 houve grande retração na produção nacional, e a capacidade ociosa chegou a 27% (TIGRE *et al.*, 1999). Para contornar a situação, durante a década de 1980 foram feitos investimentos em processos e produtos e desenvolvidos novos modelos. Também foram automatizadas algumas linhas de montagem (robotização de solda e pintura).

Apesar dessas iniciativas, segundo IPARDES (2005), os modelos dos produtos e as plantas industriais brasileiras ainda eram antiquados em relação aos produtos comercializados no mercado internacional. No final dos anos 1980, a idade média dos automóveis brasileiros era quatro vezes superior à dos modelos

produzidos nos países desenvolvidos, e a quantidade equivalente de robôs era de 0,2% em relação às empresas japonesas (TIGRE *et al.*, 1999). A década de 1980, portanto, pode ser caracterizada como um período de grande instabilidade. A escassez do petróleo também contribuiu para acentuar o período de crise. Em contrapartida, o governo brasileiro incentivou e pressionou a Petrobrás para desenvolver um novo combustível totalmente nacional durante esta época. O resultado do esforço foi o desenvolvimento de um combustível alternativo, o álcool.

No início da década de 1990, segundo Costa (2008), Fonseca, Souza e Schneider (2009), a indústria automotiva passou a simbolizar o atraso tecnológico de certos segmentos industriais brasileiros. As vendas de automóveis, ainda em patamares próximos aos observados na década de 1970, reforçavam a percepção de estagnação do setor no Brasil. O setor voltou a ultrapassar a marca de 1 milhão de unidades vendidas, que já havia sido superada em 1979, somente em 1993. Desde então, a indústria automotiva nacional vem sofrendo transformações estruturais, resultantes da interação das mudanças em nível global com os fatores locais.

Conforme IPARDES (2005), na década de 1990, com a implantação do Plano Real, o cenário macroeconômico do país esteve centrado numa política de abertura comercial e num programa de estabilização com âncora cambial. Nesse caso, tanto a política monetária quanto a política fiscal estiveram voltadas à manutenção das taxas de câmbio, à estabilidade do real e ao estoque de divisas. Paralelamente a isso, foi implementado no país uma receita de cunho neoliberal privatizando empresas estatais e atraindo capital privado multinacional para a economia nacional.

Em decorrência das fusões e aquisições de empresas nacionais com as multinacionais, as importações foram ampliadas em função da intensificação do comércio intra-firmas. Assim, o parque produtivo nacional foi desnacionalizado. No caso específico do setor automotivo, uma série de empresas multinacionais decidiu investir no Brasil, em função da estabilidade monetária e da consolidação do mercado (TIGRE *et al.*, 1999). Assim, a abertura econômica e a implantação de políticas industriais modificaram o cenário do setor automotivo nacional, trazendo uma série de mudanças quantitativas e qualitativas para a indústria nacional.

A Constituição do Mercosul favoreceu a interação da produção de veículos no Brasil e na Argentina, e ainda ampliou o mercado sub-regional. Com isso, uma série de empresas montadoras se interessou em investir no Brasil (IPARDES, 2005).

A abertura comercial, o fim do ambiente protecionista e o regime automotivo, favoreceram a modernização dos modelos fabricados no Brasil (IPARDES, 2005). Diversas montadoras instalaram-se no Brasil, e as empresas já instaladas abriram novas plantas e modernizaram as unidades existentes. Com isso novos modelos passaram a ser fabricados no país. Esse ciclo de investimentos – cujo montante foi estimado, para o período 1991-2001, em cerca de US\$ 17 bilhões nas montadoras e de US\$ 12 bilhões nos fabricantes de autopeças – elevou a capacidade produtiva instalada no país para cerca de 3 milhões de veículos por ano (CASOTTI; GOLDENSTEIN, 2008; ALÉM; GIAMBIAGI, 2010).

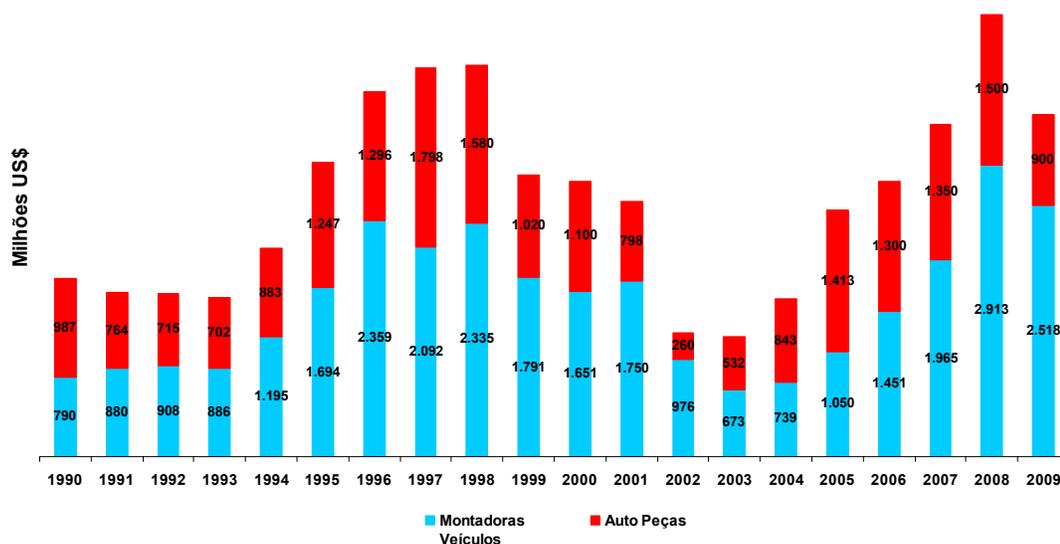


GRÁFICO 1 – INVESTIMENTOS NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA BRASILEIRA - 1990 À 2009

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA COM BASE EM ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – ANFAVEA

A estrutura da cadeia produtiva automotiva também refletiu as transformações em curso na indústria. Segundo Além e Giambiagi (2010), as mudanças nos processos produtivos, em particular a maior descentralização da manufatura, fortaleceram uma categoria especial de fornecedores: os *sistemistas*, responsáveis

pela produção de componentes mais complexos e de sistemas completos⁴. Os elevados custos envolvidos na capacitação das empresas (que se tornou fundamental quando o mercado de componentes teve sua proteção reduzida) favoreceram um movimento de reestruturação patrimonial caracterizado por fusões e aquisições que ampliaram a participação de empresas estrangeiras. Desse processo, emergiu um setor fabricante de autopeças mais concentrado e desnacionalizado.

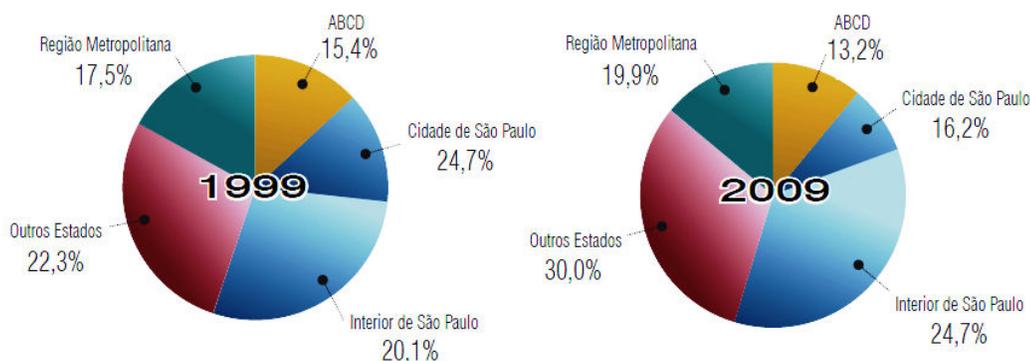


GRÁFICO 2 – DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS UNIDADES PRODUTIVAS DAS EMPRESAS DE AUTOPEÇAS – 1999 À 2009

FONTE: SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE COMPONENTES PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES - SINDIPEÇAS

Com os novos investimentos, tanto em termos de abertura de novas plantas como de modernização das já existentes, em 1997, o setor automotivo bateu todos os recordes de vendas e produção, apesar de ter sofrido com a crise asiática do final desse ano. No ano seguinte, com a moratória russa, o setor também sofreu forte retração nas vendas e produção, com resultados comparáveis aos de 1994. Apesar de o volume de vendas e produção, caírem, as importações continuaram aumentando em função das estratégias das empresas instaladas no Brasil, de racionamento de suas plantas e complemento de suas linhas para atender o Mercosul (IPARDES, 2005). No limiar do século XXI, o Brasil detinha um parque industrial automotivo diversificado na montagem, mais concentrado na cadeia de fornecimento, relativamente desconcentrado espacialmente e com grande capacidade ociosa.

⁴ *Powertrain* (motores e transmissões), *cockpit* (painel de instrumentos), *front end* (para-choque, grades, faróis), etc.

A maioria das unidades produtivas das empresas automotivas está localizada nas regiões Sudeste e Sul do país. São 45 unidades produtivas de 24 montadoras atuantes, conforme quadro 2 abaixo. O Brasil conta com plantas montadoras da maioria dos modelos de autoveículos produzidos internacionalmente, com exceção das categorias de auto padrão, que são importados (IPARDES, 2005).

EMPRESAS	UNIDADES INDUSTRIAIS / OUTRAS	PRODUTOS / SERVIÇOS
AGCO	Canoas - RS Santa Rosa - RS Ibirubá - RS Jundiá - SP	Tratores de rodas, retroscavadeiras Colheitadeiras, plataformas de corte Plantadeiras, semeadeiras, plataformas de milho (Sfil) Centro de distribuição de peças
Agrale	Caxias do Sul - RS Caxias do Sul - RS Caxias do Sul - RS Caxias do Sul - RS (Agrale Montadora) ¹	Tratores de rodas, motores, beneficiamento de componentes Comerciais leves, caminhões, ônibus Componentes automotivos Caminhões International (montagem)
Caterpillar	Piracicaba - SP	Tratores de esteiras, motoniveladoras, compactadores, escavadeiras hidráulicas, retroscavadeiras, carregadeiras de rodas, geradores de energia elétrica, carregadeiras subterrâneas
CNH	Curitiba - PR (Case IH, New Holland) Piracicaba - SP (Case IH) Contagem - MG (Case CE, New Holland) ² Sorocaba - SP (Case CE e Case IH)	Tratores de rodas, colheitadeiras Colheitadeiras, plantadeiras, pulverizadores Retroscavadeiras, pás-carregadeiras, motoniveladoras, tratores de esteiras, escavadeiras hidráulicas Máquinas agrícolas e de construção, componentes, centro de distribuição de peças
Fiat	Betim - MG Betim - MG Campo Largo - PR	Automóveis, comerciais leves Motores Motores ³
Ford	Camagari - BA Horizonte - CE São Bernardo do Campo - SP Taubaté - SP Tatuí - SP	Automóveis, comerciais leves Comerciais leves (Troller) ⁴ Automóveis, comerciais leves, caminhões Componentes, motores, transmissões Campo de provas
General Motors	São Caetano do Sul - SP São José dos Campos - SP Mogi das Cruzes - SP Gravatá - RS Indaiatuba - SP Sorocaba - SP Porto de Suape - PE	Automóveis, comerciais leves Automóveis, comerciais leves, fundição, preparação de CKD para exportação, motores e transmissões Componentes estampados, centro de distribuição de peças Automóveis Campo de provas (Cruz Alta) Centro de distribuição de peças Centro Logístico de Distribuição de Veículos
Honda	Sumaré - SP	Automóveis
Hyundai CAO	Anápolis - GO	Comerciais leves
International	Caxias do Sul - RS ¹	Caminhões
Iveco	Sete Lagoas - MG	Comerciais leves, caminhões, ônibus, motores
John Deere	Horizontina - RS Catalão - GO Montenegro - RS	Colheitadeiras de grãos, plantadeiras, plataformas de corte e de milho Colheitadeiras de cana-de-açúcar e seus acessórios Tratores de rodas
KG ⁵ (Grupo Brasil)	São Bernardo do Campo - SP	Montagem de veículos e conjuntos soldados, estamparia, ferramentaria, usinagem
Komatsu	Suzano - SP	Tratores de esteiras, escavadeiras hidráulicas, pás-carregadeiras, motoniveladoras, fundição
MAN ⁶	Resende - RJ	Caminhões, chassis de ônibus
Mercedes-Benz	São Bernardo do Campo - SP Campinas - SP Juiz de Fora - MG	Caminhões, ônibus, motores, eixos, câmbios Remanufatura de peças, pós-vendas Automóveis
Mitsubishi	Catalão - GO	Comerciais leves
Nissan	São José dos Pinhais - PR (Fáb. Curitiba Veículos Utilitários) ⁷	Automóveis, comerciais leves (Nissan, Renault)
Peugeot Citroën	Porto Real - RJ Porto Real - RJ	Automóveis, comerciais leves Motores
Renault	Complexo Industrial Ayrton Senna São José dos Pinhais - PR (Fáb. Curitiba Veic. de Passeio) São José dos Pinhais - PR (Fáb. Curitiba Motores) São José dos Pinhais - PR (Fáb. Curitiba Veículos Utilitários) ⁷ São Paulo - SP	Automóveis Motores Comerciais leves (Renault, Nissan) Renault Design América Latina
Scania	São Bernardo do Campo - SP	Caminhões, ônibus, motores
Toyota	São Bernardo do Campo - SP Indaiatuba - SP Guaíba - RS	Autopeças Automóveis Centro de distribuição de veículos
Valtra	Mogi das Cruzes - SP	Tratores de rodas, colheitadeiras
Volkswagen	São Bernardo do Campo - SP (Fábrica Anchieta) Taubaté - SP São Carlos - SP São José dos Pinhais - PR (Volkswagen/Audi)	Automóveis, comerciais leves Automóveis Motores Automóveis, comerciais leves
Volvo	Curitiba - PR	Caminhões, cabines de caminhões, chassis de ônibus, motores

(1) Mesma unidade industrial.

(2) New Holland sucedeu Fiatallis a partir de 19/2/2005.

(3) Fiat Powertrain Technologies (FPT Mercosul).

(4) A Ford adquiriu o controle integral da Troller Veículos Especiais em janeiro de 2007.

(5) KG sucedeu Karmann-Ghia.

(6) MAN sucedeu Volkswagen Caminhões e Ônibus.

(7) Mesma unidade industrial (Aliança Renault-Nissan).

QUADRO 2 – PLANTAS INDUSTRIAIS E PRODUTOS DAS MONTADORAS INSTALADAS NO BRASIL

FONTE: ANUÁRIO ANFAVEA (2010)

Posteriormente aos resultados do ano de 1997, somente em 2004 ocorreu uma retomada do setor automotivo nacional, movimento ancorado na expansão do mercado interno. Conforme Além e Giambiagi (2010), inicialmente, o motor do processo foi o crescimento econômico. As quedas dos juros e as mudanças institucionais, que afetaram positivamente a concessão ao crédito, impulsionaram a expansão do mercado interno, e as principais montadoras voltaram a apresentar resultados positivos.

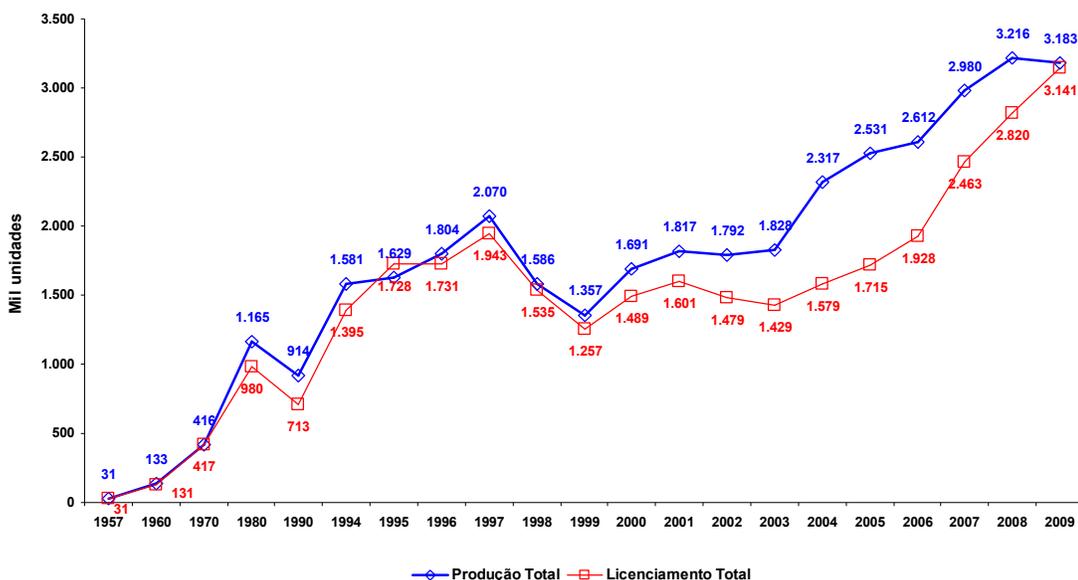


GRÁFICO 3 – EVOLUÇÃO DO SETOR AUTOMOTIVO BRASILEIRO

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA COM BASE EM ANFAVEA

Em meados de 2007, surgiram os primeiros indícios de esgotamento da capacidade produtiva instalada no Brasil, quando, finalmente, os níveis de produção da indústria automotiva brasileira retornaram ao patamar que havia sido alcançado no fim de 1997. O ano de 2008 começou com a aceleração do ritmo de crescimento das vendas no mercado interno. As projeções indicavam uma expansão de mercado superior a 20%, e diversas montadoras adotaram o terceiro turno de produção. Até setembro de 2008, os resultados haviam superado as expectativas.

Em outubro de 2008, em decorrência da reversão das expectativas e da contração do crédito, provocadas pelo agravamento da crise financeira internacional, as vendas sofreram forte retração. O governo brasileiro, interveio, adotando diversas medidas que visavam à restauração do crédito e concedendo incentivos fiscais à aquisição de veículos novos. Bem sucedidas, as medidas auxiliaram na recuperação

das vendas no primeiro trimestre de 2009. Apesar de as vendas no mercado interno terem crescido em relação a 2008, a produção no fim do ano, por conta da variação dos estoques e do desaquecimento das exportações, apresentou uma pequena queda.

O bom desempenho do mercado brasileiro durante a crise reafirmou a posição estratégica assumida pelo setor automotivo nos últimos anos, quando os centros de engenharia das montadoras passaram a desenvolver, no Brasil, diversos projetos de novos modelos (alguns deles a serem produzidos em outros países).

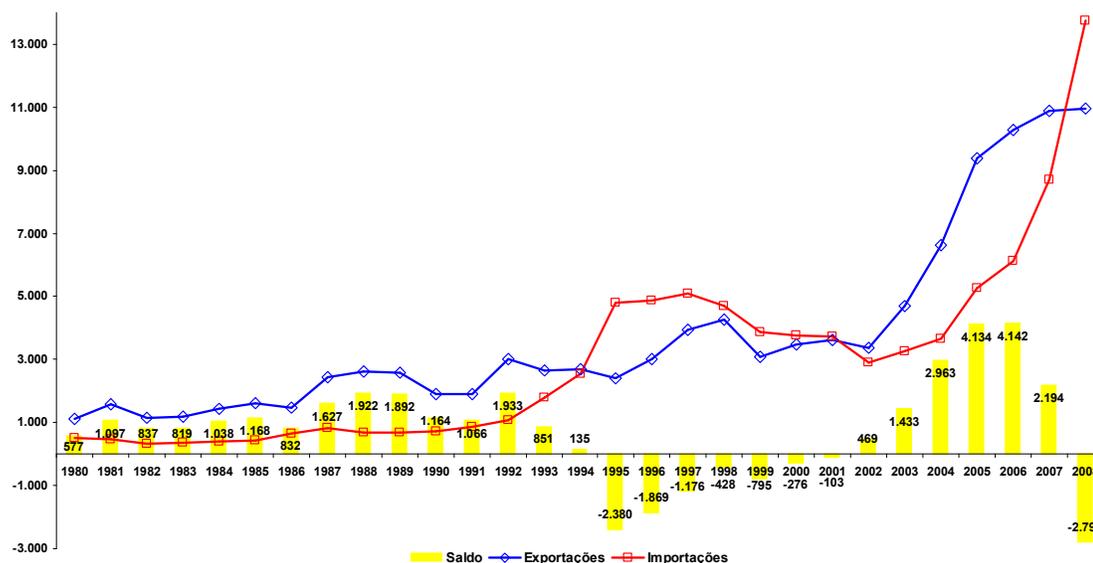


GRÁFICO 4 – BALANÇA COMERCIAL DAS MONTADORAS BRASILEIRAS

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA COM BASE EM ANFAVEA

O Brasil, nos últimos anos, teve um aumento considerável na produção e vendas de veículos. No entanto, o número de empregos no setor cresceu até os anos 1990 e depois iniciou um processo de retração, ainda que o nível de produção tenha aumentado, somente voltando a se recuperar a partir de 2004. Segundo IPARDES (2005) e Tigre *et al* (1999), há duas tendências para explicar esse desempenho: queda de participação dos trabalhadores operacionais (categoria que mais absorve mão de obra no setor) e perda da importância absoluta dos empregos gerados no ABC Paulista (maior pólo automotivo do país) (OLIVEIRA, 2005).

A redução de postos de trabalho no setor automotivo é uma tendência mundial. Nos Estados Unidos, este quadro já se mostrava evidente desde os anos 1970, no período de 1973 à 1994 houve naquele país uma redução de 44% no

número de empregos. Pode-se perceber que a diminuição está associada a modernizações tecnológicas e terceirização de atividades (IPARDES, 2005).

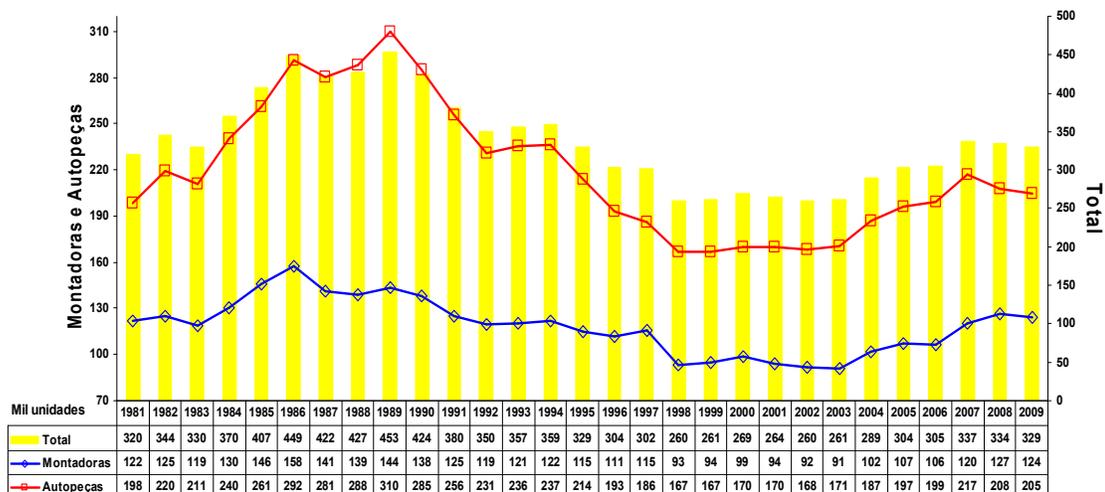


GRÁFICO 5 – EVOLUÇÃO DO EMPREGO NO SETOR AUTOMOTIVO BRASILEIRO

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, COM BASE EM ANFAVEA; SINDIPEÇAS

Hoje o Brasil ocupa a 6ª posição no *ranking* da produção mundial⁵, com 3.183 mil unidades produzidas em 2009, participando com 5,16%, conforme tabela 1. O maior desafio a ser enfrentado pela indústria nacional é a crescente competição com as novas montadoras asiáticas. Além de ganhos de produtividade, a competitividade da indústria nacional depende do aumento de escala de produção.

2.4 A INDÚSTRIA AUTOMOTIVA NO ESTADO DO PARANÁ

As primeiras montadoras se instalaram no Estado do Paraná na década de 1970, com a Volvo em 1970, fabricante de ônibus e caminhões, e a New Holland em 1975, fabricante de máquinas colheitadeiras. Este setor se manteve em atividade com a participação dessas duas empresas até a década de 1990 (IPARDES, 2005; MEINERS, 1999). As primeiras consultas de investimento automotivo no Paraná, depois do ciclo de investimentos nos anos 1970, ocorreram no início de 1994, pela Volkswagen, que no rompimento da Autolatina havia ficado sem uma fábrica de motores e caminhões, pela General Motors, que desejava rapidamente ampliar sua

⁵ Conforme dados da OICA.

capacidade produtiva em carros populares e pela Mercedes-Bens, que iniciava seu projeto de carros compactos (MEINERS, 1999).

Após a divulgação e a instituição de incentivos fiscais, em meados dos anos 1990, vários grupos automotivos iniciaram negociações com o governo do Estado. Como o Paraná não tinha uma infra-estrutura no setor de autopeças⁶, nem tampouco mão de obra treinada, os benefícios para a localização de novas plantas nesta região se basearam na proximidade com o Mercosul, em concessões governamentais no tocante a impostos e terrenos, na qualidade de vida da população (serviços urbanos e sociais adequados à população de Curitiba e demais municípios) e na proximidade com o porto de Paranaguá, entre outros⁷. A equipe técnica do governo do Estado sugeriu que se estreitassem as negociações com empresas que não possuíssem uma infra-estrutura de fornecedores em outras regiões do país para incentivar o desenvolvimento local. Com isso, a Renault foi uma das empresas de interesse do Estado (IPARDES, 2005).

Conforme Oliveira (2005), posteriormente às negociações, a Renault e a Volkswagen-Audi, decidiram investir no município de São José dos Pinhais, e a Chrysler, no município de Campo Largo. Os principais benefícios concedidos foram fiscais, financeiros e de infra-estrutura. Alguns desses benefícios também atingiram a rede de fornecedores, como aconteceu no caso do ICMS.

Segundo IPARDES (2005), o acordo firmado com a Renault, em 1996, estabeleceu que cabia ao Estado, além de conceder benefícios fiscais, ter a participação acionária nos projetos estratégicos da empresa. A Renault, por sua vez, deveria fazer toda a sua importação e exportação via Paraná.

Ainda segundo o IPARDES (2005), um ano depois, o Estado também firmou contratos com as empresas Chrysler e Volkswagen-Audi, para a implantação de suas unidades fabris na região, além de firmar um acordo de expansão com a Volvo, que já estava instalada na Cidade Industrial (CIC), fabricando caminhões e ônibus. Posteriormente, também foi firmado acordo com a Renault/Nissan para a fabricação de comerciais leves. Todos esses investimentos colocaram o Paraná como um

⁶ O parque de fornecedora era incipiente, com a presença de 16 empresas locais que atendiam a New Holland e 12 fornecedores da Volvo. Entre essas empresas, havia empresas globais como a Denso e a Bosch (FERRO, 1999)

⁷ Além desses itens sobre as vantagens locais da região, outros foram detalhados no Manual do Investidor, publicado pela Secretaria da Indústria, Comércio e Turismo de Curitiba.

importante pólo de produção e modernização na montagem de veículos. O quadro 3 mostra as empresas que se instalaram na região.

EMPRESA	LOCAL	PRODUTO	ANO DE INSTALAÇÃO
Volvo	Curitiba	Caminhões, ônibus e motores	1970
CNH (Case IH, New Holland)	Curitiba	Tratores de rodas e colheitadeiras	1975
Chrysler ¹	Campo Largo	Comerciais leves	1997
Renault	São José dos Pinhais	Automóveis e motores	1998
Volkswagen/Audi	São José dos Pinhais	Automóveis e comerciais leves	1999
Renault/Nissan ²	São José dos Pinhais	Comerciais leves	2001
Tritec Motors (Chrysler/BMW)	Campo Largo	Motores	2002
Fiat Powertrain Technologies (FTP Mercosul) ³	Campo Largo	Motores	2010

(1) A Chrysler encerrou suas atividades em 2000

(2) Mesma unidade industrial (Aliança Renault/Nissan)

(3) A Fiat Powertrain adquiriu a unidade da Tritec Motors em 2008

QUADRO 3 – RELAÇÃO DE MONTADORAS INSTALADAS NA REGIÃO

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA COM BASE EM IPARDES (2005); ANFAVEA (2010)

A vinda dessas montadoras para o Estado do Paraná se mostrou benéfica para a região, conforme citado por Oliveira (2005):

A instalação das montadoras gerou efeitos positivos em termos de geração de emprego e de ativação do comércio nas cidades em que se instalaram, bem como aumentou o número de escolas de línguas, faculdades de administração, cursos de pós-graduação em marketing, logística, entre outras atividades de serviço (OLIVEIRA, 2005, p.103).

Por outro lado, também houve problemas como o fechamento da Chrysler instalada em Campo Largo no ano de 2000. Esta decisão foi decorrente do fracasso das vendas da caminhonete Dakota. Com seu fechamento 250 funcionários foram demitidos, com efeitos negativos sobre a economia de Campo Largo. As demissões acabaram se estendendo também para os seus fornecedores (Dana, Detroit Diesel e Lear), que se instalaram no Paraná exclusivamente para atender a Chrysler.

Apesar disso, o setor automotivo paranaense, ganhou participação e importância ao longo do tempo, se consolidando como um dos principais pólos automotivos do país. A produção total das montadoras do Estado no ano de 2002 foi de 161.305 unidades (incluindo automóveis, caminhões, ônibus, comerciais leves,

tratores e colheitadeiras), o que representou 8,99% da produção nacional (1.792.654), já no ano de 2009 a produção total das montadoras paranaenses foi de 362.100, o que representou aproximadamente 11% da produção nacional. Desde o início da produção das primeiras indústrias automotivas no Paraná, em 1975, até o ano de 2009, a produção cresceu mais de 5.000%, conforme tabela 3 abaixo.

TABELA 3 – PRODUÇÃO AUTOMOTIVA POR SEGMENTO – PARANÁ – 1975 À 2009

	PRODUÇÃO (UNIDADES)							
	1975	1980	1990	1995	1999	2000	2002	2009
Automóveis e Veículos Comerciais ¹	0	702	4.936	7.215	48.959	133.643	149.105	346.938
Máquinas Agrícolas Automotrizes	6.701	15.417	4.996	5.954	6.205	7.943	12.200	15.162
Total	6.701	16.119	9.932	13.169	55.164	141.586	161.305	362.100

(1) Incluindo automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA COM BASE EM IPARDES (2005); ANFAVEA (2010)

Com relação à participação do Estado na produção de automóveis e veículos comerciais, vale dizer que passou de 0,5% em 1990 para 10,9% em 2009, segundo dados da Anfavea, conforme gráfico 6 abaixo, mostrando que o Estado teve, não só um grande aumento na produção total, mas também que ganhou espaço na participação nacional.

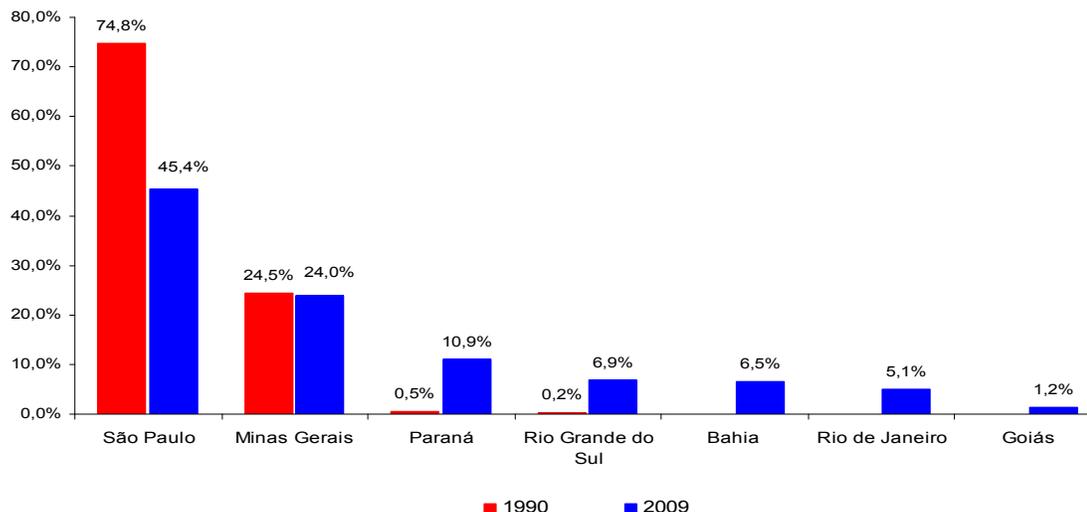


GRÁFICO 6 – PRODUÇÃO TOTAL DE AUTOMÓVEIS E VEÍCULOS COMERCIAIS – PARTICIPAÇÃO POR ESTADO

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA COM BASE EM ANFAVEA

TABELA 4 – ESTABELECIMENTOS SETOR AUTOMOTIVO – PARANÁ - 2009

MUNICÍPIOS DO PARANÁ	TOTAL MONTADORAS	TOTAL CABINES, CARROCERIAS E REBOQUES	TOTAL AUTOPEÇAS	TOTAL SETOR AUTOMOTIVO
Curitiba	7	14	56	77
Sao Jose dos Pinhais	3	12	39	54
Maringa	0	8	32	40
Londrina	0	6	20	26
Cascavel	0	15	6	21
Colombo	1	9	6	16
Pinhais	0	2	13	15
Ponta Grossa	0	7	7	14
Sarandi	0	6	8	14
Araucaria	0	2	9	11
Mandaguari	0	0	8	8
Marechal Candido Rondon	0	4	4	8
Apucarana	0	1	6	7
Cianorte	0	4	2	6
Quatro Barras	1	2	3	6
Toledo	0	5	1	6
Umuarama	0	5	1	6
Cambe	0	4	1	5
Fazenda Rio Grande	0	0	5	5
Francisco Beltrao	0	4	1	5
Ibipora	0	4	1	5
Palotina	0	3	2	5
Pato Branco	0	4	1	5
Assis Chateaubriand	0	2	2	4
Campo Largo	0	0	4	4
Guarapuava	0	4	0	4
Irati	0	3	1	4
Mandirituba	0	2	2	4
Marialva	0	4	0	4
Palmeira	0	1	3	4
Paranavai	0	4	0	4
Arapongas	0	3	0	3
Campo Mourao	0	3	0	3
Medianeira	0	1	2	3
Piraquara	0	1	2	3
Rio Negro	0	0	3	3
Sao Miguel do Iguacu	0	2	1	3
Vitorino	0	3	0	3
Almirante Tamandare	0	2	0	2
Altonia	0	0	2	2
Alto Parana	0	2	0	2
Cambira	0	2	0	2
Campina Grande do Sul	0	0	2	2
Foz do Iguacu	0	0	2	2
Joaquim Tavora	0	2	0	2
Mandaguacu	0	2	0	2
Santo Antonio da Platina	0	0	2	2
Sao Mateus do Sul	0	2	0	2
Assai	0	0	1	1
Astorga	0	1	0	1
Ceu Azul	0	0	1	1
Cidade Gaucha	0	1	0	1
Contenda	0	1	0	1
Coronel Vivida	0	1	0	1
Cruz Machado	0	1	0	1
Diamante do Norte	0	1	0	1
Entre Rios do Oeste	0	1	0	1
Faxinal	0	1	0	1
Florestopolis	0	0	1	1
Goioere	0	1	0	1
Imbituva	0	1	0	1
Ipora	0	0	1	1
Jataizinho	0	0	1	1
Jussara	0	0	1	1
Laranjeiras do Sul	0	1	0	1
Maripa	1	0	0	1
Mercedes	0	1	0	1
Nova Esperanca	0	1	0	1
Perola Doeste	0	0	1	1
Pinhao	0	1	0	1
Pitanga	0	1	0	1
Prudentopolis	0	1	0	1
Realeza	0	1	0	1
Renascenca	0	1	0	1
Rio Branco do Sul	0	1	0	1
Rolandia	0	1	0	1
Santa Helena	0	1	0	1
Santa Tereza do Oeste	0	0	1	1
Tamboara	0	1	0	1
Telemaco Borba	0	1	0	1
Urai	0	1	0	1
Total	13	190	268	471

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA COM BASE EM RELAÇÃO ANUAL DE INFORMAÇÕES SOCIAIS - RAIS/MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE

Além do aumento da produção, o setor automotivo no Paraná (montadoras, autopeças, cabines, carrocerias e reboques), também teve um aumento no total de estabelecimentos passando de 372 em 1995 para 471 estabelecimentos em 2009. Nesse contexto, vale ressaltar que a maior concentração de estabelecimentos encontra-se na região metropolitana de Curitiba, com algum destaque também para as regiões de Londrina e Maringá, fora isso o setor é inexpressivo, conforme pode ser observado na tabela 4.

Outro fator relevante é a participação do setor automotivo na composição do valor da transformação industrial – VTI, do Estado do Paraná, que contou com expressivo crescimento, passando de 11,7% no ano de 2000 para 17,3% em 2008, conforme tabela 5, mostrando grande importância na economia do Estado.

TABELA 5 – PARTICIPAÇÃO VTI - SETOR AUTOMOTIVO – PARANÁ – 2000 À 2008

Valores reais/Preços constantes 2009									
R\$ 1.000	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Fabricação de automóveis, caminhões e utilitários	466.966	386.603	1.364.720	1.618.254	1.699.166	1.915.538	2.528.979	3.150.729	5.005.495
Fabricação de caminhões e ônibus	552.197	346.534	432.596	487.348	0	0	0	649.063	850.154
Fabricação de tratores de rodas para agricultura	161.870	178.914	347.002	515.206	804.143	529.207	542.671	759.579	1.344.790
Total VTI montadoras	1.181.033	912.051	2.144.317	2.620.807	2.503.310	2.444.746	3.071.650	4.559.370	7.200.439
Fabricação de cabines, carrocerias e reboques	44.076	36.429	55.686	72.834	114.193	116.452	129.140	170.112	251.387
Total VTI cabines, carrocerias e reboques	44.076	36.429	55.686	72.834	114.193	116.452	129.140	170.112	251.387
Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores	517.459	552.942	517.281	696.893	1.493.720	1.022.916	1.128.526	1.474.305	1.642.535
Total VTI peças e acessórios	517.459	552.942	517.281	696.893	1.493.720	1.022.916	1.128.526	1.474.305	1.642.535
Total VTI Automotivo	1.742.568	1.501.422	2.717.284	3.390.534	4.111.222	3.584.114	4.329.316	6.203.787	9.094.361
Total VTI Paraná	14.867.715	16.936.850	20.550.505	26.790.679	30.571.392	32.457.397	37.311.257	41.760.681	52.487.115
% Participação VTI Automotivo/VTI Paraná	11,72%	8,86%	13,22%	12,66%	13,45%	11,04%	11,60%	14,86%	17,33%

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA COM BASE EM PESQUISA INDUSTRIAL ANUAL – PIA/INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE

Já em relação ao número de empregados não é diferente, o setor vem aumentando seu efetivo ao longo dos anos, crescimento que foi freado pela crise econômica mundial, onde a queda no número de empregados foi expressiva, mas como pode ser verificado no gráfico 7, o setor mostra sinais de recuperação, contanto com 37.952 empregados em todo o Estado, no ano de 2009. As cidades com maior número de empregos no setor são: São José dos Pinhais, Curitiba, Quatro Barras, Santo Antônio da Platina, Sarandí, Pinhais, Iratí e Araucária, que

somadas tem 32.791 empregos, ou seja, 86,4% do total de empregos no setor automotivo do Estado do Paraná.

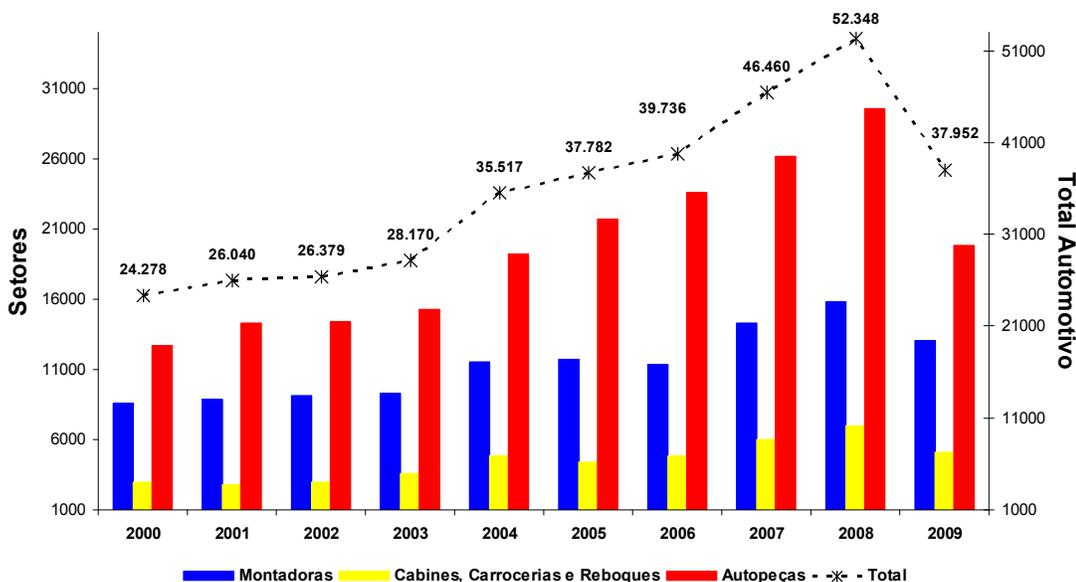


GRÁFICO 7 – EVOLUÇÃO DO EMPREGO – SETOR AUTOMOTIVO - PARANÁ

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA COM BASE EM RAIS/MTE

Com base nas informações é possível afirmar que, hoje o Estado do Paraná se constitui em um dos principais pólos automotivos do país, com aproximadamente 11% de toda a produção nacional de automóveis e veículos comerciais. Assim como ocorre em nível nacional, um grande desafio a ser enfrentado é a competição com empresas internacionais, principalmente as novas empresas asiáticas (montadoras e fornecedores de autopeças).

Além disso, é fundamental para uma maior competitividade do setor no Estado, melhorias na infraestrutura local, capacitação de mão de obra, centros locais de desenvolvimento de produto, além de ganhos de produtividade e competitividade em nível local e internacional.

3 INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Inovação é um conceito bem mais amplo do que P&D. Segundo Dosi (1988) a inovação trata de pesquisa, descoberta, experimentação, desenvolvimento, imitação e adoção de novos produtos, de novos processos de produção e novas formas organizacionais.

Nas últimas décadas, as diferenças nos processos de inovação tecnológica foram estudadas por várias abordagens teóricas e enfocando diferentes objetos de análise (empresas, setores industriais, etc.). A tradição neoclássica, que enxergava o progresso técnico como um fator exógeno ao fenômeno econômico. A abordagem da “Economia Industrial”, para quem o ritmo da mudança tecnológica estava associado à características estruturais dos mercados como a concentração ou o tamanho das empresas típicas de cada setor e a tradição evolucionista, para quem o progresso técnico se constituía como um fenômeno dotado de lógica e sentido próprios.

Incorporando traços analíticos variados, as taxonomias setoriais se posicionaram como um valioso instrumento de explicação das diferenças interindustriais do processo inovador, com a teoria de Pavitt, abordada nesse capítulo. A formulação de tipologias pode ser justificada por permitir avançar além dos casos específicos, possibilitando o estabelecimento de regularidades compartilhadas pela coletividade, e a análise de comportamentos e relações estáveis que sustentam um trabalho teórico consistente (CAMPOS, 2005).

A indústria automotiva sempre esteve envolta num processo permanente de inovações, seja a escolha do sistema ideal de motorização no início do século XX (entre elétrico, a vapor ou a combustão interna) ou o sucesso do sistema de produção de Henry Ford no mesmo período. Mais recentemente, nas décadas de 1970 à 1990, a indústria automotiva vem passando por várias e importantes mudanças.

Ainda nos anos 1970, o oligopólio automobilístico foi abalado pela emergência das montadoras japonesas no cenário internacional e pela difusão dos inovadores métodos de gestão e produção criados e desenvolvidos pela Toyota. Os anos 1980 foram marcados, por um lado, pelo início do processo de difusão do sistema toyotista de produção e, por outro, pela introdução e difusão das técnicas de produção flexível, que viabilizaram grandes oportunidades para inovações no setor

automotivo, tanto em processos quanto em produtos. Já a década de 1990 foi marcada sucessivamente pelo deslocamento do foco competitivo para o desenvolvimento de produtos e para o avanço do processo de globalização (CARVALHO, 2008).

Mais recentemente, principalmente a partir de meados dos anos 1990, se observou também um crescente empenho das empresas automotivas (não só das montadoras) no desenvolvimento das chamadas tecnologias automotivas avançadas. Atualmente, em decorrência da crescente preocupação com a maior eficiência energética dos autoveículos, com o efeito estufa e com a poluição em geral, percebe-se que está em curso uma mudança de comportamento na indústria automotiva.

Nesse capítulo serão apresentados inicialmente alguns conceitos de inovação, posteriormente serão apresentadas teorias de inovação aplicadas a cadeia produtiva automotiva e por fim como a inovação influencia na dinâmica do setor.

3.1 CONCEITO DE INOVAÇÃO

De acordo com o Manual de inovação (2008), inovação é definida como:

a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local mas também pode se relacionar a novos mercados, novos modelos de negócio, novos processos, métodos organizacionais nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas (MANUAL DE INOVAÇÃO, 2008, P. 11).

Já para Drucker (2001), inovação não é um lampejo de genialidade, é trabalho duro, que deve ser organizado como uma parte regular de cada unidade dentro da empresa e de cada nível gerencial.

Quando uma empresa produz um bem ou um serviço ou usa um método ou insumo que é novo para ela, está realizando uma mudança tecnológica, sua ação é denominada inovação (KUPFER; HASENCLEVER, 2002). Nesse sentido, a inovação, num caráter empresarial, é essencial para que a empresa continue a ser competitiva num mercado cada vez mais dinâmico, exigente e globalizado.

Ainda de acordo com o Manual de inovação (2008), podem existir diversos tipos de inovação:

- a) Inovação em produtos (bens ou serviços): quando há mudanças no que se faz, ou seja, desenvolvimento de novos produtos, os quais antes não existiam, ou melhoramento significativo de produtos já existentes, atendendo melhor às necessidades do mercado;
- b) Inovação em processos: quando há mudanças no como se faz, aprimorando ou desenvolvendo novas formas de fabricação ou distribuição de bens e novos meios de prestação de serviços;
- c) Inovação organizacional: quando são adotados ou desenvolvidos novos métodos de organização e gestão, seja no local de trabalho, nas relações da empresa com o mercado, fornecedores ou distribuidores;
- d) Inovação em marketing: quando são adotados ou desenvolvidos novos métodos de marketing e comercialização, com mudanças significativas na concepção do produto, no *design* ou na sua embalagem, no posicionamento do produto no mercado, em sua promoção ou na fixação de preços.

Da mesma forma que a inovação pode se dar em diversos aspectos de negócios, ela também pode ser classificada quanto a sua abrangência e intensidade em relação ao mercado, que podem ser maiores ou menores.

Assim, quanto a sua intensidade a inovação pode ser classificada como:

- a) Inovação incremental: quando existe melhoria no que se faz e/ou aperfeiçoamento do modo como se faz, por acrescentar novos materiais, ou desenhos ou embalagens que tornam mais práticos produtos ou processos já existentes anteriormente, ou ainda acrescentando utilidades diferenciadas ou melhorias evidentes que os tornam mais desejados pelos seus clientes/consumidores e, portanto, mais competitivos;
- b) Inovação radical: quando as novas idéias resultam em produtos ou processos totalmente novos, que antes não existiam no mercado:
- c) Costuma-se também distinguir a inovação revolucionária: quando os novos produtos têm um impacto tão grande sobre o sistema produtivo que podem tornar obsoletas as bases tecnológicas existentes, criar novos mercados e até alterar o comportamento da sociedade.

Já no que se refere à abrangência ou alcance da inovação, ela pode acontecer:

- a) Inovação para a empresa: quando a novidade implementada está limitada ao âmbito da empresa, mesmo que as mudanças já existam em outras empresas

ou instituições, ou ainda que utilize conhecimentos técnicos já dominados e difundidos em outros lugares ou empresas;

- b) Inovação para o mercado: quando a empresa é a primeira a introduzir a inovação no seu mercado, seja esse regional ou setorial;
- c) Inovação para o mundo: quando os resultados das mudanças são introduzidos pela primeira vez em todos os mercados, nacionais e internacionais, no mundo todo, ou seja, não eram praticadas por outras empresas no país ou no exterior.

A inovação está no cerne da mudança econômica. Para Schumpeter (1988), inovações radicais provocam grandes mudanças no mundo, enquanto inovações incrementais preenchem continuamente o processo de mudança.

O ciclo de inovação, segundo Kupfer e Hasenclever (2002), pode ser dividido em três estágios: invenção, inovação e imitação ou difusão. O processo de invenção está relacionado com a criação de coisas não existentes anteriormente e utiliza como principais fontes conhecimentos novos ou conhecimentos já existentes em novas combinações. Os resultados desse processo podem ser patenteados. Porém, nem todas as invenções ou mesmo patentes chegam a se transformar em inovações, ou seja, serem lançados no mercado com sucesso comercial. A introdução de inovações, por sua vez, permite a introdução de outras variações denominadas imitação. Essas variações são melhorias introduzidas nos bens e serviços inovadores para aproximá-los das necessidades dos usuários. Entretanto, o processo de imitação também pode ocorrer sem introdução de melhorias.

3.2 PADRÕES DE INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

O conceito de mudança tecnológica está relacionado ao lançamento ou aprimoramento de produtos, processos produtivos, métodos gerenciais ou uso de insumos e matérias-primas modificadas. Os estudos voltados a este tema, em geral, procuram elucidar quais as fontes e a direção do câmbio técnico, como são selecionadas e introduzidas às tecnologias vigentes e quais os seus impactos na produção industrial. Os agentes econômicos se lançam na busca por inovações quando sabem, ou acreditam que novos produtos ou processos possam prover algum benefício econômico, seja pela garantia de novos mercados ou pelo

aproveitamento de alguma oportunidade técnica ou científica até então inexplorada (DOSI, 1988).

O entendimento dos fatores capazes de influenciar as diferenças intersetoriais relacionadas à dinâmica da inovação não é unânime na literatura econômica. Segundo Campos (2005), o fenômeno foi pesquisado por três linhas distintas: a primeira trata a questão da mudança técnica como exógena à ciência econômica; a segunda entende que os processos inovativos são resultados da estrutura de mercado; e a terceira, onde se insere a teoria evolucionária, atribui uma lógica própria para o processo inovativo, sem descartar a importância de fatores econômicos para a concepção do mesmo.

Aprofundando-se um pouco em cada linha de raciocínio, conforme citado por Campos (2005) e Kupfer e Hasenclever (2002), percebe-se que a perspectiva que trata a mudança técnica como um elemento exógeno à economia sempre ocupou papel de destaque na corrente principal do pensamento econômico. Dentro da tradição neoclássica, por exemplo, não são raros os estudos que entendem a tecnologia como um conjunto de informações aplicáveis, de fácil reprodução. Nesta linhagem teórica, inovações são produzidas a partir do estoque de conhecimento tecnológico, disponível livremente na natureza, graças a sua caracterização como bem público (DOSI, 1988).

Já na segunda corrente investigativa da diferença de ritmos do câmbio tecnológico, segundo Campos (2005) e Kupfer e Hasenclever (2002), é explicado como um resultado das estruturas de mercado, distintas entre os setores. Inspirados em pressupostos atribuídos a Schumpeter, estudiosos da organização industrial tentaram mostrar a influência das variáveis de tamanho da firma e concentração de mercado no entendimento do diferente desempenho inovativo de cada setor. Firmas maiores e atuantes em mercados concentrados teriam um maior controle sobre os riscos inerentes à condução das atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) além de atingirem ganhos de escala relacionados às mesmas (COHEN, 1995). Em contrapartida, firmas menores podem apresentar um foco inovador mais acurado, conduzindo as pesquisas de uma forma menos burocrática e com maior controle gerencial, podendo, assim, incorrer em ganhos de eficiência (SCHERER e ROSS, 1990).

A terceira linhagem teórica, ainda segundo Campos (2005); Kupfer e Hasenclever (2002) e Machado (1998), tentou explicar diferenças nos ritmos e na

direção da mudança tecnológica, e o fez atribuindo ao processo inovador uma lógica própria, influenciada tanto por fatores econômicos como por fatores intrinsecamente tecnológicos. A princípio, o argumento foi polarizado, de um lado, por pesquisadores que argumentavam sobre a possibilidade de os avanços técnico-científicos serem os principais propulsores das inovações. Por outro lado, a vertente tradicional da economia enxergava o crescimento do mercado e as pressões da demanda como as guias fundamentais do câmbio tecnológico (respectivamente, estas visões eram denominadas “*technology push*” e “*demand pull*”).

A visão evolucionista, segundo Nelson e Winter (2005), também possuía uma forma própria de interpretar a inovação tecnológica. Os teóricos desta corrente entendiam o câmbio técnico como um processo dinâmico, e com uma natureza acumulativa e irreversível em relação à trajetória tecnológica percorrida. A solução de impasses técnicos estaria vinculada a um conjunto de conhecimentos, informações e capacitações que se formam com o decorrer do tempo, delineando trajetórias formadas a partir de determinantes práticos, científicos ou econômicos (KUPFER; HASENCLEVER, 2002).

Com base em todos estes pontos que, na década de 1980, se intensificaram os estudos voltados à compreensão de regularidades setoriais nos determinantes da inovação. Dentre os diversos autores que se lançaram nesta linha, Pavitt (1984) merece menção especial pelo pioneirismo de sua tipologia setorial do fenômeno da inovação. Sua taxonomia setorial propõe uma interpretação para os diferentes ritmos da mudança tecnológica, absorvendo conceitos tanto da corrente evolucionista, quanto dos estudiosos da organização industrial e do debate “*technology push*” versus “*demand pull*” (CAMPOS, 2005).

O trabalho de Pavitt utilizou uma amostra (dados coletados por Townsend *et al*, 1981) de aproximadamente 2.000 inovações significativas e de firmas inovadoras, desenvolvidas na Grã-Bretanha, de 1945 a 1979. Ele apresenta uma taxonomia para os padrões setoriais de inovação que se tornou referência para diversos outros estudos. Produzida a partir de uma visão estática, a padronização foi fundamentada no pressuposto de que as formas de se conceber inovações são razoavelmente estáveis, ainda que possam sofrer alterações com o decorrer do tempo. De qualquer maneira, esta característica já distingue este tipo de estudo daqueles desenvolvidos dentro do enfoque evolucionista, essencialmente dinâmicos (PAVITT, 1984).

Apesar de apresentar resultados no âmbito dos setores, é nítido o entendimento de Pavitt sobre a importância da firma enquanto *locus* do processo de desenvolvimento tecnológico (CAMPOS, 2005). Seu conceito de firma tem inspiração claramente penrosiana (CAMPOS, 2005), compreendendo que esta unidade econômica é mais que uma unidade administrativa, constituindo-se num conjunto de recursos produtivos que se dispõe sob diferentes maneiras ao longo do tempo (PENROSE, 1995).

Para Pavitt (1984), As firmas inovadoras, principalmente nos setores eletrônico e químico, são relativamente grandes e desenvolvem inovações para uma ampla série de grupos de produtos específicos, dentro de seu setor principal, mas para relativamente poucos fora. As firmas nos setores de mecânica e instrumentos de precisão são relativamente pequenas e especializadas, e estão em simbiose com as grandes firmas de setores intensivos em escala – como metalurgia e veículos –, as quais fazem uma contribuição significativa para a tecnologia de processo das primeiras. Já nas firmas têxteis, por outro lado, a maioria das inovações de processo vêm dos fornecedores.

Na taxonomia e teoria proposta por Pavitt, a unidade básica de análise é a firma inovadora. Uma vez que os padrões de inovação são cumulativos, suas trajetórias tecnológicas serão amplamente determinadas pelo que foi feito no passado, em outras palavras, por suas atividades principais. Atividades principais diferentes geram trajetórias tecnológicas diferentes. Elas podem ser adequadamente agrupadas em três categorias, constituída de firmas: a) dominadas pelos fornecedores; b) intensivas em produção e c) baseadas em ciência. Estas trajetórias diferentes podem, por sua vez, ser explicadas pelas diferenças setoriais em três características: a) fontes de tecnologia; necessidades dos usuários e c) meios para se apropriar dos benefícios (PAVITT, 1984). As três categorias, as diferentes trajetórias tecnológicas, e suas causas subjacentes são apresentadas no quadro 4.

CATEGORIA DA FIRMA	DETERMINANTES DAS TRAJETÓRIAS TECNOLÓGICAS				TRAJETÓRIAS TECNOLÓGICAS	CARACTERÍSTICAS MENSURADAS				
	ATIVIDADES NUCLEARES TÍPICAS	FONTES DE TECNOLOGIA	TIPOS DE USUÁRIO	MECANISMOS DE APROPRIAÇÃO		FONTES DA TECNOLOGIA DE PROCESSO	INOVAÇÃO RELATIVAMENTE PREDOMINANTE	TAMANHO RELATIVO DAS FIRMAS INOVADORAS	INTENSIDADE E DIREÇÃO DA DIVERSIFICAÇÃO TECNOLÓGICA	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	
Determinada pelo fornecedor	Agricultura; construção civil; serviços privados; manufatura tradicional	Extensão dos serviços de pesquisa dos fornecedores; grandes usuários	Sensível ao preço	Não-técnico (marca, marketing, propaganda, aparência estética)	Redução de custo	Fornecedores	Processo	Pequeno	Baixa vertical	
Intensiva em escala	Materiais volumosos (aço, vidro); montagem (bens duráveis e autos)	Engenharia de produção dos fornecedores; P&D	Sensível ao preço	Segredo e <i>know-how</i> de processo; defasagens técnicas; patentes; economias dinâmicas de aprendizado	Redução de custos (no projeto do produto)	Interna; fornecedores	Processo	Grande	Alta vertical	
Intensiva em produção	Fornecedores especializados	Maquinaria; instrumentos de precisão	Projeto e desenvolvimento pelos usuários	Sensível ao desempenho	<i>Know-how</i> de projeto; conhecimento dos usuários; patentes	Projeto do produto	Interna; clientes	Produto	Pequeno	Baixa concêntrica
Baseada em ciência	Eletrônico/elétrico; químico	P&D; ciência pública; engenharia de produção	Misto	Know-how de P&D; patentes; segredo e <i>know-how</i> de processo; economias dinâmicas de aprendizado	Mista	Interna; fornecedores	Mista	Grande	Baixa vertical Alta concêntrica	

QUADRO 4 – TRAJETÓRIAS TECNOLÓGICAS SETORIAIS: DETERMINANTES, DIREÇÕES E CARACTERÍSTICAS MENSURADAS

FONTE: PAVITT (1984)

3.2.1 Categorias das firmas e trajetórias tecnológicas

Todos os componentes para se determinar as trajetórias tecnológicas, são apresentados no quadro 4, onde a coluna 1 define as categorias das firmas, a coluna 2 enumera os setores de atividades nucleares típicos de tais firmas, as colunas 3-5 descrevem os determinantes e a natureza das trajetórias tecnológicas das firmas e as colunas 7-10 identificam algumas das características mensuradas dessas trajetórias. Abaixo serão detalhadas as trajetórias tecnológicas em suas categorias, conforme descrito por Pavitt (1984):

a) Firmas dominadas pelos fornecedores

A categoria de firmas dominadas pelos fornecedores congrega a maior parte das firmas tradicionais como as indústrias têxteis, madeireiras, gráficas, de confecções, calçados, dentre outras. As firmas enquadradas nesta categoria são predominantemente pequenas, onde os departamentos de P&D detêm pouca projeção. As formas de aprimoramento tecnológico são, em geral, passivas, incorporadas na aquisição de maquinários, equipamentos e insumos. Prevaecem os processos de aprendizado informais, voltados, sobretudo, para a assimilação de tecnologias desenvolvidas externamente. As inovações de processo se sobressaem mais que as de produto, característica que reflete bem a maturidade dos bens produzidos nestes setores. A trajetória tecnológica dominante visa a redução dos custos de produção e é, via de regra, estabelecida verticalmente, ou seja, originada em outros setores. Por fim, as condições de apropriabilidade são pequenas, compensadas pela criação de marcas registradas, diferenciação no desenho, estratégias de publicidade e formação de *know-how*.

b) Firmas intensivas em produção

As firmas intensivas em produção são profundamente ligadas à produção em massa, de larga escala, ou desenvolvida por meio de linhas de montagem. Esta característica pode explicar o tamanho superior das empresas inseridas nesta categoria, em comparação com as demais indústrias. As linhas de montagem condicionam uma forte divisão de trabalho, enquanto a sensibilidade à automação facilita a substituição de trabalho por capital.

Nas firmas intensivas em economias de escala, primeira subdivisão desta categoria, se destacam as indústrias fabricantes de bens de consumo duráveis como, por exemplo, a automotiva e siderúrgica. A intensidade dos esforços inovadores é considerável, tendo em vista que grande parte dos insumos tecnológicos é gerada internamente. O processo de produção é contínuo, tornando imprescindível a atuação dos departamentos de engenharia de produção, responsáveis, neste contexto, pelos ganhos de produtividade. Depreende-se, então, a explicação para que a maior parte do processo de aprendizado seja interna, ainda que não descarte a possibilidade de criação de sinergias por meio de integrações verticais ou horizontais. Os resultados inovadores ocorrem tanto em processos como em produtos, sendo os primeiros protegidos, majoritariamente, por meio de segredo industrial ou *know-how*, e os últimos eventualmente patenteados.

A segunda subdivisão desta categoria, firmas de fornecedores especializados realça a importância das interações usuário-produtor por congregarem indústrias produtoras de peças, componentes e acessórios, onde a complementaridade tecnológica é evidente. Os representantes mais notórios deste segmento são as indústrias mecânicas, de maquinaria e instrumentos sendo, em geral, firmas de pequeno e médio porte, especializadas no fornecimento de insumos para grandes empresas. O tipo de inovação mais freqüente é a de produto, tendo em vista que a maior parte das inovações é utilizada por setores diferentes daqueles onde as mesmas foram elaboradas. Ainda que os departamentos de P&D figurem entre as condutas desenvolvidas por estas firmas com a finalidade de inovar, a principal forma de aprendizado redundando das interações usuário-produtor, num processo de aprendizado contínuo, onde o acúmulo de conhecimento tácito ocupa papel especial. A habilidade de reagir com precisão às demandas de usuários representa um diferencial de competitividade das empresas enquadradas nesta categoria, onde a ascendência das integrações concêntricas, ainda que baixa, pode ser verificada.

c) Firmas baseadas em ciência

A terceira categoria, a das firmas baseadas na ciência, é onde estão as firmas mais sensíveis aos progressos no conhecimento científico e detentoras das maiores oportunidades tecnológicas. Dentre os principais representantes desta categoria estão as indústrias química, farmacêutica e de microeletrônica. Os

departamentos de P&D constituem a principal forma de aprendizado neste padrão, ainda que não se possa afirmar que o aprendizado das firmas seja exclusivamente interno, tendo em vista que a interação com instituições de pesquisa também é representativa.

Pavitt diagnosticou que o tamanho médio das firmas integrantes deste padrão não era elevado, sendo este resultado influenciado, sobretudo, pelas empresas do setor eletro-eletrônico. Porém, a grande repercussão das inovações provenientes destes setores possibilita que o crescimento das firmas bem-sucedidas seja acelerado. A diversificação tecnológica nesta categoria é concêntrica e não vertical, o que propicia que as inovações ocorram tanto em produto quanto em processo. As formas de proteção destes resultados também são as mais variadas possíveis, incluindo patentes, sigilos, *lags* técnicos naturais ou *know-how*.

3.2.2 Encadeamentos tecnológicos

Além da definição de inovação por categorias de firmas, Pavitt (1984), definiu as ligações e interações entre as diferentes categorias de firmas. Conforme figura 2, as firmas dominadas pelos fornecedores obtêm a maior parte de suas tecnologias de firmas intensivas em produção e baseadas em ciência (por exemplo, energia, ferramentas e equipamentos de transporte das primeiras, eletrônica de consumo e plástico das últimas).

Já as firmas baseadas em ciência, conforme afirma Pavitt (1984), também transferem tecnologia para as intensivas em produção (por exemplo, o uso de plásticos e eletrônica de consumo na indústria automotiva). E, tanto as firmas baseadas em ciência quanto as intensivas em produção recebem e fornecem tecnologia para fornecedores especializados de equipamentos de produção.

Pavitt (1984), também afirma que os encadeamentos tecnológicos podem ir além das transações relacionadas à compra e venda de bem que incorporam tecnologia. Eles podem incluir fluxos de informação e habilidades, bem como diversificação tecnológica para as principais áreas de produto dos fornecedores e clientes. Como exemplos, podem ser citados a contribuição de firmas intensivas em escala à tecnologia de seus fornecedores de equipamentos e de firmas químicas e eletrônicas às inovações em têxteis, instrumentos científicos e engenharia mecânica.

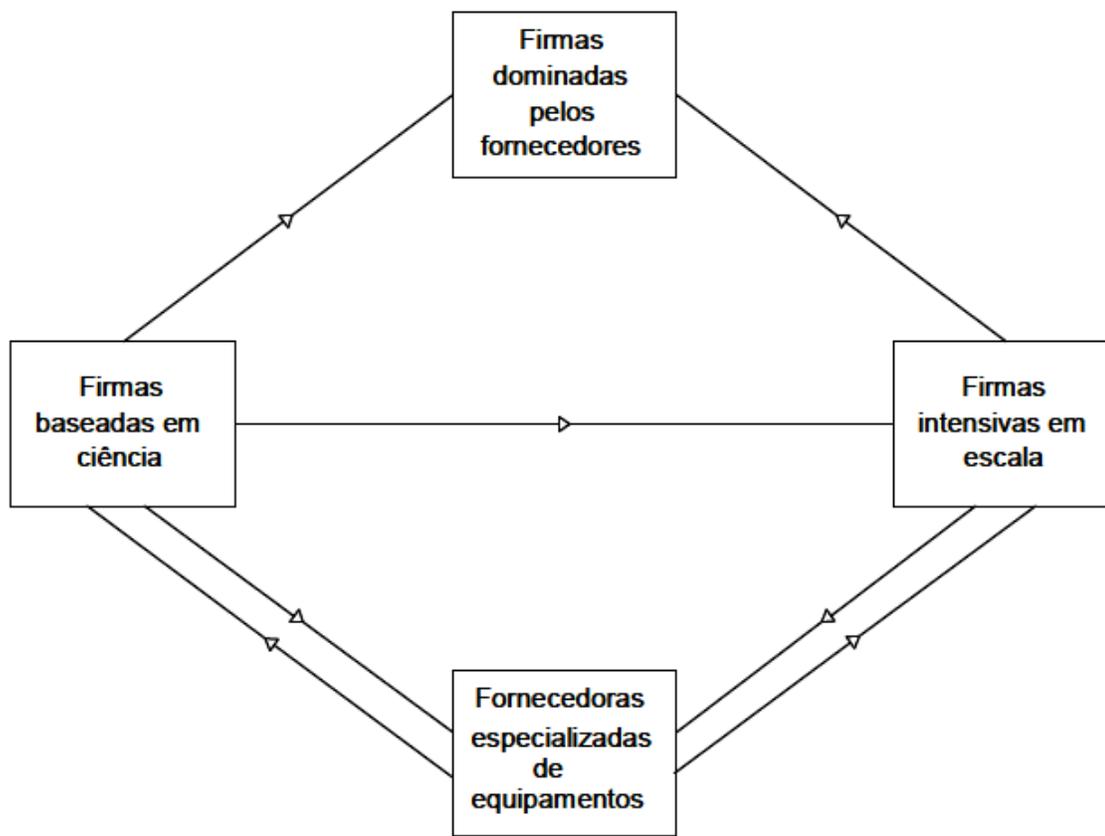


FIGURA 2 – PRINCIPAIS ENCADEAMENTOS TECNOLÓGICOS ENTRE AS DIFERENTES CATEGORIAS DE FIRMAS

FONTE: PAVITT (1984)

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA SEGUNDO PADRÕES DE INOVAÇÃO

Confirmando a tipologia de Pavitt, a indústria automotiva pode ser classificada como firma intensiva em produção, na subdivisão das firmas intensivas em economias de escala, devido ao seu comportamento, marcado pelo predomínio de grandes empresas estabelecidas, que apresentam importantes economias de escala e curvas de aprendizado significativas, onde a mudança tecnológica se desenvolve, em geral, segundo trajetórias bem conhecidas e fundamentalmente através de inovações incrementais de produtos e de processos (CARVALHO, 2008).

Nesse sentido, para Carvalho (2008), a inovação na indústria automotiva é principalmente resultado dos processos de desenvolvimento de produto. Tal característica faz com que a organização das atividades de P&D seja baseada

principalmente em equipes de projeto e no crescente desenvolvimento simultâneo de parte das atividades dos respectivos projetos. Assim, essa ênfase da P&D no desenvolvimento de produtos pode ser uma das causas da predominância das inovações incrementais que têm caracterizado o setor automotivo.

Com relação a sua complexa base de conhecimento, às condições para o respectivo acesso às tecnologias-chave e às capacitações de uma maneira geral, a indústria automotiva parece combinar duas características fundamentais:

- a) Capacidades inovativas baseadas, principalmente, em capacitações específicas, coletivas e, em grande medida, tácitas e, portanto, de difícil codificação, desenvolvidas, por sua vez, através de processos de aprendizados coletivos e internos (FUJIMOTO, 1999);
- b) Natureza sistêmica da sua base de conhecimento e o aspecto central do *design system* nos processos de desenvolvimento de produtos. (MARCILI, 2001).

Em termos de regime tecnológico⁸, a indústria automotiva pode ser caracterizada por um elevado grau de oportunidade⁹, por elevado grau de barreias à entrada em conhecimento e escala, por uma elevada persistência da inovação em tecnologias, pela complexidade da sua base de conhecimento e apropriabilidade (CARVALHO e PINHO, 2009). Com relação às condições de apropriabilidade das inovações, o *lead time* – muito mais do que as patentes – tem se revelado como o mecanismo mais eficaz de proteção no âmbito da inovação de produtos. Esta característica se mostra relacionada à importância que a redução do tempo de desenvolvimento de produtos vem crescentemente adquirindo, como arma competitiva, no setor automotivo (FUJIMOTO, 2001).

A intensificação da concorrência na indústria automotiva tem sido marcada pela maior utilização da tecnologia, pela redução do ciclo de desenvolvimento do produto, pela ampliação da diversidade de modelos e pela segmentação dos mercados previamente existentes.

⁸ Regime tecnológico é caracterizado pelas condições de oportunidade, de apropriabilidade e pelos graus de cumulatividade do conhecimento tecnológico e, também, pelas características da sua base relevante de conhecimento (CARVALHO, 2008).

⁹ O grau de oportunidade tecnológico da indústria automotiva vem se elevando, nos anos recentes, em função das novas possibilidades de introdução de inovações viabilizadas, principalmente, pelos avanços da microeletrônica, das tecnologias de motores de combustão interna e, mais recentemente, pelas inovadoras tecnologias de propulsão de autoveículos (MARCILI, 2001).

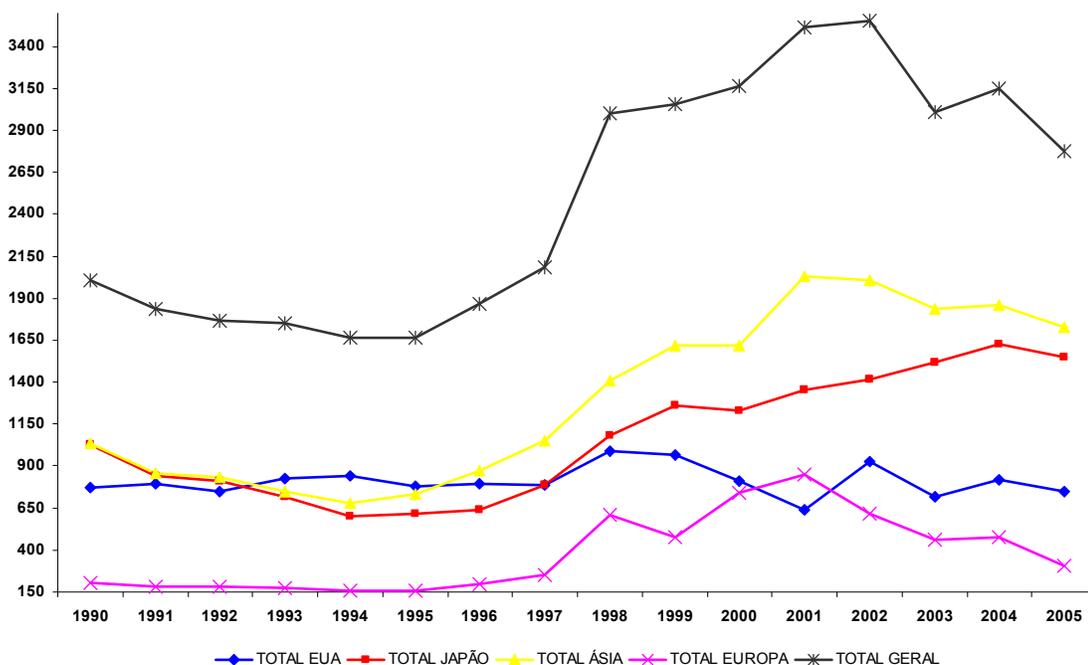


GRÁFICO 8 – PATENTES DE UM GRUPO DE MONTADORAS OBTIDAS NO USPTO, AGRUPADAS POR REGIÃO – 1990 À 2005

FONTE: CARVALHO (2008)

Nessa direção, Carvalho (2008), a partir dos dados de patentes de um grupo de montadoras, fornecidos pela USPTO¹⁰, confirma a idéia da intensificação do uso da tecnologia na indústria automotiva e, indiretamente, da intensificação da concorrência, conforme gráfico 8 acima.

Por outro lado, ainda, segundo Carvalho (2008), se percebe uma importância crescente atribuída ao desenvolvimento das novas tecnologias de propulsão dos autoveículos como arma competitiva potencialmente estratégica, conforme gráfico 9 abaixo.

A intensificação da concorrência e a maior oportunidade tecnológica associada aos avanços na tecnologia do motor a combustão interna, as novas tecnologias microeletrônica, de materiais, de informação e, mais recentemente, as emergentes e inovadoras, técnicas de propulsão dos autoveículos parecem ter dinamizado o comportamento tecnológico da indústria automotiva, colocando em

¹⁰ *United State Patent and Trademark Office* ou Agência de Marcas e Patentes dos Estados Unidos (www.uspto.gov)

pauta a questão da eventual ocorrência de um processo de *de-maturity*¹¹ industrial ou “rejuvenescimento” industrial, conforme proposto por Abernathy e Clark (1985).

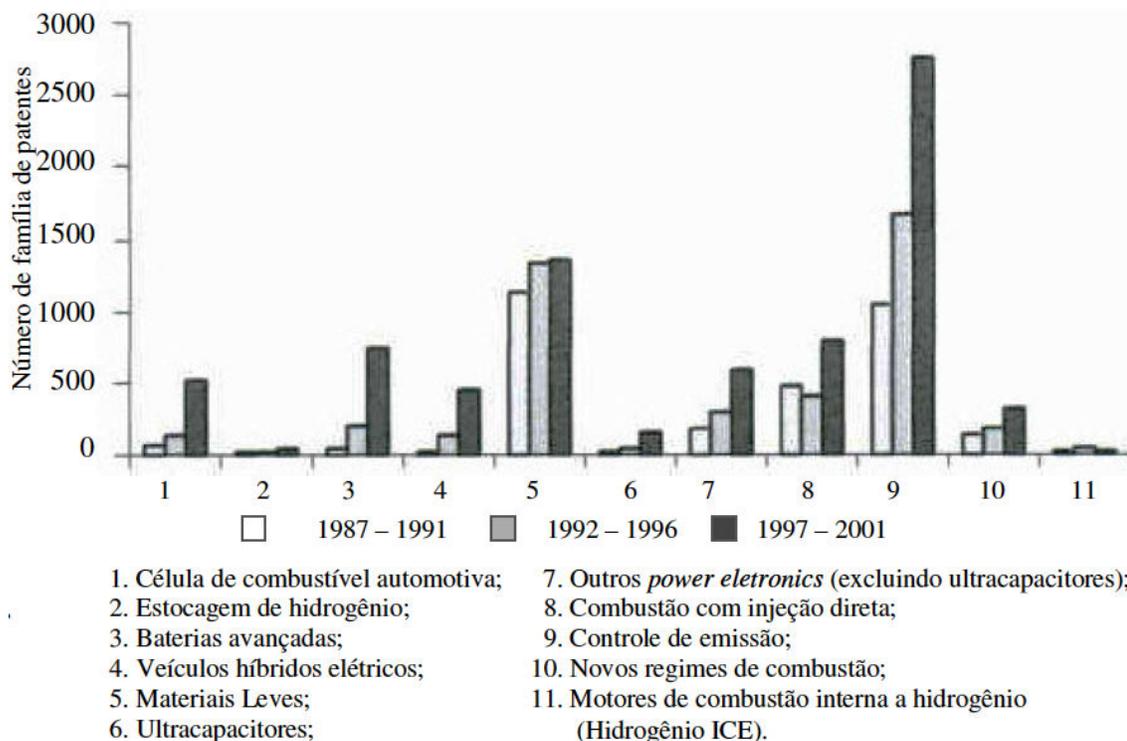


GRÁFICO 9 – COMPARAÇÃO DA ATIVIDADE DAS FAMÍLIAS DE PATENTES EM TECNOLOGIAS AUTOMOTIVAS AVANÇADAS

FONTE: CARVALHO (2008)

A busca cada vez mais intensa por novas e mais limpas formas de propulsão para os veículos automotores está respondendo às mudanças regulatórias já introduzidas ou em vias de introdução nos principais mercados, em decorrência da crescente preocupação com a maior eficiência energética dos autoveículos, com o efeito estufa e com a poluição em geral. Nesse sentido, com base nas informações de P&D e patentes, pode-se afirmar que está em curso uma mudança de comportamento na indústria automotiva, nos últimos anos.

¹¹ Proposto por Abernathy e Clark *et al* (1985), a noção de *de-maturity* industrial tem como significando “um incremento da diversidade da tecnologia de produtos realmente oferecidos no mercado, assim como um aumento da visibilidade (importância) competitiva da tecnologia”.

4 FONTES DE ENERGIAS ALTERNATIVAS – UMA TENDÊNCIA MUNDIAL

O automóvel atravessou todo o século XX como um dos bens de consumo mais cobiçados. Possuir um carro simbolizava, ao mesmo tempo, liberdade para se locomover, facilidade, *glamour*, *status* social e comodidade.

Em termos de design e acessórios, o automóvel passou por diversas transformações e evoluiu muito, mas o conceito básico de funcionamento do automóvel – motor a explosão interna alimentado a gasolina – passou por todo o século sem grandes mudanças. Apesar de sempre se cogitar sobre novos modelos de propulsão (energia elétrica, solar, etc.).

Tudo indica que o século XXI marque um novo ciclo no desenvolvimento dos veículos automotores. Pois o conceito de veículos cada vez mais sofisticados, de grande porte, por conseguinte, caros, movidos a gasolina e sem preocupação com o consumo de combustível, parece estar se esgotando.

A emergência de novas tecnologias introduziu pressões competitivas que impulsionaram diversas transformações vivenciadas pela indústria automotiva desde o início da década de 1990. Mais recentemente, fatores relacionados ao meio ambiente e à segurança entraram na agenda, balizando os esforços de desenvolvimento tecnológico no setor automotivo.

Nesse sentido, será apresentada nesse capítulo uma trajetória dos combustíveis fósseis e os motivos que levaram à busca de fontes de energias alternativas para os veículos. Serão mostrados também quais as fontes de energias alternativas e quais os seus níveis de desenvolvimento.

4.1 COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS E O AQUECIMENTO GLOBAL

No início do século XX, segundo Freeman e Soete (2008), veículos com motor de combustão interna, máquinas a vapor e com motor elétrico, coexistiam normalmente, e não havia evidências de que o motor de combustão interna teria preferência em relação aos demais. Tanto que as inovações básicas de todos os três ocorreram mais ou menos simultaneamente, em 1900, os veículos a vapor e elétricos representavam cerca de 3/4 dos 4 mil automóveis produzidos por 57 firmas norte americanas. Mas por volta de 1917, dos 3,5 mil veículos produzidos nesse

ano, menos de 50 mil eram veículos elétricos, enquanto os veículos a vapor estavam desaparecendo.

A explicação convencional para o desaparecimento dos veículos a vapor e elétricos parece ser, com base no retrospecto, a de que o motor de combustão interna (a gasolina) revelou-se “melhor” ou até “ótimo”. Muito embora, as coisas não tenham sido tão simples assim. No início, os veículos a vapor e elétricos apresentavam muitas vantagens técnicas, e os automóveis com motores de combustão interna tinham algumas grandes desvantagens, notadamente a transmissão por engrenagem corredeira inventada por Emile Levassor em 1891, era uma delas (FREEMAN; SOETE, 2008).

Tanto os carros a vapor como os elétricos funcionavam mais suavemente naqueles primórdios, mas ambos padeciam de suas maiores e crescentes desvantagens, vinculadas a seus pequenos raios de ação, devido ao peso das caldeiras dos primeiros ou das baterias dos segundos e aos conseqüentes problemas de reabastecimento. Assim, nos anos 1920, o motor a combustão interna passou a dominar por completo o mercado automotivo, relegando os veículos a vapor e os elétricos para nichos de mercado muito especializados ou para os museus (FREEMAN; SOETE, 2008).

O maior raio de ação foi sem dúvida uma das vantagens decisivas dos motores de combustão interna, mas isso não constituiu apenas um tópico puramente técnico. As redes de abastecimento e demais infraestruturas, poderiam ter sido concebidas de forma diferente, diante das estratégias e políticas públicas, que favorecessem o uso dos veículos elétricos. Com efeito, na década de 1990, devido aos problemas de poluição causados por milhões de motores de combustão interna, surgiram em algumas cidades, como na Califórnia, por exemplo, políticas para proporcionar serviços de recarga de baterias elétricas, etc. Mas o aprisionamento (*lock-in*) a esses motores de combustão interna – cuja principal razão deveu-se, naturalmente, ao sucesso das linhas de montagem de Henry Ford, que reduziram dramaticamente os custos e os preços do modelo T – faz com que qualquer mudança para algum sistema alternativo se transforme em um empreendimento verdadeiramente maciço, já que em meados da década de 1990 havia mais de 500 milhões de automóveis em uso no mundo (FREEMAN; SOETE, 2008).

Assim, durante todo o restante do século XX, os derivados de petróleo foram os principais combustíveis utilizados nos veículos automotores. No entanto,

novas fontes de energia vêm sendo desenvolvidas, e a tendência é que o petróleo perca progressivamente sua prevalência, sendo aos poucos substituído por novas fontes de energia, em desenvolvimento ou ainda não viabilizadas. Tudo indica que as próximas décadas marquem o fim da era dos combustíveis fósseis. E, ao contrário das perspectivas do século passado, esse evento não decorrerá da exaustão das reservas, mas da própria dinâmica econômica capitalista e das crescentes limitações ambientais.

Segundo Pinto Junior, *et al* (2007), alguns países vem implementando uma série de diferentes ações para a consecução de dois objetivos principais: i) a diversificação das fontes de suprimentos de petróleo; e ii) a ampliação da participação de fontes renováveis e mais limpas na matriz energética.

Como citam Goldenstein e Azevedo (2006) e Velloso, *et al* (2010), há algumas décadas, a indústria vem trabalhando para reduzir as emissões de gases pelos veículos, visando atender as crescentes exigências ambientais, e tem conseguido relativo sucesso nesse propósito. Muito embora os compromissos assumidos pelos países signatários do Protocolo de Quioto¹², que entrou em vigor em 2005, vêm estimulando a indústria a rever alguns dos conceitos básicos dos veículos, sobretudo no que se refere à utilização de combustíveis alternativos.

Como afirmam Valente, Soares e Peixoto (2007), ao contrário do que é normalmente difundido, o efeito estufa é um fenômeno natural benéfico e de extrema importância para a manutenção da vida na Terra. Ele é produzido por uma camada natural de gases na atmosfera, como o dióxido de carbono (CO₂), por exemplo, que protege a Terra da diminuição excessiva de temperatura, impedindo que o calor se dissipe em níveis que façam o planeta se resfriar em demasia. O problema se iniciou

¹² O Protocolo de Quioto é consequência de uma série de eventos iniciada com a *Toronto Conference on the Changing Atmosphere*, no Canadá (outubro de 1988), seguida pelo IPCC's *First Assessment Report em Sundsvall*, Suécia (agosto de 1990) e que culminou com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática (CQNUMC, ou UNFCCC em inglês) na ECO-92 no Rio de Janeiro, Brasil (junho de 1992). Também reforça seções da CQNUMC.

Desde meados da década de 1980 se discutem mudanças climáticas globais na esfera internacional. Tal processo resultou na realização da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento – CNUMAD, realizada no Rio de Janeiro em 1992, que gerou, entre outros documentos, a Convenção Quadro de Mudanças Climáticas - CMC. Passados cinco anos, houve o estabelecimento do Protocolo de Kyoto – PK - que, diferente da Convenção, estabeleceu normas mais claras sobre a redução de emissões de gases de efeito estufa e metas a serem atingidas por países que emitiram mais gases no passado.

Discutido e negociado em Quioto no Japão em 1997, foi aberto para assinaturas em 11 de Dezembro de 1997 e ratificado em 15 de março de 1999. Sendo que para este entrar em vigor precisou que 55% dos países, que juntos, produzem 55% das emissões, o ratificassem, assim entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005, depois que a Rússia o ratificou em Novembro de 2004.

a partir da Revolução Industrial, onde a intensificação da queima de combustíveis fósseis elevou a concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera. Em baixa concentração, o dióxido de carbono não representa perigo, porém, seu excesso amplia a ação do efeito estufa, causando o aquecimento global. A grande concentração de dióxido de carbono na atmosfera retém o calor que seria dissipado ao espaço, fazendo com que a temperatura da Terra se eleve, afetando a vida no planeta.

Então, conforme afirmam Goldenstein e Azevedo (2006), apesar de os cientistas não conseguirem comprovar umnexo de causalidade direta entre o aquecimento global e o aumento do efeito estufa, há fortes indícios de que isso se deveu às ações do homem. O fato de a temperatura estar em elevação, com previsão de aumento de 2°C a 6°C nos próximos 100 anos, obriga as nações a tomar medidas drásticas para reduzir suas emissões de gases. Os impactos causados por um aquecimento dessa magnitude, com derretimento das calotas polares, inundações de cidades litorâneas e furacões, são de proporções incalculáveis.

O processo de combustão dos derivados de petróleo efetuado pelos motores veiculares resulta no lançamento de gás carbônico para a atmosfera. Em resumo, retira-se uma grande quantidade de compostos de carbono estocada no subsolo, lançando-os para a atmosfera, num processo inverso àquele que o ecossistema do planeta levou cerca de cinco milhões de anos para constituir.

Se a combustão for de um elemento não-fóssil, como o álcool, por exemplo, também será emitido gás carbônico para a atmosfera. Entretanto, não será promovido desequilíbrio no ecossistema, já que o gás carbônico emitido será contrabalançado por aquele consumido pela cana-de-açúcar em seu crescimento. A combustão do álcool, portanto, não contribui para o aumento do efeito estufa (GOLDENSTEIN; AZEVEDO, 2006).

Grande parte das emissões de gases de efeito estufa do setor de transporte ocorre no transporte individual diário, no qual as pessoas utilizam de seus veículos para o deslocamento casa-trabalho trabalho-casa, em deslocamentos curtos e geralmente a baixas velocidades (POMPERMAYER, 2010).

Assim, segundo Goldenstein e Azevedo (2006) e Tacon, *et al* (1998), o setor de transporte é, atualmente, um dos principais responsáveis pelo lançamento de gases na atmosfera, respondendo por cerca de 26% do total das emissões de

gases¹³, o que tem levado a indústria automotiva a promover grandes investimentos na pesquisa por alternativas à utilização dos derivados de petróleo.

Nesse sentido, o Brasil destaca-se como o único país com a experiência histórica maciça de desenvolvimento e utilização de combustível renovável (Programa Nacional do Álcool – Proálcool). Deve-se ressaltar o papel de excelência da engenharia nacional nesse processo, primeiro durante o Proálcool, e mais recentemente, com o desenvolvimento dos motores flexíveis.

O desenvolvimento dos carros com “combustível flexível” coloca o Brasil em posição de destaque e protagonismo no cenário mundial. Nesse cenário, o combustível renovável, que ganha mercado ano após ano, caminha para ser novamente, preponderante em nossa frota de veículos de passeio.

4.2 INOVAÇÕES NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA – NOVAS FONTES DE ENERGIA

Nas últimas três décadas, a indústria automotiva vem passando por várias e importantes mudanças. Ainda nos anos 1970, o oligopólio automobilístico foi abalado pela emergência das montadoras japonesas no cenário internacional e subseqüentemente pela introdução dos inovadores métodos de organização e de gestão da produção criados e desenvolvidos pela Toyota¹⁴, conforme já explorado anteriormente.

Os anos 1980 foram marcados, conforme relata Carvalho (2008), por um lado, pelo início do processo de difusão do sistema toyotista de produção e, por outro, pela introdução e difusão das técnicas de produção flexível. Viabilizadas pelos

¹³ Dados estimados pela Comissão da Política Regional, dos Transportes e do Turismo do Parlamento Europeu. De acordo com o parecer dessa Comissão, os demais setores responsáveis pelas emissões de gases de efeito de estufa seriam os de abastecimento de energia (35%), da indústria (17%), doméstico/terciário (22%).

¹⁴ Elaborado por Taiichi Ohno, o toyotismo surgiu nas fábricas da montadora de automóvel Toyota, após a segunda Guerra Mundial. No entanto, esse modo de produção só se consolidou como uma filosofia orgânica na década de 70. O toyotismo possuía princípios que funcionavam muito bem no cenário japonês, que era muito diferente do americano e do europeu.

O toyotismo tinha como elemento principal, a flexibilização da produção. Ao contrário do modelo fordista, que produzia muito e estocava essa produção, no toyotismo só se produzia o necessário, reduzindo ao máximo os estoques. Essa flexibilização tinha como objetivo a produção de um bem exatamente no momento em que ele fosse demandado, no chamado *Just in Time*. Dessa forma, ao trabalhar com pequenos lotes, pretende-se que a qualidade dos produtos seja a máxima possível. Essa é outra característica do modelo japonês: a Qualidade Total.

A crise do petróleo fez com que as organizações que aderiram ao toyotismo tivessem vantagem significativa, pois esse modelo consumia menos energia e matéria-prima, ao contrário do modelo fordista. Assim, através desse modelo de produção, as empresas toyotistas conquistaram grande espaço no cenário mundial.

avanços da microeletrônica, as tecnologias de produção flexível criaram – juntamente com as inovadoras formas de organização da produção – grandes oportunidades para a introdução de inovações no setor automotivo, tanto no processo produtivo quanto nos próprios produtos.

Já os fatos marcantes da década de 1990 foram sucessivamente, o deslocamento do foco competitivo para o desenvolvimento de produtos e o avanço do processo de globalização, assim como suas conseqüências em termos dos fatores que definem a competitividade no setor.

Estas últimas décadas, especialmente a partir de meados dos anos 1980, têm sido caracterizadas pela intensificação do processo competitivo, crescentemente global. Ainda que a concorrência na indústria automotiva não possa ser qualificada de dramática, ela tem sido sem dúvida, severa.

Mais recentemente, principalmente a partir de meados dos anos 1990, tem se observado também um crescente empenho das empresas do setor automotivo (não só das montadoras) no desenvolvimento das chamadas tecnologias automotivas avançadas, conforme abordado mais amplamente no capítulo 3.

Nesse sentido, Casotti e Goldenstein (2008), afirmam que essas transformações nos produtos automotivos decorrem de três fatores fundamentais: motivações ambientais, preço do petróleo e novos mercados. Essa conjunção de fatores leva a indústria automotiva a uma tendência irreversível ao aumento da eficiência, redução do consumo e busca de novas soluções para atender esse novo mercado.

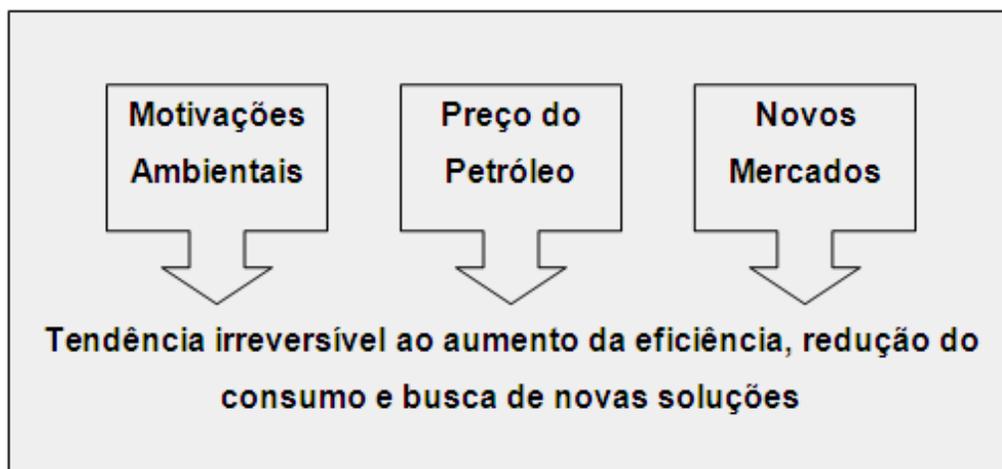


FIGURA 3 – NOVO CONTEXTO PARA OS VEÍCULOS AUTOMOTORES

FONTE: CASOTTI e GOLDENTEIN (2008)

Ainda, afirma Carvalho (2008), a indústria automotiva tem buscado modernizar continuamente a tecnologia de seus produtos – eletrônica, tecnologia de informação, novos materiais e formas mais eficientes e/ou alternativas de propulsão, são variáveis-chave nesse processo.

Dentre essas tecnologias, merece destaque a tecnologia dos motores, que na busca de uma queima mais eficiente dos combustíveis e uma redução da emissão de gases, visa atender às crescentes exigências e necessidades ambientais.

Assim, conforme afirmam Goldenstein e Azevedo (2006), nos motores a gasolina, as principais inovações da última década foram a utilização dos sistemas de injeção eletrônica de combustível, em substituição aos carburadores, e a introdução dos filtros catalisadores. Com a injeção eletrônica, torna-se possível dosar a mistura ar-combustível, ponto a ponto, em todos os regimes de trabalho do motor, reduzindo o consumo e maximizando a potência do motor. Já o catalisador consegue transformar a maior parte dos gases tóxicos produzidos pelo motor em gases inertes.

Atualmente, a grande questão que se coloca não diz respeito aos gases tóxicos, e sim a um gás tido, historicamente, como inofensivo ao meio ambiente: o dióxido de carbono, que representa 18,1% das emissões veiculares. A liberação desse gás é inerente ao processo de combustão, e o CO₂ lançado à atmosfera é um dos principais gases de efeito estufa, como já relatado anteriormente.

Nesse sentido, conforme citam Goldenstein e Azevedo (2006), as duas principais linhas de ação adotadas para a redução do lançamento de CO₂ são: a utilização de veículos de menor cilindrada e conseqüentemente, menor consumo e a utilização de fontes de energias alternativas.

As evoluções tecnológicas nos motores permitem que se obtenha um bom torque mesmo em motores de menor cilindrada. Essa foi a principal linha adotada pelas indústrias japonesas, que têm ganhado maiores percentuais de participação no mercado mundial, sobretudo pelo avanço no mercado americano (GOLDENSTEIN; AZEVEDO, 2006).

Na Europa, onde predomina a utilização de motores diesel em veículos de passeio, essa tendência também pode ser percebida. Novas tecnologias, como o

turbo diesel com injeção direta, permitem bom torque, apesar do reduzido volume dos cilindros.

Ainda segundo Goldenstein e Azevedo (2006), dentre as fontes de energia alternativas, as inovações podem ser divididas em dois grandes grupos: utilização de combustíveis alternativos (gás natural, biodiesel, álcool) e veículos movidos por motores elétricos (bateria, solar, híbrido, células de combustível), visando à substituição total ou parcial dos derivados do petróleo, que serão abordados a seguir.

4.3 COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS

Em todo o mundo, aproximadamente 800 milhões de veículos estavam em circulação no ano 2000. Em 2050 este valor deve ser multiplicado, superando os dois bilhões¹⁵. Além das questões ambientais, existe ainda o problema do abastecimento de petróleo no mundo, pois, ainda que novos poços de petróleo continuem sendo descobertos, as reservas são limitadas e concentradas em alguns poucos países. Essas situações asseguram uma perspectiva mais favorável para o desenvolvimento de fontes de energias alternativas.

Além do etanol, já consolidado como fonte renovável principalmente no Brasil e mais recentemente nos Estados Unidos, a indústria automotiva testa outras alternativas, tendo passado, em muitos casos, da fase de protótipos para os testes comerciais (FONSECA; SOUZA; SCHNEIDER, 2009).

4.3.1 Álcool (etanol)

O Brasil é o pioneiro na produção de álcool combustível, a partir da produção da cana-de-açúcar, utilizando tanto álcool hidratado (como combustível nos motores automotivos) quanto o álcool anidro. Como citado em Pinto Junior, *et al* (2007), o Proálcool, lançado em 1975, no âmbito do conjunto de medidas de política energética, visando a enfrentar o primeiro choque do petróleo, tornou-se uma referência internacional.

¹⁵ Segundo dados do INSTITUTO AKATU PELO CONSUMO CONSCIENTE, na publicação: Combustíveis alternativos começam a ganhar mercado.

Conforme Goldenstein e Azevedo (2006), o álcool foi o primeiro combustível renovável a ser utilizado em larga escala e já provou sua viabilidade técnica e econômica. Ao contrário dos derivados do petróleo, é uma fonte inesgotável de energia, não prescinde da descoberta de novas reservas e possui imenso potencial de aumento da produção, seja via ampliação da área plantada, seja por meio de aumentos na produtividade agrícola.

O álcool, afirmam Goldenstein e Azevedo (2006):

Pode ser produzido a partir de diversas matérias-primas, como a cana-de-açúcar, a beterraba, o milho, o trigo, a soja e até o côco de babaçu, é possível a obtenção do produto nas mais diferentes regiões geográficas. Ao contrário do petróleo, os principais países produtores de álcool não estão sujeitos a graves tensões geopolíticas (GOLDENSTEIN; AZEVEDO, 2006, p. 251).

A tecnologia dos motores a álcool já está plenamente dominada, tratando-se de um motor ciclo Otto bastante semelhante ao motor a gasolina. A principal diferença é a necessidade de maior taxa de compressão do motor, além do tratamento especial para evitar os problemas de corrosão.

Nesse sentido, vale ressaltar que, quanto a sua capacitação tecnológica, a indústria de etanol pode ser caracterizada como o que Pavitt chamou de “indústria dominada pelos fornecedores”. Pois, como relata Bomtempo (2010), a tecnologia de produção de etanol vem incorporada nos equipamentos e projetos de engenharia adquiridos de fornecedores especializados.

Segundo Goldenstein e Azevedo (2006), do ponto de vista das emissões de gases poluentes e de CO₂, a combustão do álcool apresenta comportamento semelhante ao da gasolina. A maior relevância atual do uso do álcool relaciona-se ao efeito estufa e ao balanço final de dióxido de carbono no meio ambiente. Pode-se afirmar que uma quantidade equivalente ao CO₂ emitido pelos motores a álcool para a atmosfera é capturada pela cana-de-açúcar (ou outras matérias-primas) em seu processo de crescimento, que o utiliza para criar novas cadeias carbônicas, no processo de fotossíntese. Assim, a utilização do álcool não contribui com o efeito estufa.

Por ter características de um combustível limpo e renovável, o álcool passou a ser atrativo para diversos países, como EUA, Suécia, Canadá, México, Índia e Japão, que estudam e investem em sua utilização. O interesse é ainda maior por causa da manutenção das cotações do petróleo em patamares elevados.

4.3.2 Sistema *flex fuel*

A tecnologia de combustível *flex* foi lançada nos EUA e equipou os primeiros veículos em 1992. Ela baseava-se no reconhecimento, por meio de sensores físicos, do teor de álcool em mistura com a gasolina para, em seguida, ajustar a operação do motor às condições mais favoráveis ao uso da mistura em questão. A tecnologia norte-americana, conforme afirmam Goldenstein e Azevedo (2006), foi desenvolvida a partir de motores a gasolina e permite a utilização de uma mistura com até 85% de álcool.

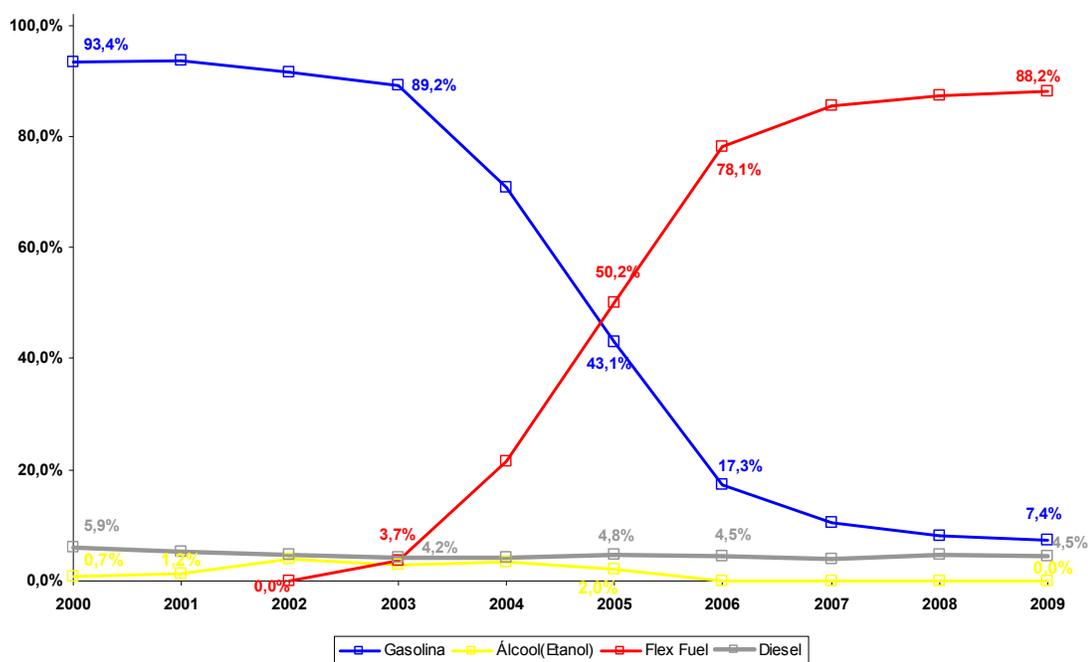
No Brasil, os estudos para a aplicação dessa tecnologia foram iniciados em 1991, pela empresa Bosch, que detinha a patente desde 1988. Em 1992 sua equipe começou a projetar o automóvel Omega 2.0 com a primeira proposta de tecnologia *flex* (TEIXEIRA, 2005). Posteriormente, a empresa Magneti Marelli, começou a pensar em alternativas para baratear e aperfeiçoar o sensor do sistema *flex* (TEIXEIRA, 2005). Em 2003, passado o primeiro período de desenvolvimento, setores da indústria automotiva perceberam a possibilidade de veículos “*flex fuel*” representarem uma nova opção de mercado, pois os veículos movidos exclusivamente a álcool apresentavam declínio nas vendas.

Conforme Goldenstein e Azevedo (2006) e Fonseca, Souza e Schneider (2009), as pesquisas realizadas no Brasil resultaram em uma concepção tecnológica mais avançada que a norte-americana. Enquanto nos Estados Unidos os veículos “*flex fuel*” foram derivados dos veículos a gasolina, no Brasil aproveitou-se a vasta experiência com os veículos a álcool, cuja taxa de compressão dos motores é mais elevada. Com isso, o conceito “*flex fuel*” nacional se mostra melhor em termos de desempenho e economia de combustível, além de possibilitar o uso de até 100% de álcool, o que não ocorre nos Estados Unidos, onde o conteúdo de álcool é de no máximo 85%.

A inovação tecnológica mais relevante foi a utilização de um sistema computadorizado de reconhecimento do combustível, mais eficiente e, sobretudo, bem mais barato do que os sensores físicos utilizados pelos americanos. Trata-se de um software, instalado no chip de comando da injeção eletrônica, que calcula o percentual da mistura e ajusta automaticamente os parâmetros de funcionamento do motor.

A tecnologia de combustível flex transformou o motor convencional em um motor “inteligente”, permitindo que o usuário do veículo escolha qual combustível utilizar, em qualquer proporção.

Seu lançamento foi um grande sucesso no Brasil, e a tecnologia passou a ser exportada para outros países. A nova tecnologia contribuiu para o aquecimento do mercado interno e acabou provocando uma grande mudança no mercado interno de veículos. Em 2003, por exemplo, os veículos bicombustíveis responderam por apenas 3,7% dos automóveis vendidos no país, enquanto os veículos movidos à gasolina responderam por 89,2%, em 2005 os veículos bicombustíveis já respondiam por 50,2% dos veículos vendidos e em 2009 os veículos bicombustíveis responderam por 88,2%, enquanto os veículos a gasolina responderam por apenas 7,8% dos automóveis vendidos no país.



OBS. 1: Os dados até 1994, referem-se a vendas internas no atacado.

GRÁFICO 10 – MIX DE LICENCIAMENTO DE AUTOMÓVEIS E COMERCIAIS LEVES NO BRASIL – POR TIPO DE COMBUSTÍVEL – 2000 À 2009

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA COM BASE EM ANFAVEA; DENATRAN

Conforme pode ser verificado no gráfico 10, a venda de veículos bicombustíveis só tem aumentado, ano após ano. Vale ressaltar ainda, que essa

situação lançou as bases para a retomada da utilização do álcool combustível no Brasil.

Segundo Fonseca, Souza e Schneider (2009), o desenvolvimento dos veículos flexíveis conferiu ao etanol a compatibilidade necessária com os novos motores, cuja evolução no mercado global é essencialmente dirigida para a gasolina. Com a entrada dos Estados Unidos em um programa governamental para produzir etanol combustível, o Brasil ganhou um forte aliado para conferir ao etanol o status de combustível renovável global para substituição da gasolina. A característica dos veículos flexíveis é de oferecer liberdade de escolha para o cliente a cada abastecimento.

Ainda segundo Fonseca, Souza e Schneider (2009), este tem sido o aspecto-chave para a explosão de vendas dos veículos flexíveis no Brasil. Para o consumidor final, existindo a possibilidade de o combustível renovável concorrer a cada momento em preço e qualidade com o combustível tradicional, a liberdade de escolha continuará a ser o aspecto fundamental.

4.3.3 Gás natural veicular

O Gás Natural Veicular é um combustível fóssil – basicamente uma mistura de hidrocarbonetos leves – encontrado em regiões porosas no subsolo, podendo estar associado ou não ao petróleo. É composto por gases inorgânicos e hidrocarbonetos saturados, predominando o metano e, em menores quantidades, o propano e o butano, entre outros.

Segundo Tacon *et al* (1998), dentre as vantagens do uso do gás em relação aos demais combustíveis fósseis estão: a segurança, uma vez que o gás só inflama a 620°C, temperatura mais alta que a do álcool (200°C) e a da gasolina (300°C); uma queima mais limpa, com menor emissão de poluentes e de gás carbônico que a gasolina e maior vida útil dos equipamentos automotivos por causa da ausência de material particulado.

Quanto a sua difusão no Brasil, Goldenstein e Azevedo (2006), afirmam que:

A utilização do GNV no Brasil foi impulsionada pela construção do gasoduto Brasil-Bolívia e a conseqüente abundância do produto no país. Visando diversificar a matriz energética e escoar a quantidade excedente de gás, o Governo federal incentivou o seu uso em veículos automotores,

subsidiando seu preço e concedendo considerável desconto no IPVA dos veículos adaptados. Esses incentivos tornaram a utilização do GNV especialmente proveitosa para os veículos de transporte urbano, como táxis e vans (GOLDENSTEIN; AZEVEDO, 2006, p. 250).

Os incentivos governamentais para utilização e difusão do GNV acarretaram aumento do consumo em detrimento não só da gasolina como também do álcool. Os produtores de álcool freqüentemente criticam esses subsídios, com alegações ambientais do tipo: “governo estimula uso de combustível fóssil GNV e não do renovável – álcool” e sociais: “a produção de álcool é geradora de empregos, ao contrário da de GNV”.

Por ser um combustível fóssil, sua utilização pressupõe a retirada de carbono do subsolo, e, assim, contribui com o aumento do efeito estufa, porém, do ponto de vista ambiental, apresenta algumas vantagens, como a menor emissão de poluentes e também de gás carbônico, além de viabilizar uma diversificação da matriz energética. De qualquer forma, o GNV se apresenta como uma alternativa aos derivados de petróleo.

4.3.4 Biodiesel

O biodiesel é um combustível derivado de fontes renováveis que pode ser utilizado para substituir, parcial ou integralmente, o óleo diesel derivado do petróleo, evitando o lançamento de CO₂ na atmosfera.

Segundo Goldenstein e Azevedo (2006), o processo de produção mais freqüentemente utilizado é o da transesterificação a partir de óleos vegetais. Um subproduto do processo de transesterificação¹⁶ é a glicerina, aplicada na produção de tintas, adesivos, produtos farmacêuticos e têxteis, o que pode aumentar a competitividade do biodiesel.

Conforme citado em Mendes e Costa (2010), o biodiesel pode ser produzido a partir de diversos tipos de óleos vegetais (soja, canola, girassol, mamona, pinhão-

¹⁶ Segundo Antonio Furfari em Biofuels: illusion or reality?: The European experience (2008), transesterificação é uma reação química entre um éster e um álcool da qual resulta um novo éster e um álcool.

A transesterificação é o processo mais utilizado atualmente para a produção de Biodiesel. O processo inicia-se juntando o óleo vegetal com um álcool (metanol, etanol, propanol, butanol) e catalisadores (que podem ser ácidos, básicos ou enzimáticos).

Nesse processo, obtém-se um éster metílico de ácido graxo e glicerina como subproduto, que é removida por decantação. O éster metílico de ácido graxo formado possui uma viscosidade menor que o triacilglicerol utilizado como matéria-prima.

A glicerina formada é usada por indústrias farmacêuticas, de cosméticos e de explosivos.

manso, algodão, dendê, etc.) ou de gordura animal. Por exemplo, no Brasil, em setembro de 2009, o óleo de soja representava cerca de 75% da matéria-prima utilizada para a produção de biodiesel, seguido por 16% de gordura bovina e 6% de algodão, conforme pode ser verificado no gráfico 11.

O biodiesel é considerado um produto nobre, que pode ser adicionado ao óleo diesel em concentração de 1% a 2%, simplesmente com o objetivo de melhorar a lubricidade do combustível, além de seus efeitos ecológicos. Em países como Alemanha, França, Itália e EUA, o biodiesel já é utilizado comercialmente, tanto em mistura com o óleo diesel quanto em sua forma pura.

A experiência internacional tem demonstrado que, para misturas de óleo diesel com até 20% de biodiesel, não há necessidade de alterações no motor a diesel. No caso de utilização em maiores percentuais ou na forma pura, há necessidade de modificações nos motores, visando evitar problemas de manutenção e desempenho.

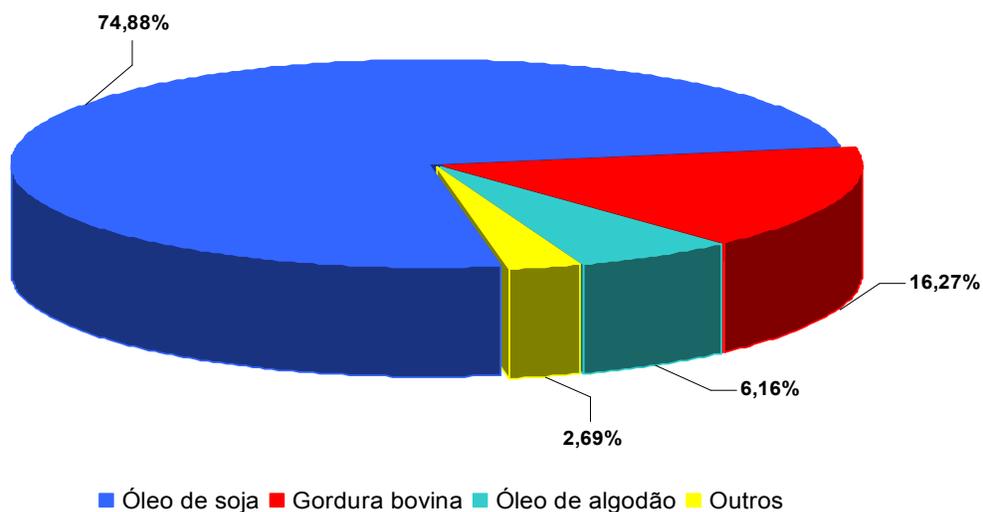


GRÁFICO 11 – PARTICIPAÇÃO RELATIVA DOS ÓLEOS BRUTOS NA PRODUÇÃO DE BODIESEL

FONTE: MENDES e COSTA (2010)

Conforme apontam Goldenstein e Azevedo (2006), as primeiras iniciativas tecnicamente estruturadas no Brasil para uma ampla avaliação da viabilidade de uso de óleos vegetais *in natura* e de biodiesel ocorreram em 1982, com o lançamento, pelo Governo federal, do Programa de Óleos Vegetais, conhecido como Oveg.

Naquele ano, foram desenvolvidos diversos testes com a colaboração da indústria automotiva. Embora os resultados dos testes tenham sido especialmente animadores para o biodiesel, o alto custo do produto, em comparação aos preços do óleo diesel tradicional, inibiu seu uso comercial.

Diversos fatores levaram à retomada recente das pesquisas brasileiras para a produção de biodiesel: a elevação dos preços internacionais do petróleo e a necessidade de reduzir a sua importação, a implantação do Protocolo de Quioto e as possibilidades de acessar o mercado de crédito de carbono e as perspectivas de desenvolvimento social a partir do plantio das oleaginosas em sistemas de agricultura familiar.

Nesse sentido, segundo Mendes e Costa (2010), o biodiesel foi introduzido na matriz energética brasileira, no ano de 2005, pela Lei 11.097 de 13 de janeiro de 2005, por meio da adição do biodiesel ao diesel mineral consumido no país. O governo federal identificou como estratégico para o Brasil promover um combustível renovável que pudesse fomentar o desenvolvimento regional, reduzir as desigualdades sociais, gerar emprego e renda no campo e reduzir a necessidade de divisas para importação de diesel.

Ainda conforme citado por Mendes e Costa (2010), o governo federal definiu regras para a introdução da mistura do biodiesel no diesel:

Entre os anos de 2005 e 2007, a mistura de 2% no diesel comercializado foi autorizada de forma não compulsória (período voluntário). O período de obrigatoriedade começou em janeiro de 2008 com a mistura a 2%, tendo de passar a 5% até 2013. No segundo semestre de 2008, o governo elevou a mistura para 3%, e no segundo semestre de 2009 para 4%. Embora inicialmente a mistura a 5% estivesse prevista para vigorar somente em 2013, durante o ano de 2009 esse prazo foi revisto, antecipando a meta de 5% a partir de janeiro de 2010 (MENDES E COSTA, 2010, p. 254).

Para organizar esse novo mercado obrigatório e fiscalizar a qualidade do biodiesel produzido, o governo atribuiu essa responsabilidade à Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. Uma das principais incumbências da ANP é realizar periodicamente os leilões de compra e venda de biodiesel. O governo preferiu manter a sistemática de compra por meio de leilões no período obrigatório, em detrimento de negociação direta entre produtores e distribuidores ou refinarias, tal como ocorre no mercado de etanol.

Para que o biodiesel exerça um papel importante na matriz energética e não seja apenas um complemento marginal ao diesel mineral, são necessárias

inovações para que alguns paradigmas sejam quebrados, a fim de reduzir o seu custo de produção, empregando-se matéria-prima de alta produtividade que não seja alimento. Somente assim o biodiesel se desvincularia da tradicional e consolidada indústria do petróleo tornando-se de fato uma alternativa ao petróleo.

4.4 VEÍCULOS MOVIDOS A MOTORES ELÉTRICOS

Nesse início do século XXI, a eletrificação veicular surge como uma tendência tecnológica inexorável, quase um século após serem superados por modelos propulsionados por motores a combustão. Essa nova tendência representa uma mudança significativa no setor automotivo, implicando na substituição dos motores a combustão interna por motores elétricos como fonte de força motriz veicular. A expectativa num futuro próximo, é que os veículos elétricos passem a disputar mercado com os veículos tradicionais.

Segundo, Castro e Ferreira (2010) e INEE (2010), as mudanças tecnológicas reabilitaram os veículos elétricos, muito difundidos no começo do século passado. Naquela época, além de modelos com propulsão por motores elétricos ou a combustão, existiam ainda veículos movidos por motores a vapor.

Em linhas gerais, conforme afirmam Velloso *et al* (2010), a crescente disponibilidade e o baixo custo dos derivados de petróleo, associados à ausência de pressões ambientais, favoreceram a adoção do motor a combustão interna. Muito embora propiciasse maior conforto, devido a ausência de ruído e emissão de gases, os veículos elétricos enfrentavam problemas relacionados à autonomia e ao carregamento da bateria. Entretanto, novos fatores promoveram o renascimento dos veículos elétricos, em especial, o desenvolvimento tecnológico das baterias, a questão da segurança energética e a redução de impactos ambientais.

Um veículo elétrico, conforme citado por Castro e Ferreira (2010), pode ser definido como:

Aquele tracionado por pelo menos um motor elétrico. Enquanto os veículos com motor a combustão interna podem ter um motor elétrico, só nos elétricos é que ele estará direta ou indiretamente ligado à tração do veículo. Os motores elétricos em veículos a combustão interna normalmente estão ligados a sistemas periféricos, como o acionamento de vidros elétricos (CASTRO; FERREIRA, 2010, p. 277).

De modo simplificado, pode-se classificar os veículos elétricos em duas categorias: puros e híbridos.

4.4.1 Veículos elétricos puros

Os veículos elétricos são fabricados desde o início do século XX e, pela maior eficiência energética, sempre foram considerados uma alternativa para o setor de transporte. Uma das vantagens dos motores elétricos é o baixíssimo nível de ruído, se comparado com os motores a combustão. Outra vantagem dos veículos elétricos, diz respeito ao aspecto ambiental. Os motores são ecologicamente “corretos”, não emitindo quaisquer tipos de gases (GOLDENSTEIN; AZEVEDO, 2006).

Apesar dos avanços recentes, o principal desafio para a sua disseminação ainda é a autonomia dos veículos, uma vez que, em veículos de passeio, as baterias são muito pesadas e possuem baixa capacidade de armazenamento de energia. Um outro problema é o tempo elevado para o carregamento das baterias. Esses fatores acabaram restringindo o uso desses veículos a casos específicos (transporte em áreas restritas, ambientes internos, atividades recreativas, etc.).

Conforme afirmam Castro e Ferreira (2010), os veículos puramente elétricos não têm um motor a combustão. Eles são integralmente movidos por energia elétrica, seja provida por baterias, por células de combustível (*fuel cells*), por placas fotovoltaicas (energia solar) ou ligados à rede elétrica. Entre esses, vale ressaltar que, as grandes montadoras têm concentrado a maioria dos lançamentos em veículos movidos a bateria.

Com relação aos veículos elétricos a bateria, Goldenstein e Azevedo (2006) afirmam que, sua viabilidade comercial, ainda suscita dúvidas. Uma experiência relevante levada a cabo nos últimos anos foi o projeto europeu “Linha Azul”, implantado em algumas cidades de Portugal entre 2002 e 2005. Nas cidades de Portalegre, Bragança, Vizeu e Coimbra, ônibus elétricos circulam em áreas turísticas, com pista exclusiva, viabilizando o transporte dos visitantes em veículos com baixíssimo nível de ruído e sem a emissão da fuligem característica dos ônibus comuns.

Um outro tipo de veículo elétrico historicamente utilizado foi o ligado à rede elétrica, conhecido também como trólebus. Ele foi muito utilizado no transporte público, entretanto, com o aumento dos problemas relacionados ao de tráfego

urbano e também por causa do elevado custo de manutenção da rede, essa modalidade de veículos não tem previsão de expansão.

Ainda segundo Goldenstein e Azevedo (2006), uma alternativa interessante para obtenção de energia para veículos elétricos é o aproveitamento da energia solar, fornecida através de placas fotovoltaicas. Infelizmente, para ter a bordo células fotovoltaicas capazes de obter a energia para movimentar o carro, ele precisa ser plano, leve, e ter uma grande área superior. O que implica em um desafio arquitetônico e em custos não-competitivos para o setor automotivo.

No Brasil, conforme citado por Velloso *et al* (2010), há alguns projetos de veículos elétricos puros em desenvolvimento, dentre os quais podem ser citados o Projeto VE¹⁷, iniciado em 2006, da Itaipu Binacional, em cooperação com a empresa suíça Kraftweke Oberhasli (KWO), controladora de hidroelétricas suíças, e a montadora Fiat, além de outras empresas e instituições de pesquisa. Eles desenvolvem dois modelos de veículos, o Palio Weekend Elétrico e o caminhão leve Iveco Daily Elétrico. Ambos são veículos elétricos puros, sendo que o Palio utiliza uma bateria de níquel e o Daily, três baterias, de sódio, níquel e cádmio. Existem também outras iniciativas, são projetos em fase mais embrionária, como o do Triciclo Pompéo¹⁸, desenvolvido por uma empresa na incubadora tecnológica da Itaipu Binacional, que utiliza baterias de íon lítio.

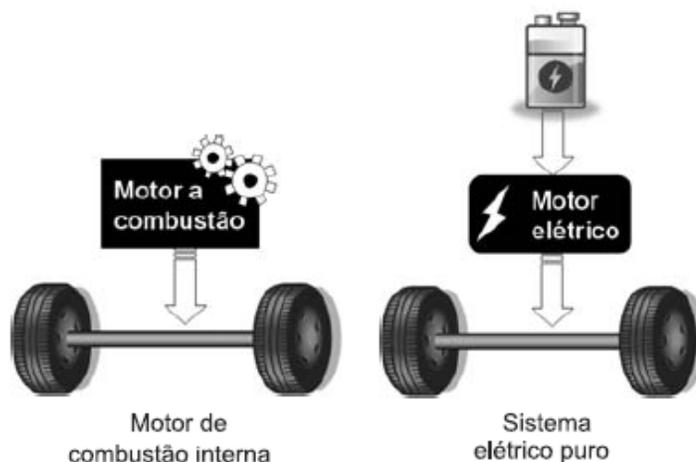


FIGURA 4 – DESENHO ESQUEMÁTICO DA ARQUITETURA DOS SISTEMAS TRADICIONAL E ELÉTRICO PURO

FONTE: CASTRO e FERREIRA (2010)

¹⁷ Projeto VE Itaipu/KWO no endereço eletrônico: <http://www2.itaipu.gov.br/ve>

¹⁸ Triciclo Pompéo no endereço eletrônico: <http://www.triciclopompeo.com.br>

A figura 4, mostra de forma simplificada, um desenho esquemático da arquitetura do sistema elétrico puro, bem como do sistema tradicional.

Além das iniciativas citadas, já em escala comercial, encontram-se no Brasil, alguns modelos de motocicletas elétricas, e também ônibus urbanos com tração elétrica e a célula de hidrogênio.

Existe uma clara distinção entre os veículos elétricos puros e os híbridos, que serão tratados no item seguinte, em relação a dois aspectos: a autonomia, que atualmente é maior nos veículos híbridos, devido a utilização acessória de um motor a combustão, e o peso do conjunto de baterias. Já os demais itens são mais similares, não apresentando muitas diferenças de conceito e desempenho.

4.4.1.1 Veículos movidos a células de combustível (*fuel cell*)

Células de combustível (*fuel cell*) são definidas por Castro e Ferreira (2006), como:

Células eletroquímicas (como as pilhas) que convertem combustível em eletricidade. Apesar da possibilidade de utilizar diferentes combustíveis, há um forte apelo pelo uso do hidrogênio, que resultaria em veículos praticamente não poluentes (CASTRO; FERREIRA, 2006, p. 279).

Vale ressaltar que as células de combustível não armazenam a energia. A eletricidade é continuamente gerada enquanto a célula estiver sendo alimentada por um combustível. A reação química é trivial: o hidrogênio combustível é colocado no anodo da célula, enquanto o oxigênio, do ar, entra pelo catodo. Utilizando-se um catalisador, o hidrogênio reage com o oxigênio, gerando energia e vapor d'água.

Essa parece ser a forma ideal de se viabilizar a utilização dos carros elétricos sem os problemas e as limitações dos veículos elétricos a bateria. Essa tecnologia oferece ainda, uma produção de eletricidade silenciosa e de alta eficiência.

Segundo Goldenstein e Azevedo (2006), o domínio dessa tecnologia poderia viabilizar o sonho da energia limpa, a ser utilizada não só nos veículos automotores como em outros campos. A célula combustível pode ser utilizada em uma infinidade de aplicações, entre elas a geração estacionária de energia elétrica para uso residencial, comercial e industrial. Discute-se ainda a possibilidade de se

implantarem pequenas unidades de geração local de energia, sobretudo em áreas rurais, em oposição à extensão das linhas de transmissão existentes.

Goldenstein e Azevedo (2006) citam uma frase de Bill Ford, neto de Henry Ford, e atual diretor-presidente da Ford Motors Company, que fala por si:

Creio que os veículos com células de combustível terminarão com os 100 anos de reinado dos motores de combustão interna como a fonte de potência dominante para o transporte pessoal. Será uma situação de ganhar por todos os lados – os consumidores obterão uma fonte de potência eficiente, as comunidades terão emissões zero e os fabricantes de automóveis terão outra grande oportunidade de negócio – uma oportunidade de crescimento (GOLDENSTEIN; AZEVEDO, 2006, p. 248).

Ainda para Goldenstein e Azevedo (2006), quando a tecnologia das células de combustível for dominada e for possível baixar os seus custos de fabricação, tudo indica que esta passará a ser a principal forma de se movimentar os veículos automotores. Nesse sentido, as demais fontes alternativas ao petróleo atualmente em implementação seriam apenas uma transição entre a “era do petróleo” e a “era do hidrogênio”.

Os motores a células de combustível têm maior eficiência energética do que os motores a combustão interna. Um motor movido por células de hidrogênio converte cerca de 55% da energia do combustível em força mecânica, enquanto nos motores a gasolina a eficiência é de cerca de 30%.

O principal entrave para a larga utilização dessa tecnologia é o custo da membrana e, sobretudo, da platina que a reveste. Também é preciso aumentar a durabilidade e potência das células. Não existe consenso sobre o prazo necessário para que a tecnologia seja comercialmente viável. As estimativas variam entre 15 e 50 anos.

Outra questão central para a sua aplicação em larga escala é a implantação de uma infra-estrutura de abastecimento e produção de hidrogênio. A montadora General Motors estima em cerca de US\$ 12 bilhões os custos totais para montar essa rede de distribuição nos EUA. A implantação dessa rede seria progressiva, o que pode acarretar dificuldades para o consumidor no abastecimento de seu veículo.

Segundo, Fonseca, Souza e Schneider (2009), como não há hidrogênio livre no meio ambiente, sua produção exige que sejam quebradas moléculas de outras substâncias que contenham o elemento, para então formar o H₂. Atualmente, o hidrogênio é produzido do gás natural, e seu preço ainda não é atrativo, em comparação com a gasolina. Entretanto, a introdução de novas tecnologias e o

aumento no preço do petróleo tendem a reduzir as diferenças. É necessário o desenvolvimento de tecnologias não-poluentes e mais eficientes para produzir hidrogênio em larga escala e, paralelamente, tornar o seu custo atrativo comercialmente.

Para eliminar o problema da produção e do abastecimento, estão sendo estudadas células de combustível alimentadas por fontes renováveis, capazes de produzir hidrogênio “a bordo”. Essa solução interessa especialmente ao Brasil, que possui uma rede estruturada de produção e abastecimento de álcool. Neste caso, os íons de hidrogênio são obtidos pela quebra da molécula do álcool, gerando, ao fim da reação, a formação de vapor d’água e de gás carbônico.

4.4.2 Veículos elétricos híbridos

Para solucionar os problemas enfrentados pelos veículos elétricos e torná-los atrativos comercialmente, a indústria formulou uma solução bastante engenhosa. Trata-se do veículo elétrico híbrido, que é assim chamado por combinar um motor de combustão interna com um gerador, uma bateria e um ou mais motores elétricos. Sua função é reduzir o gasto de energia associado à ineficiência dos processos mecânicos se comparados aos sistemas eletrônicos. (CASTRO; FERREIRA, 2006).

Segundo Castro e Ferreira (2006), essa tecnologia viabiliza um carro mais eficiente, atingindo um consumo médio de cerca de 25 quilômetros por litro de gasolina. O primeiro modelo híbrido elétrico lançado comercialmente foi o Toyota Prius, em 1997. Apesar de custar cerca de 30% a mais do que veículos semelhantes movidos a gasolina, o Prius vem tendo sucesso comercial, sobretudo em mercados como os EUA e Japão, já tendo sido comercializadas mais de 500 mil unidades desde seu lançamento.

Boa parte da sua eficiência energética vem da geração de calor causada principalmente pelo atrito entre as partes móveis do motor de combustão interna.

Segundo Velloso *et al* (2010), em um veículo híbrido, há quatro fatores que ajudam a aumentar sua eficiência:

- b) Assistência do motor elétrico ao de combustão interna;
- c) Desligamento automático;
- d) Tecnologias de recarga da bateria, como frenagem regenerativa; e,
- e) Otimização da transmissão.

Há duas formas básicas de arranjo dos componentes de um sistema híbrido, que resultam em arquiteturas diferentes dos veículos:

- a) Sistema híbrido paralelo;
- b) Sistema híbrido em série;
- c) Sistema híbrido combinado série-paralelo.

A figura 5 abaixo, mostra de forma simplificada, um desenho esquemático da arquitetura dos sistemas híbridos.

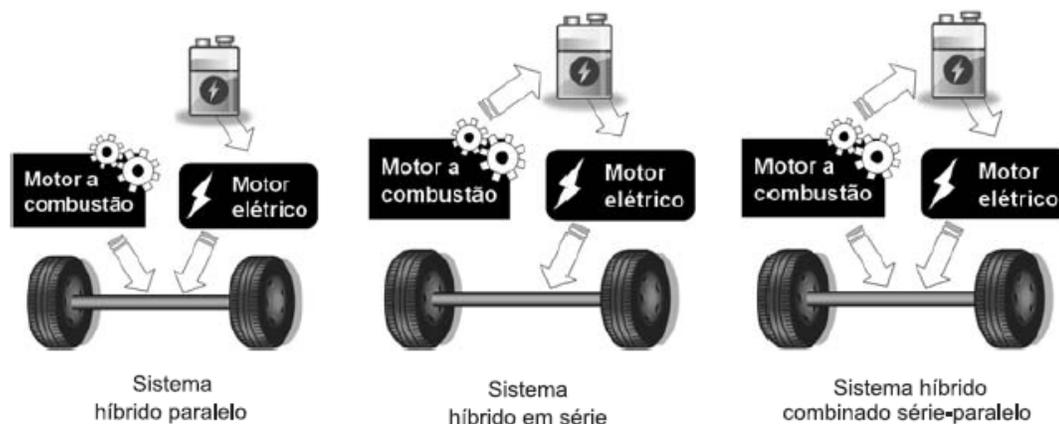


FIGURA 5 – DESENHO ESQUEMÁTICO DA ARQUITETURA DOS SISTEMAS HÍBRIDOS

FONTE: CASTRO e FERREIRA (2010)

Conforme Goldenstein e Azevedo (2006), a redução do consumo de combustível fóssil e das emissões de gases são os principais apelos comerciais dos veículos híbridos, tidos como ecologicamente corretos. Além disso, a considerável redução no custo do abastecimento do veículo acaba se tornando um importante motivador para aquisição de veículos híbridos elétricos.

Uma alternativa para o Brasil seria o desenvolvimento de veículos híbridos elétricos a álcool, que reuniriam as vantagens do veículo elétrico com a possibilidade de utilização de nosso principal combustível renovável.

Pode-se considerar que a eletrificação veicular é uma alternativa promissora, que não elimina a busca por combustíveis alternativos ao petróleo. Além de alimentarem a frota movida a motores a combustão, eles poderão ter espaço nos modelos híbridos, em máquinas estacionárias e até na geração de energia elétrica.

5 DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A CADEIA PRODUTIVA AUTOMOTIVA

A indústria automotiva tem um futuro desafiador quanto ao desenvolvimento de novas tecnologias. Nos próximos dez, quinze anos, a necessidade de transporte terrestre continuará crescente. As projeções para 2020, segundo ANFAVEA (2008) com base no relatório do Programa do Meio Ambiente das Nações Unidas, indicam que os automóveis rodarão 11 bilhões de quilômetros por ano, caminhões leves e pesados, juntos, quase 40 bilhões de quilômetros anuais, isso indica um crescimento superior a 40 % em relação a 2008.

A emergência de novas tecnologias introduziu pressões competitivas que impulsionaram diversas transformações vivenciadas pela indústria automotiva desde o início da década de 1990. Mais recentemente, fatores relacionados ao meio ambiente e à segurança entraram na agenda, balizando os esforços de desenvolvimento tecnológico.

A busca por menor consumo envolve medidas que vão desde *downsizing*¹⁹ dos veículos – motores mais fracos e carros menores – a mudanças de materiais²⁰, passando pela melhoria na aerodinâmica e introdução de componentes que aumentem a eficiência dos motores (ALÉM; GIAMBIAGI, 2010). Em termos de materiais, espera-se que os materiais compostos substituam os metais em movimento, substituição similar àquela em curso na indústria aeronáutica (CASOTTI; GOLDENSTEIN, 2008).

A migração energética dos veículos é necessária também em face do provável esgotamento das reservas de combustíveis fósseis. Estima-se que esse movimento seja desenvolvido em, pelo menos, vinte anos. O álcool poderá ser adotado em determinados mercados, principalmente o norte-americano. Os veículos híbridos ganharam espaço até que se defina uma solução energética definitiva,

¹⁹ Significa reduzir a capacidade cúbica de motores a combustão ao mesmo tempo que se mantém seu desempenho. Com a ajuda de medidas como turbo-compressor ou as possibilidades oferecidas pelo controle variável de válvulas, a otimização do enchimento do cilindro é possível. Como este método fornece mais oxigênio para a combustão, a quantidade de combustível injetado pode ser aumentada correspondentemente: O mesmo volume de cilindro permite que a mistura ar-combustível forneça mais energia. Assim o deslocamento de um pequeno pistão é suficiente para liberar a mesma energia que a de um motor correspondente de maiores dimensões. (www.bosch.com.br).

²⁰ Espera-se que materiais compostos e plásticos substituam, cada vez mais, o aço e outros metais na fabricação dos novos veículos (em movimento similar àquele em curso na indústria aeronáutica). Outra fronteira de pesquisa no estudo dos novos materiais é o emprego de nanotecnologia.

sendo promissor o padrão combustível-elétrico ou veículo elétrico com baterias recarregáveis. Além de energias alternativas, a indústria automotiva busca aumentos de eficiência energética no padrão atual, o que redundaria em ganhos ambientais significativos no curto prazo.

Além disso, segundo Além e Giambiagi (2010), ainda há boas perspectivas de aperfeiçoamento dos padrões atuais de propulsão veicular. A busca pela redução do consumo de combustíveis envolve medidas tais como *downsizing* de motores (desenvolvimento de motores mais leves, com menor capacidade volumétrica, sem perda significativa de potência); fabricação de veículos mais leves, por meio da otimização de projetos e da utilização de novos materiais; melhorias na aerodinâmica dos veículos; e introdução de novas tecnologias que aumentem a eficiência dos motores de combustão interna.

No curto prazo, a utilização de etanol e biodiesel nos motores de combustão interna (em alguns casos, em adição à gasolina e ao óleo diesel) é uma alternativa para que se obtenham reduções dos níveis de emissões. Sua adoção em escala global dependerá do desenvolvimento de diferentes alternativas para a produção de biomassa, de modo a evitar prejuízos à oferta de alimentos e a superar as limitações existentes, em diversas regiões do planeta, à obtenção de áreas cultiváveis.

No longo prazo, a tendência é a substituição dos padrões de propulsão. Se ainda não há clareza acerca do padrão dominante, a eletrificação parece ser irreversível. Introduzida com sucesso nos veículos híbridos, a propulsão elétrica deverá substituir, gradativamente, os motores de combustão interna. Provavelmente, diferentes padrões tecnológicos coexistirão no futuro, sendo as principais alternativas o híbrido plug-in e o puramente elétrico. Outra solução tecnológica, o veículo elétrico abastecido por célula de combustível, tem custos de desenvolvimento e fabricação ainda elevados (ALÉM; GIAMBIAGI, 2010).

A indústria automotiva instalada no Brasil ocupa uma posição de vanguarda tecnológica e industrial no que diz respeito à utilização de combustíveis alternativos, tais como o etanol e o biodiesel, e ao *downsizing* de motores e veículos. O aprofundamento dessas tendências facilitará o acesso da produção local aos mercados de exportação. Entretanto, no longo prazo, uma inserção virtuosa da indústria brasileira nos mercados internacionais dependerá da sua capacidade de se adequar, competitivamente, aos novos padrões tecnológicos e industriais dominantes.

Este capítulo busca mostrar as iniciativas, desafios e oportunidades para a indústria automotiva diante de um cenário de mudança do padrão de propulsão veicular, principalmente no desenvolvimento de tecnologias que viabilizem o uso e a difusão de veículos elétricos (puros e híbridos), assim como as perspectivas para o futuro do setor no Brasil.

5.1 APERFEIÇOAMENTO CONTANTE – O CAMINHO DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

A indústria automotiva tem um futuro desafiador quanto ao desenvolvimento de novas tecnologias. As montadoras de veículos terão que investir em pesquisa e desenvolvimento dentro do senso de urgência que a sociedade espera. A longa luta pela diminuição da emissão de gases tóxicos, está em vias de ser vencida e novas conquistas estão por vir. Segundo, ANFAVEA (2008), duzentos carros compactos atuais produzem, em conjunto, as mesmas emissões de uma única unidade, de mesma marca e modelo, fabricada em 1976. O grande avanço ocorreu, tanto no Brasil, como no exterior, a partir da última década do século passado. A redução, em alguns casos, chegou a 90%.

Os esforços agora estão concentrados na diminuição de consumo de combustíveis fósseis, com duplo objetivo. Em primeiro lugar porque carros mais econômicos emitem também menos gás carbônico. Este é um dos principais agentes do efeito de aquecimento global derivado da atividade humana no planeta, conforme citado no capítulo 4.

Automóveis menores e, portanto, mais leves, atendem a essa demanda, mas não resolvem tudo. Conforme, Casotti e Goldenstein (2008), modelos compactos começam a crescer na preferência dos consumidores em vários mercados do mundo, contudo a indústria vem trabalhando com firmeza em diversas possibilidades, tanto nos meios de propulsão como na adequação a combustíveis renováveis.

Conforme, ANFAVEA (2008), ao contrário do que comumente se pensa, os motores de combustão interna ainda oferecem meios para continuar se desenvolvendo. Motores de ciclo Otto, gasolina e álcool, se beneficiam de tecnologias recentes, antes aplicadas no ciclo diesel. A mais promissora indica o uso conjunto de injeção direta de combustível e turbocompressor. Isso permitirá a

diminuição de cilindrada, mantendo o desempenho e reduzindo o consumo de forma expressiva.

Também estão acontecendo progressos em tecnologias acessíveis, como caixas de câmbio robotizadas de dupla embreagem, lubrificantes mais eficientes, materiais de menor atrito, recuperação de energia em frenagem e sistema de “liga-desliga” o motor no “anda-e-pára” do trânsito urbano. A nanotecnologia promete pequenas revoluções em termos de peso, desempenho e durabilidade dos materiais.

Outra aposta na área de motores é a convergência dos ciclos Otto e diesel. Ainda há um bom caminho a percorrer, porém a indústria vem trabalhando com afinco na eliminação da borboleta de aceleração e das velas de ignição, peças inexistentes em diesel, nos motores a gasolina e *flex*. Várias empresas pesquisam essa evolução.

A segunda frente de desenvolvimento abrange os motores flexíveis em álcool e gasolina. No caso do etanol de cana de açúcar, praticamente todo dióxido de carbono (CO₂) emitido é seqüestrado no crescimento da planta por meio da fotossíntese (GOLDENSTEIN; AZEVEDO, 2006). A produção sustentável de bioetanol tornará possível que mais países desfrutem dos veículos *flex*, em particular quando celulose e resíduos agrícolas forem tornados viáveis como matérias-primas (ANFAVEA, 2008).

Segundo, Goldenstein e Azevedo (2006), os carros híbridos, que utilizam simultaneamente motores a combustão e elétricos, deverão formar ponte para a futura “era do hidrogênio”, o combustível mais limpo e abundante no planeta. O Toyota Prius, primeiro a utilizar a tecnologia híbrida, está na sua terceira geração e já conseguiu mais de 2 milhões de unidades vendidas em mais de treze anos, nos Estados Unidos, Japão e Europa. Os veículos híbridos, em breve, podem ter suas baterias de íons de lítio, recarregadas na rede de energia elétrica.

Segundo, ANFAVEA (2008), a maioria dos especialistas acredita que não existirá um único modo de propulsão. Ocorrerá o desenvolvimento e a utilização em paralelo de diferentes combustíveis, além de alternativas mecânicas, elétricas e híbridas. Afinal, é muito difícil conciliar os suprimentos de energia e as emissões de gás carbônico, além dos custos envolvidos.

Caberá à indústria, assim, fornecer um portfólio de tecnologias aos clientes para que estes possam selecionar a opção que melhor se enquadra no seu estilo de vida.

5.2 PERSPECTIVAS E OPORTUNIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

Dentre as mudanças previstas no setor automotivo, o sistema de propulsão híbrida e elétrica, desponta como uma das mais importantes e significativas. Motivados por fatores como a superação de entraves tecnológicos, preocupações ambientais e segurança energética dos países, vários governos têm apoiado a solução, levando praticamente todas as montadoras de automóveis a investir em projetos de veículos elétricos. O panorama de lançamentos é bastante rico e, embora ainda concentrado em países como Japão e Estados Unidos, a tendência é de aceleração da difusão por outros países.

5.2.1 Fatores impulsionadores dos veículos elétricos

Há três fatores principais responsáveis pelo crescente interesse nos veículos elétricos: a superação de entraves tecnológicos, as preocupações com o meio ambiente e com a segurança energética dos países. Muitas das preocupações materializam-se em ações governamentais, como será descrito a seguir.

5.2.1.1 Desenvolvimento tecnológico

Do ponto de vista tecnológico, o desenvolvimento das baterias foi fundamental para viabilizar o ressurgimento dos veículos elétricos (VELLOSO *et al*, 2010). Esse desenvolvimento ocorreu na esteira do rápido avanço dos setores de informática e telecomunicações na década de 1990, quando os dispositivos móveis – telefones celulares e laptops – foram difundidos. A maior mobilidade exigia a redução do peso e o aumento da energia armazenada, necessidades que induziram a realização de pesquisas responsáveis por consideráveis melhorias nas baterias. Ao ampliar a densidade energética, as novas baterias aumentaram a autonomia do veículo, que constitui um dos atributos fundamentais de um meio de transporte. Em um primeiro momento, enquanto a infraestrutura destinada à recarga for deficiente, a autonomia será mais valorizada pelos potenciais consumidores (CASTRO; FERREIRA, 2010).

No entanto, em função dos múltiplos propósitos do veículo, que pode ser utilizado em viagens ou compartilhado por vários motoristas, a autonomia demandada pelos consumidores tende a ser superior à sua média diária de deslocamento. Esses fatores explicam o maior sucesso dos híbridos, os esforços no desenvolvimento de baterias e a focalização dos projetos em áreas urbanas.

5.2.1.2 Meio ambiente

Se as baterias viabilizaram tecnologicamente os veículos elétricos, as questões energéticas e ambientais serão responsáveis pela definição de sua taxa de penetração nos mercados (CASTRO; FERREIRA, 2010).

Segundo Tacon *et al* (1998), o setor de transportes é responsável por parcela significativa das emissões de CO₂, que atualmente estão em níveis insustentáveis. Segundo a IEA²¹, mantendo-se a progressão atual de emissões de gases causadores do efeito estufa, a expectativa é de que nas próximas décadas haja forte elevação da temperatura.

No ano de 2007, a Fundação Nobel concedeu seu prêmio na categoria Paz ao Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e a Al Gore, que, na época, vinha realizando diversas palestras e lançou um documentário alertando para os problemas decorrentes das mudanças climáticas.

Segundo Castro e Ferreira (2010), mesmo considerando o crescente investimento na expansão da produção e no consumo de biocombustíveis, cuja redução na emissão de gases de efeito estufa é considerável, especialmente no caso do bioetanol de cana-de-açúcar, sua participação na oferta total primária de energia no mundo ainda é baixa e limitada pelas áreas agricultáveis. Alternativas com outros cultivares não têm o mesmo impacto sobre a redução da emissão de gases.

O setor automotivo, por sua relevância e exposição, é alvo de ações de combate às emissões de gases causadores do efeito estufa. Além disso, o setor também é responsável por emissões de outras substâncias, que afetam a qualidade do ar nas grandes cidades. As soluções envolvem aumento de eficiência, redução de potência e modificações nos combustíveis, como o forte incentivo aos

²¹ *International Energy Agency* ou Agência Internacional de Energia (www.iea.org)

biocombustíveis, por exemplo. Entretanto, em função do aumento esperado da frota de veículos nos próximos anos, há espaço para inovações disruptivas²². Os desenvolvimentos tecnológicos modernos possibilitaram a emergência da eletrificação veicular em escala comercial como uma solução promissora.

TABELA 6 – EMISSÕES DE CO₂ RELACIONADAS À ENERGIA POR SETOR (MT)

	1990	2007	VARIAÇÃO (%)
Geração de eletricidade	7.471	11.896	59,23
Outros setores de energia	1.016	1.437	41,44
Indústria	3.937	4.781	21,44
Transporte	4.574	6.623	44,80
Rodoviário	3.291	4.835	46,92
Residencial	1.891	1.877	-0,74
Serviços	1.066	878	-17,64
Agricultura	405	433	6,91
Uso não energético	581	900	54,91
Total	20.941	28.825	37,65

FONTE: IEA (2009)

5.2.1.3 Energia

Fortemente relacionada à questão ambiental, a temática energética é outra importante indutora dos veículos elétricos (CASOTTI; GOLDENSTEIN, 2010). A alta volatilidade do preço do petróleo nos últimos anos, com tendência de encarecimento do barril, indica a percepção desse desequilíbrio pelos mercados.

O setor de transporte, que consome de cerca de 61% desse combustível fóssil, é responsável por ditar a evolução de sua demanda (TACON *et al*, 1998). A

²² Termo criado por Clayton M. Christensen e introduzido em seu artigo de 1995, *Disruptive Technologies: Catching the Wave*, tecnologia disruptiva ou inovação disruptiva é um termo que descreve a inovação tecnológica, produto ou serviço que utiliza uma estratégia disruptiva, em vez de evolucionária ou revolucionária, para derrubar uma tecnologia existente dominante no mercado. As tecnologias evolucionárias provocam melhorias incrementais nos produtos/serviços; as revolucionárias provocam grandes alterações; e as tecnologias disruptivas destroem o que existe, atendendo às mesmas exigências dos clientes com diferenças bastante significativas, utilizando algo completamente diferente e novo.

dependência dos meios de transporte é uma fonte de vulnerabilidade das economias nacionais de países importadores de petróleo. Os formuladores de políticas procuram ampliar a segurança energética, definida como o acesso, a um preço razoável, à fonte energética demandada, provida por produtores confiáveis. A dependência em relação a poucos produtores, organizados em cartel, e a grande volatilidade dos preços do barril de petróleo alimentam questionamentos acerca da segurança energética dos países dependentes da importação de petróleo (CASTRO; FERREIRA, 2010).

O segmento automotivo absorve cerca de 77% da energia direcionada ao setor de transporte e é o principal alvo de ações que visem ao rebalanceamento da matriz energética de determinada economia (TACON *et al*, 1998). Nesse caso, as necessidades energéticas coincidem com as ambientais. No entanto, a eletrificação do *powertrain*²³ apresenta uma vantagem adicional. A multiplicidade de fontes geradoras de energia elétrica possibilita a formatação de uma estratégia mais adequada à dotação de fatores naturais e aos anseios políticos, permitindo, por exemplo, a constituição de uma matriz energética que cause menos impactos negativos ao meio ambiente. Assim, superada ou reduzida a dependência, os países ampliariam bastante a sua segurança energética.

A questão da segurança energética tem como grande marco a crise do petróleo, segundo Castro e Ferreira (2010):

Desde 1973, quando vários países árabes exportadores de petróleo decidiram reduzir a produção em retaliação ao apoio concedido pelas potências ocidentais a Israel, o elevado poder de mercado dos membros da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep) ficou evidenciado. Entre 1972 e o fim de 1974, o preço nominal do petróleo, que estava estável desde o fim da Segunda Guerra Mundial, quadruplicou. A aceleração da inflação e os desequilíbrios das contas externas penalizaram grande parte das economias importadoras de petróleo na década de 1970 (CASTRO e FERREIRA, 2010, p. 274).

Em resposta, foram instituídos programas para reduzir a dependência do petróleo, que buscaram diminuir o consumo de derivados por meio da fixação de metas de eficiência para os veículos. Segundo Goldenstein e Azevedo (2006), um caso emblemático é o programa brasileiro Proálcool, que procurou substituir a gasolina por etanol. No fim da década, houve nova alta de preços do barril de petróleo, dessa vez em decorrência da Revolução Iraniana e da invasão do Iraque a

²³ O termo *powertrain* denomina o conjunto de componentes responsáveis pela geração de energia e transmissão às rodas. Entre esses componentes, destacam-se o motor e a transmissão.

esse país. No entanto, nos anos subsequentes, a retração dos preços arrefeceu as metas de diversos programas.

Os recentes movimentos do preço do barril de petróleo e os alarmantes diagnósticos acerca do aquecimento global recolocaram o consumo energético dos meios de transporte na agenda política. Além de acelerar metas dos programas existentes, como realizado pelos Estados Unidos no CAFE²⁴, os países instituíram ações para fomentar uma mudança paradigmática, incentivando a introdução de veículos elétricos (CASTRO; FERREIRA, 2010).

5.2.1.4 Ação governamental

Nesse momento de transição, os incentivos são essenciais para acelerar a penetração desses veículos. Além de não gozarem de economias de escala, os veículos elétricos enfrentam elevados custos de baterias, desconfiança dos consumidores e carência de infraestrutura.

Segundo, Castro e Ferreira (2010), há, basicamente, cinco tipos de ações governamentais de incentivo à difusão do carro elétrico: bônus aos compradores de veículos elétricos, descontos em tributos, adoção de restrições à utilização de veículos convencionais, auxílio à pesquisa e implantação de infraestrutura. Esse apoio foi fortalecido recentemente, quando diversos países aproveitaram os pacotes de benefícios introduzidos durante a crise econômica mundial para promover uma discriminação em favor dos veículos híbridos e elétricos.

Ainda segundo, Castro e Ferreira (2010), tendo em vista que o preço de um carro elétrico ainda o inviabiliza comercialmente, em comparação com as alternativas do motor a combustão, vários países têm subsidiado parte do custo de aquisição de um carro, fornecendo um bônus ao comprador. Os Estados Unidos, por exemplo, fornecem um bônus de até US\$ 7.500,00 para o consumidor. Existem ainda ações regionais, nos estados norte-americanos, que podem ampliar esse bônus. França e Alemanha oferecem bônus similares. No Japão, atinge o equivalente a US\$ 10.000,00, enquanto a China oferece o equivalente a US\$ 8.780,00. No Reino Unido, o incentivo é de até 25% do preço do automóvel, com

²⁴ *Corporate Average Fuel Economy* (CAFE) é uma medida de eficiência média do consumo de combustível dos veículos leves vendidos por determinada montadora. Instituído em 1975, é gerenciado pelo *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA).

teto de £ 5.000,00, válido entre 2011 e 2014. Há bônus também em outros países europeus. O uso de descontos nos tributos também tem sido utilizado. Algumas das províncias do Canadá dão descontos de até US\$ 2.000,00 em impostos na aquisição de um veículo elétrico. Os Estados Unidos dispõem de um programa de créditos tributários desde dezembro de 1993, com dedução inicial de até US\$ 4.000,00. No Reino Unido, há um desconto na taxa de circulação e isenção de cobrança de estacionamento no centro de Londres.

Uma das grandes motivações para a adoção do carro elétrico é a redução de emissões de poluentes. Em função disso, vários países têm adotado medidas regulatórias nesse sentido, que, em geral, são cumpridas por meio de melhorias nos motores a combustão e em outros sistemas veiculares. O veículo elétrico tem como grande vantagem a baixa emissão de poluentes, o que acaba configurando uma forma de atender previamente a um possível endurecimento da legislação (GOLDENSTEIN; AZEVEDO, 2006).

O auxílio à pesquisa, tanto pública quanto privada, também tem sido fornecido pelos governos. Os Estados Unidos têm utilizado recursos que atingiram mais de US\$ 2,4 bilhões para P&D de veículos e baterias. O Reino Unido também tem financiado pesquisas voltadas para o desenvolvimento de veículos de baixa emissão de carbono, nos quais o veículo elétrico tem papel importante (CASTRO; FERREIRA, 2010).

Por fim, os governos têm papel central no estímulo à implantação de infraestrutura de recarga para os carros elétricos. Há países de menor extensão territorial, como Israel e Japão, que têm implantado postos de recarga rápida em todo o território. O Reino Unido pretende instalar postos de recarga por meio da concessão dos serviços, com o uso de financiamento público parcial de até 50% do custo. O quadro 5 resume as principais iniciativas de incentivo à difusão do veículo elétrico no mundo.

No Brasil, até o momento, os veículos elétricos não recebem tratamento diferenciado, embora algumas medidas estejam em estudo. No caso do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), os veículos elétricos são enquadrados na categoria “outros”, sobre a qual incide a alíquota mais elevada. Um automóvel elétrico, por exemplo, tem alíquota de 25%. Entretanto, há várias medidas isoladas em curso no país, as de maior destaque são a criação de um grupo de trabalho liderado pelo Ministério da Fazenda e um acordo assinado entre a prefeitura de São

Paulo e o grupo Renault-Nissan (CASTRO; FERREIRA, 2010; VELLOSO *et al*, 2010).

PAÍS/REGIÃO	RESUMO DOS PRINCIPAIS INCENTIVOS
EUA	Bônus para consumidores de até US\$ 7.500,00 e mais de US\$ 2,4 bilhões em P&D de veículos e baterias. Outras ações regionais, em especial na Califórnia.
China	Bônus para consumidores de até 60 mil iuanes (US\$ 8.780,00) e anúncio de plano para a instalação de pontos de recarga nas principais cidades.
Reino Unido	Bônus para consumidores de até £ 5 mil, desconto na taxa de circulação e isenção da cobrança de estacionamento no centro de Londres
União Europeia	15 países oferecem incentivos monetários aos consumidores de carros elétricos.
Outros países	Incentivos relevantes também são existentes em Israel, no Japão e no Canadá

QUADRO 5 – SÍNTESE DE ALGUNS INCENTIVOS À ADOÇÃO DO VEÍCULO ELÉTRICO

FONTE: CASTRO; FERREIRA (2010)

Como já citado no capítulo 4, a eletrificação veicular é uma alternativa promissora que não elimina a busca por combustíveis alternativos ao petróleo. Além de alimentarem a frota movida a motores a combustão, eles poderão ter espaço nos modelos híbridos, em máquinas estacionárias e na geração de energia elétrica.

5.2.2 Desafios e oportunidades

As transformações decorrentes da produção e das vendas de veículos elétricos representam desafios e oportunidades, tanto para o setor automotivo quanto para os governos. Além das mudanças na cadeia fornecedora, caracterizadas pela incorporação de novos componentes, será necessário constituir uma infraestrutura voltada aos veículos. Há também espaço para a introdução de novos serviços.

5.2.2.1 Infraestrutura

A alimentação energética será realizada de forma completamente diversa da atual. Mesmo nos híbridos, que contam com a opção do abastecimento tradicional, há a opção de recarga por meio da rede de energia elétrica, que deverá se tornar predominante ao longo do tempo. Uma tendência dos novos modelos, a presença do *plug* será responsável pela interface com a rede elétrica.

Essa mudança afetará toda a rede, abrangendo da instalação de tomadas de força nas garagens das residências à instalação de pontos de recarga rápida ao longo das principais vias. Além de mudanças na rede básica, a eletrificação veicular cria oportunidades para novos modelos de negócios.

Segundo, Castro e Ferreira (2010), antes de discutir os impactos sobre a rede elétrica, o ponto básico envolve a geração de energia elétrica, mais especificamente a capacidade de prover a energia adicional demandada pelos veículos elétricos. Salvo algum evento extraordinário, a introdução dos veículos elétricos será gradual, sendo a demanda inicial acomodada pelas margens de segurança existentes em grande parte dos sistemas elétricos. No entanto, no longo prazo, a migração do padrão de uma grande parcela da frota veicular demandará a construção de novas usinas de geração de energia elétrica.

Em termos de transmissão e distribuição, conforme Velloso *et al* (2010), uma mudança importante ocorrerá em nível local. Os efeitos sobre a rede serão condicionados pelo tipo de carregador e pela forma como esse carregamento será realizado. Entretanto, independentemente desses fatores, a eletrificação veicular deverá aumentar consideravelmente o consumo de energia de uma residência.

Em decorrência dessa maior demanda, os transformadores das ruas seriam sobrecarregados, o que ilustra a necessidade de mudança da infraestrutura em todos os níveis.

Os veículos elétricos precisam de estruturas novas, que possibilitem a recarga em vias públicas. Esses pontos viabilizariam a realização de viagens e a aquisição dos veículos por indivíduos que não têm garagem privativa. Adicionalmente, a existência de pontos de recarga públicos confere maior liberdade aos usuários, que não precisam ficar restritos aos carregadores domésticos. Assim, seria facilitada a criação de mecanismos que incentivem a distribuição da carga ao

longo do dia, evitando, assim, uma sobrecarga nos horários de pico (CASTRO; FERREIRA, 2010).

Segundo, Velloso *et al* (2010), diversos mecanismos podem ser formatados para induzir os proprietários de veículos elétricos a distribuir a carga, sendo a tarifa hora-sazonal a de mais fácil implementação. Tarifas mais baixas nas madrugadas levariam vários consumidores a carregar seus veículos nesse período.

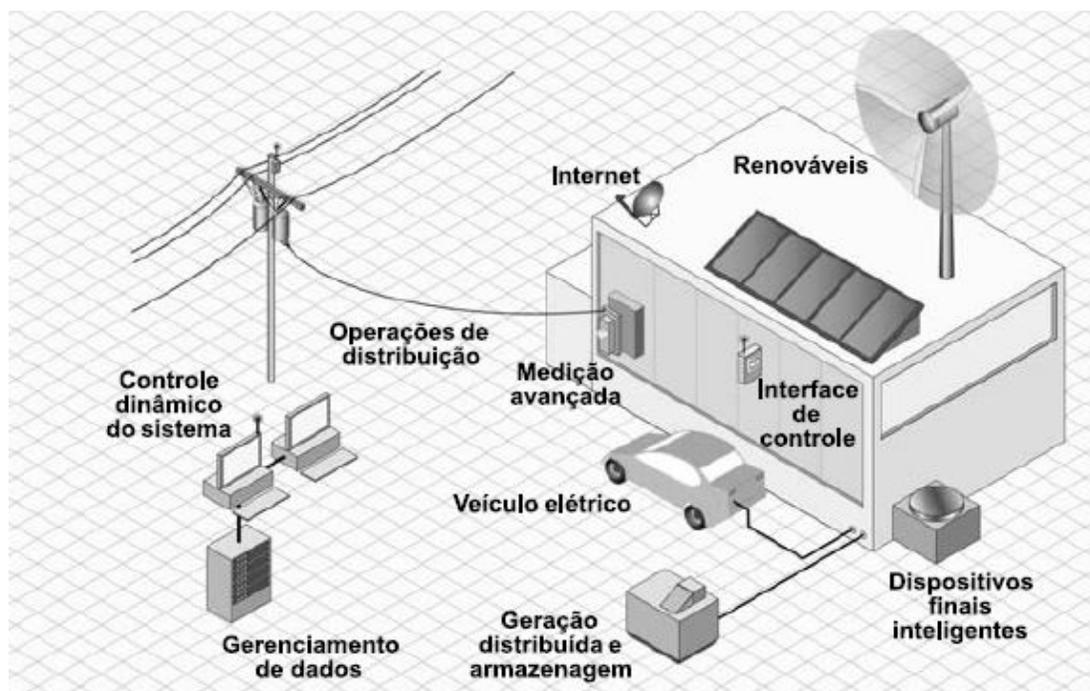


FIGURA 6 - SMART GRID ESQUEMATIZADO

FONTE: CASTRO; FERREIRA (2010)

O *smart grid*²⁵, ao possibilitar a otimização do uso da rede elétrica, desponta como uma tecnologia promissora. Mais do que simplesmente otimizar os fluxos, o *smart grid* modifica o relacionamento entre o usuário e a rede elétrica, ampliando a interatividade. A grande energia acumulada nas baterias abre novas possibilidades. O veículo pode atuar como um *no-break*, alimentar a residência ou devolver energia

²⁵ “*Smart grid*” ou rede inteligente, em termos gerais é a aplicação de tecnologia da informação para o sistema elétrico de potência, integrada aos sistemas de comunicação e infra estrutura de rede automatizada. Especificamente, envolve a instalação de sensores nas linhas da rede de energia elétrica, o estabelecimento de um sistema de comunicação confiável em duas vias com ampla cobertura com os diversos dispositivos e automação dos ativos. Esses sensores são embutidos com chips que detectam informações sobre a operação e desempenho da rede – parâmetros, tais como tensão e corrente. Os sensores, então, analisam essas informações para determinar o que é significativo – por exemplo, está com tensão muito alta ou muito baixa. (www.smartgridnews.com.br)

à rede, arbitrando o fluxo de acordo com o diferencial de tarifas de energia. O uso de baterias pode viabilizar a geração de energia elétrica em escala reduzida, com base em fontes não firmes, como fotovoltaica, por conta do armazenamento, e reduz as perdas de transmissão. A introdução do *smart grid* amplia o apelo dos veículos elétricos. No entanto, os elevados investimentos necessários o relegam a um futuro distante. A figura 6 apresenta o *smart grid* esquematicamente (CASTRO; FERREIRA, 2010).

5.2.2.2 Cadeia produtiva

As transformações derivadas da eletrificação veicular afetam todo o setor automotivo e atingem da cadeia produtiva aos provedores de serviços dedicados, o que representará uma profunda reestruturação setorial. As modificações na base tecnológica demandarão esforços das empresas existentes na constituição de capacitação. Em alguns casos, essa capacitação é detida por empresas de outros segmentos. A indústria de baterias, por exemplo, é fortemente relacionada ao setor de serviços de informação, constituído por tecnologia, mídia e telecomunicações (VELLOSO *et al*, 2010).

Na indústria, as mudanças estão relacionadas aos novos componentes. Apesar de sua permanência nas configurações híbridas, o motor a combustão tende a ser relegado à função auxiliar, como um gerador de energia para carregar a bateria. Assim, o sistema denominado *powertrain*, composto pelo motor a combustão e pela transmissão, será substituído por um novo sistema, composto por motor elétrico, inversor e bateria (CASTRO; FERREIRA, 2010).

A energia acumulada na bateria, utilizada nos veículos tradicionais para partida do automóvel e para os itens de eletrônica embarcada (injeção eletrônica, ABS, *airbag*, trio elétrico, ar condicionado, alarme, etc.), terá de alimentar o motor de tração, exercendo função realizada pelo tanque de combustível nos modelos convencionais.

No atual estágio tecnológico, a bateria representa o principal desafio. O padrão íon-lítio, grande aposta da indústria para os próximos anos, ainda apresenta diversos contratempos relacionados a peso, custo e segurança. Por ser um componente crítico – determinante para a autonomia e o custo do automóvel –, as

montadoras vêm investindo fortemente no produto, inclusive por meio de parcerias estratégicas com empresas do setor (VELLOSO *et al*, 2010).

No rearranjo da cadeia produtiva, vão surgir oportunidades para novos entrantes, apesar dos esforços empreendidos pelas empresas do setor em desenvolver capacitação (CASTRO; FERREIRA, 2010; VELLOSO, *et al* 2010). O sucesso das empresas BYD e Tesla ilustram essa possibilidade. Ambas se relacionam à empresas tradicionais do setor automotivo, como Toyota e Daimler. Além das mudanças enfrentadas na cadeia produtiva, o setor de serviços auxiliares também sofrerá modificações consideráveis (SANTOS; MEDEIROS, 2010).

5.2.2.3 Serviços

No setor de serviços, o campo mais promissor está relacionado à alimentação energética do veículo, atualmente realizada por meio de postos fornecedores de combustíveis fósseis. À medida que a principal fonte de alimentação for a energia elétrica, modelos alternativos de alimentação energética serão criados (VELLOSO *et al*, 2010).

A transformação parcial dos atuais postos em “eletropostos” é uma das alternativas, na qual as bombas de combustíveis coexistiriam com os EVSE²⁶ de nível III. Nesse caso, os custos tendem a ser menores, já que parte da estrutura existente seria aproveitada. Entretanto, no estágio atual de desenvolvimento da tecnologia, o tempo de recarga ainda é elevado. Assim, há forte aposta em serviços de troca de baterias. Nele, o cliente trocava sua bateria por uma nova, carregada. A empresa Better Place é o principal expoente desse novo modelo de negócios (CASTRO; FERREIRA, 2010).

Segundo Velloso *et al* (2010), a empresa Better Place, aposta em parcerias com grandes empresas e o poder público. Após firmar parcerias em sete países diferentes, ela espera lançar suas operações em escala comercial em 2011. O grande destaque dos projetos é a estação de troca de baterias. A bateria seria trocada em menos de três minutos por um processo automatizado. A primeira estação foi lançada em Tóquio, no Japão. Orçadas em cerca de US\$ 500 mil, as

²⁶ *Electric vehicle supply equipment* ou dispositivo de alimentação dos veículos elétricos é segmentado conforme a potência instalada, o que determina o tempo necessário para o carregamento da bateria. Na literatura, a terminologia adotada segmenta os dispositivos nos níveis I, II e III (CASTRO; FERREIRA, 2010)

estações resolveriam o problema decorrente do longo período de recarga. Considerando seu elevado custo, as baterias seriam arrendadas em esquemas de *leasing* aos proprietários dos veículos. A propriedade seria das empresas donas das estações. O modelo interessa bastante aos 301 distribuidores de energia elétrica, que, além de diversificar seus negócios, empregariam as baterias para outras aplicações – como *no-breaks*, por exemplo –, quando elas perdessem performance. Ao reduzir o custo dos veículos, esse modelo impulsionaria a venda de veículos elétricos.

5.2.2.4 Apoio governamental – Brasil

No estágio atual de desenvolvimento de tecnologia, as ações do setor público são fundamentais para determinar a velocidade de penetração dos veículos elétricos nos próximos anos. Além de estipular padrões para emissões veiculares, o setor público dispõe de fundos para o financiamento de pesquisas, de instituições financeiras e de instrumentos de política econômica (determinação das alíquotas dos tributos, por exemplo), o que lhe permite construir políticas setoriais abrangentes e efetivas.

Conforme, Velloso *et al* (2010), um grupo interministerial formado por representantes dos Ministérios da Fazenda, do Desenvolvimento, da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente, além de representantes da indústria, tem discutido as bases de um plano de incentivo ao veículo elétrico. No entanto, atualmente, o apoio governamental praticamente se restringe ao incentivo à pesquisa. Em março de 2010, o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) anunciou a formação de uma rede temática de pesquisa de tópicos relacionados ao veículo elétrico no âmbito do Sistema Brasileiro de Tecnologia (Sibratec). Segundo Castro e Ferreira (2010):

O Sibratec é um instrumento que promove a articulação e aproximação da comunidade científica e tecnológica com as empresas nacionais. Por sua vez, as redes temáticas de centros de inovação (um dos três eixos que compõem o Sibratec) têm como objetivo gerar e transformar conhecimentos científicos e tecnológicos em produtos, processos e protótipos com viabilidade comercial (CASTRO; FERREIRA, 2010, p. 301).

Os investimentos nessa rede estão orçados em R\$ 10 milhões, com o objetivo de desenvolver e aperfeiçoar matérias-primas e materiais aplicáveis à cadeia produtiva dos veículos elétricos, modernizar o abastecimento do veículo com

energia externa, desenvolver sistemas embarcados de conversão de energia, melhorar os motores elétricos e seus componentes, além dos sistemas mecânicos como chassis, suspensão, engrenagens e sistema de freios (CASTRO; FERREIRA, 2010).

Algumas linhas de pesquisa também são financiadas com recursos públicos, sendo principalmente direcionadas a veículos de célula a combustível. O MCT instituiu em 2002 o Programa Brasileiro de Sistemas de Célula a Combustível (PROCaC) com o objetivo de promover ações integradas e cooperadas, que viabilizem o desenvolvimento nacional da tecnologia de sistemas de célula a combustível.

Além do incentivo à pesquisa, a montagem de veículos elétricos de três ou quatro rodas para circulação em ambientes restritos tem Processo Produtivo Básico (PPB) aprovado para industrialização na Zona Franca de Manaus desde maio de 2009, o que permite às empresas que o sigam fazer uso dos benefícios fiscais da região, contribuindo para a criação de capacitação fabril no país (CASTRO; FERREIRA, 2010).

Ainda segundo, Castro e Ferreira (2010), além disso, alguns governos estaduais dão isenção (por exemplo, CE, MA, PE, PI, RN, RS e SE) ou redução (por exemplo, MS, RJ e SP) do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) e do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS) (por exemplo, RJ) a veículos elétricos.

Além disso, agentes como o BNDES - principal provedor de crédito de longo prazo e agente relevante no mercado de capitais brasileiro - deverá desempenhar papel de destaque na introdução dos veículos elétricos no Brasil (VELLOSO *et al*, 2010).

Segundo, Castro e Ferreira (2010), uma grande difusão dos veículos elétricos híbridos pode constituir ainda uma oportunidade para o bioetanol brasileiro. Na medida em que é esperada uma redução na demanda por combustíveis fósseis, conseqüente do menor consumo dos veículos híbridos, a adoção do bioetanol em escala global se tornaria mais atrativa.

Assim, as políticas públicas serão cruciais para determinar a inserção da indústria local na nova realidade imposta por essas mudanças. Ao elaborar políticas, o governo deve procurar explorar a capacitação da engenharia nacional para

aproveitar as oportunidades existentes. A eficácia das ações depende de um projeto articulado, com visão de longo prazo.

5.3 ETANOL E VEÍCULOS ELÉTRICOS – UMA OPORTUNIDADE PARA O BRASIL

Como já explanado anteriormente, as pressões para que se reduzam as emissões de gases poluentes, entre outros fatores, faz com que se busquem novas opções para propulsão veicular, e o etanol desponta com uma dessas opções. Esse cenário pode trazer uma grande oportunidade para o Brasil, que domina a tecnologia de geração de etanol.

Nesse momento a utilização do etanol como combustível dos automóveis nos demais países do mundo não parece ser a opção de mais provável escolha para se reduzir a emissão de gases de efeito estufa, sendo o uso de automóveis elétricos a opção mais discutida no momento. Neste cenário, nem mesmo a utilização do etanol no Brasil parece viável, uma vez que a tecnologia de motores de combustão interna para pequenos veículos ficaria praticamente restrita ao país.

Entretanto, segundo Velloso *et al* (2010), o uso de eletricidade para a propulsão de veículos é menos adequada quando os veículos são grandes e quando sua operação ocorre por longos períodos ininterruptos, como no transporte de carga e no transporte público urbano. Assim, esta se apresenta como uma potencial aplicação do etanol em substituição aos combustíveis fósseis atualmente utilizados. Para viabilizar este cenário, há ainda algumas barreiras, em especial o preço do etanol em relação ao do óleo diesel no Brasil, que tornaria inviável economicamente o emprego do etanol nos veículos hoje movidos a óleo diesel. Ademais, apesar de já existir tecnologia para se utilizar o etanol nos veículos movidos a diesel, ela se encontra em um grau de desenvolvimento menor que o dos motores *flex*, de ciclo Otto, usados nos automóveis. Existe ainda a opção do biodiesel, que atualmente enfrenta dificuldades no que concerne ao aumento da oferta de óleos vegetais a um custo competitivo.

Ainda segundo, Velloso *et al* (2010), a opção que talvez tenha menor resistência nos países desenvolvidos é a utilização do etanol em automóveis de grande porte, preferencialmente de propulsão híbrida. Os veículos híbridos já têm o apelo de agredirem menos o meio ambiente. Se os motores de combustão interna neles utilizados forem movidos a etanol, eles teriam virtualmente emissões zero de

CO₂, equiparando-se aos veículos puramente elétricos. Além disso, não teriam o problema das emissões na geração de energia elétrica, que geralmente ocorre em centrais termoelétricas. Por fim, seriam automóveis versáteis, podendo ser usados tanto no deslocamento diário, de curta distância, quanto em percursos de longa distância e com maior quantidade de pessoas e carga, como nos fins de semana. Para fomentar esta aplicação, o Brasil precisará interagir com a indústria automotiva mundial, tanto para fornecer etanol aos automóveis híbridos já fabricados nos países desenvolvidos, como a fim viabilizar a utilização destes veículos em seu próprio território, onde a infraestrutura de distribuição do etanol já está desenvolvida.

Ainda não há uma definição de qual será a tecnologia dominante na propulsão ecologicamente correta dos veículos, sejam estes movidos a baterias elétricas, a biocombustíveis como o etanol, ou mesmo a células de hidrogênio. Os países desenvolvidos continuam avaliando os biocombustíveis, e o Brasil conseguiu bons resultados nas avaliações de seu etanol pela Agência de Proteção Ambiental Americana – EPA e pelo Instituto Internacional para Pesquisa em Política Alimentar – IFPRI (VELLOSO *et al*, 2010). A manutenção dos preços do petróleo em patamares elevados, em especial os anteriores à crise de 2008, contribuiu para o desenvolvimento dos veículos elétricos, mas também incentiva o etanol.

De qualquer forma, se há interesse do Brasil em viabilizar o etanol como forma de reduzir a emissão de gases de efeito estufa no mundo, é necessário pensar em alternativas que se complementem às demais tecnologias, caso não seja possível tornar o etanol a opção dominante. Aplicações diversas existem para o etanol, sendo necessário o seu desenvolvimento, bem como uma ação efetiva do governo federal na regulação e elaboração de um eficiente sistema de incentivos que leve a indústria a desenvolver projetos com essa tecnologia e aplicação e o usuário a adotá-lo como realidade.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho tratou do surgimento de novas fontes de energias automotivas e seus impactos – desafios e oportunidades – para a cadeia produtiva automotiva.

Inicialmente, vale dizer que o setor automotivo tem papel relevante na indústria em âmbito mundial. A indústria automotiva é uma das cadeias produtivas mais internacionalizadas que se conhece e o Brasil tem aumentado, cada vez mais nos últimos anos, sua relevância neste setor, seja pelo potencial de seu mercado, seja por sua competência tecnológica que se desenvolve a cada dia.

Em nível mundial a indústria automotiva tem seu futuro associado ao aumento da renda e do consumo das populações dos países emergentes, chamados novos mercados, para os quais a indústria deverá destinar a maior parte do aumento da sua capacidade produtiva, ao longo dos próximos anos.

A indústria automotiva sempre esteve envolta num processo permanente de inovações, seja a escolha do sistema ideal de motorização no início do século XX (entre elétrico, a vapor ou a combustão interna) ou o sucesso do sistema de produção de Henry Ford no mesmo período. Mais recentemente, nas décadas de 1970 à 1990, a indústria automotiva vem passando por várias e importantes mudanças, onde se observa um crescente empenho das empresas automotivas (não só das montadoras) no desenvolvimento das chamadas tecnologias automotivas avançadas.

A emergência de novas tecnologias introduziu pressões competitivas que impulsionaram diversas transformações vivenciadas pela indústria automotiva. Mais recentemente, fatores relacionados ao meio ambiente e à segurança entraram na agenda, balizando os esforços de desenvolvimento tecnológico no setor automotivo.

Essas mudanças decorrem de três fatores fundamentais: motivações ambientais, preço do petróleo e novos mercados. Essa conjunção de fatores leva a indústria automotiva a uma tendência irreversível ao aumento da eficiência, redução do consumo e busca de novas soluções para atender a novos mercados.

Nesse sentido, a indústria automotiva tem buscado modernizar continuamente a tecnologia de seus produtos – eletrônica, tecnologia de informação, novos materiais e formas mais eficientes e/ou alternativas de propulsão.

A tecnologia dos motores merece destaque, pois na busca de uma queima mais eficiente dos combustíveis e uma redução da emissão de gases, visa atender às crescentes exigências e necessidades ambientais.

Nesse processo, percebe-se o surgimento de fontes de energia alternativas, que enquanto inovações podem ser divididas em dois grandes grupos: combustíveis alternativos (gás natural, biodiesel, álcool) e veículos movidos por motores elétricos (bateria, solar, híbrido, células de combustível), que visam à substituição total ou parcial dos derivados do petróleo.

Além do aperfeiçoamento dos padrões atuais de propulsão veicular, a migração energética dos veículos é necessária entre outros fatores, como já citado, em face do provável esgotamento das reservas de combustíveis fósseis. Nesse cenário, o álcool poderá ser adotado em determinados mercados, principalmente o norte-americano e os veículos híbridos podem ganhar espaço até que se defina uma solução energética definitiva, sendo promissor o padrão combustível-elétrico ou veículo elétrico com baterias recarregáveis.

A tendência de substituição dos padrões de propulsão para eletrificação parece ser irreversível. Introduzida com sucesso nos veículos híbridos, a propulsão elétrica deverá substituir, gradativamente, os motores de combustão interna. Provavelmente, diferentes padrões tecnológicos coexistirão no futuro, sendo as principais alternativas o híbrido *plug-in* e o puramente elétrico. Outra solução tecnológica, o veículo elétrico abastecido por célula de combustível, tem custos de desenvolvimento e fabricação ainda elevados e a tecnologia ainda não se encontra totalmente dominada.

A indústria automotiva no Brasil ocupa uma posição de vanguarda tecnológica e industrial no que diz respeito à utilização de combustíveis alternativos, tais como o etanol e o biodiesel. Nesse sentido, uma alternativa viável para o Brasil seria o desenvolvimento de veículos híbridos elétricos a álcool, que reuniriam as vantagens do veículo elétrico com a possibilidade de utilização de nosso principal combustível renovável.

O aprofundamento dessas tendências pode facilitar o acesso da produção local aos mercados de exportação. Entretanto, no longo prazo, uma inserção virtuosa da indústria brasileira nos mercados internacionais dependerá da sua capacidade de se adequar, competitivamente, aos novos padrões tecnológicos e industriais dominantes.

REFERÊNCIAS

ABERNATHY, W. J.; CLARK, K. B. **Innovation**: Mapping the Winds of Creative Destruction. In: Research Policy. North-Holland, vol. 14, p. 3-22, 1985.

ALÉM, A. C.; GIAMBIAGI, F. **O BNDES em um Brasil em transição**. Brasília: BNDES, 2010.

ANFAVEA – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Anuário da indústria automobilística brasileira**. São Paulo: CEDOC, 2010.

ANFAVEA – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Mobilidade & sustentabilidade**. São Paulo: Autodata, 2008.

ANFAVEA – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. Disponível em : <http://anfavea.com.br/>. Acesso em: 22/02/2011.

BOER, J. L.; CHRISTENSEN, C. M. Disruptive technologies: catching the wave. **Harvard business review**. p. 43-53, Janeiro-Feveiro 1995. Disponível em: <<http://www.business.ualberta.ca/>>. Acesso em: 15/03/2011.

BOMTEMPO, J. V. O futuro dos biocombustíveis IV: a posição brasileira. **Grupo de economia da energia**. Disponível em: <<http://infopetro.wordpress.com/>>. Acesso em: 15/03/2011.

CAMPOS, B. C. **Aspectos da padronização setorial das inovações na indústria brasileira**: uma análise multivariada a partir da Pintec 2000. In: XXXIII Encontro Nacional de Economia – ANPEC, 2005, Natal, p. 1-20. Disponível em: http://www.anpec.org.br/encontro_2005.htm. Acesso em: 02/02/2011.

CARVALHO, E. G. Inovação tecnológica na indústria automobilística: características e evolução recente. **Economia e sociedade**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 429-461, 2008.

CARVALHO, E. G.; PINHO, M. **Projeto perspectivas do investimento no Brasil**. Documento setorial: Automobilística. Projeto PIB. São Carlos, 2009.

CASOTTI, B. P.; GOLDENSTEIN, M. Panorama do setor automotivo: as mudanças estruturais da indústria e as perspectivas para o Brasil. **BNDES Setorial**. Rio de Janeiro, n. 28, p. 147-188, 2008.

CASTRO, B. H. R.; FERREIRA, T. T. Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades. **BNDES Setorial**. Rio de Janeiro, n. 32 – Veículos, p. 267-310, 2010.

COHEN, W.M. **Empirical Studies of Innovative Activity**. Oxford: Blackwell Publishers, p. 182-264, 1985.

CONSONI, D. J. *et al.* A inovação como vantagem competitiva no setor automobilístico. **Jovens pesquisadores Makenzie**. São Paulo, v. 3, n. 1(4), p. 1-16, Jan.-Jun./2006.

COSTA, R. M. **Estratégias competitivas e desempenho econômico: o caso da indústria automobilística brasileira de 1986 a 2007**. 184 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

DENATRAN – DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. Disponível em: < <http://www.denatran.gov.br/>>. Acesso em: 22/02/2011.

DOSI, G. **Sources, produceres and microeconomic effects of innovation**. *Jornal of economic literature*, v. 26, p. 1120-1171, 1988.

DRUCKER, P. F. **Desafios gerenciais para o século XXI**. São Paulo: Thompson, 2001.

FONSECA, A. M. P. P.; SOUZA, M.; SCHNEIDER, A. H. **Dinâmica e tendências do setor automotivo: região metropolitana de Curitiba**. Brasília: IEL, 2009.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **A economia da inovação industrial**. 3. ed. Campinas: Editora UNICAMP, 2008.

FUJIMOTO, T. **The Evolution of a Manufacturing System at Toyota**. New York, Oxford University Press, 1999.

GOLDENSTEIN, M.; AZEVEDO, R. L. S. Combustíveis alternativos e inovações no setor automotivo: será o fim da “era do petróleo”. **BNDES Setorial**. Rio de Janeiro, n. 23, p. 235-266, 2006.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Comissão nacional de classificação**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/concla/>>. Acesso em: 14/02/2011.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa industrial anual 2008**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 21/02/2011.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Disponível em: <<http://www.iea.org/>>. Acesso em: 16/03/2011.

INEE – INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Roteiro para a difusão dos veículos elétricos – RVE: Road map**. Rio de Janeiro: ABVE, 2010.

IPARDES – INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Arranjo automotivo da região metropolitana sul-curitiba no estado do Paraná**. Curitiba: IPARDES, 2005.

FERRO, J. R. **Paraná automotivo: em marcha**. Curitiba: SINDIMETAL/SEBRAE-PR, 1999.

KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.

MACHADO, R. T. M. Fundamentos sobre o estudo da dinâmica das inovações no agrobusiness. **Revista de Administração Contemporânea – RAC**. Rio de Janeiro, v. 2, n. 2, p. 127-141, Mai.-Ago./1998.

MARSILI, O. **The Anatomy and Evolution of Industries**. Edward Elgar, Cheltenham, 2001.

MBC – MOVIMENTO BRASIL COMPETITIVO. **Manual de inovação**. Brasília: MBC, 2008

MCT – MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Sibratec – Sistema brasileiro de tecnologia**. Disponível em: < <http://www.mct.gov.br/>>. Acesso em: 11/03/2011.

MDIC – MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. **Fórum de competitividade: cadeia produtiva automotiva**. Brasília, MDIC, 2009.

MEINERS, W. E. M. A. **Implantação da indústria automobilística e novos contornos da região de Curitiba**. 169 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

MENDES, A. P. A.; COSTA, R. C. Mercado brasileiro de biodiesel e perspectivas futuras. **BNDES Setorial**. Rio de Janeiro, n. 31 – Biocombustíveis, p. 253-280, 2010.

MTE – MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **RAIS - Relação anual de informações sociais**. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/rais/>>. Acesso em: 04/02/2011.

NELSON, R. .R., WINTER, S. G. **Teoria evolucionária da mudança econômica**. Campinas: Editora UNICAMP, 2005.

ODI – OBSERVATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL DO PARANÁ. **Visão global da dinâmica do setor automotivo**. Curitiba: SENAI/IEL, 2008.

OICA – ORGANISATION INTERNATIONALE DES CONSTRUCTEURS D'AUTOMOBILES. Disponível em: < <http://www.oica.net/> >. Acesso em: 16/02/2011.

OLIVEIRA, S. H. Gestão urbana e investimento industrial: considerações sobre o parque automotivo da região metropolitana de Curitiba. **Revista gestão industrial**, Ponta Grossa, v. 01, n. 01, 13 p. 2005.

PAVITT, K. **Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and theory**. Amsterdã: Elsevier, 1984.

PENROSE, E. **A teoria do crescimento da firma**. Campinas: Editora UNICAMP, 1995.

PINTO JUNIOR, H. Q. *et al.* **Economia da energia: fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

POMPERMAYER, F. M. Etanol e veículos elétricos: via de mão única ou dupla? **Radar tecnologia, produção e comércio exterior**. Brasília: IPEA, n. 7, p. 3-8, 2010.

PORTER, M. E. **Competição – on competition: estratégias competitivas essenciais**. Rio de Janeiro: Campus, 1979.

POSSAS, L. M. **Estruturas de mercado em oligopólio**, São Paulo: HUCITEC, 1985.

SARTI, F. *et al.* **Estudo da competitividade de cadeias integradas no Brasil: impactos das zonas de livre comércio**. Cadeia Automobilística. Campinas: NEIT-IE-UNICAMP, 2002.

SCHERER, F. M.; ROSS, D. **Industrial Market Structure and Economic Performance**. Boston: Houghton Mifflin Company, 3 ed, 1990.

SCHNEIDER, A. H.; SOUZA, M. **Cenários da indústria automotiva: região metropolitana de Curitiba 2020**. Curitiba: SENAI, 2009.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico**. 3. ed. São Paulo: Nova Cultural, 1988.

SILVA, C. A. B.; BATALHA, M. O. **Competitividade em sistemas agroindustriais: metodologia e estudo de caso**. In: II Workshop brasileiro de gestão de sistemas agroalimentares – PENZA/FEA/USP, 1999, Ribeirão Preto. p. 9-20

SINDIPEÇAS - SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE COMPONENTES PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES. Disponível em: < <http://www.sindipecas.org.br>>. Acesso em: 22/02/2011.

SINDIPEÇAS - SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE COMPONENTES PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Desempenho do setor de autopeças**. São Paulo: SINDIPEÇAS, 2010.

TACON, K. M. **Tendências da indústria automobilística para produção de veículos que utilizam fontes energéticas alternativas**. Rio de Janeiro: 1998.

TAVOLARO, A. T. **Joint venture**. In: XIII Semana jurídica da UNESP, 2001. Franca, 2001. p. 1-20.

TEIXEIRA, E. C. **O desenvolvimento da tecnologia Flex-fuel no Brasil**. São Paulo: Instituto DNA Brasil, 2005

TIGRE, P. B. *et al.* **O impacto do Mercosul na dinâmica do setor automotivo.** Buenos Aires: BID/INTAL, 1999.

USPTO – UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE. Disponível em: <<http://www.uspto.gov/>>. Acesso em: 14/03/2011.

VALENTE, A. C. M.; SOARES, D. C. S.; PEIXOTO, J. A. A. **Análise de inovações ambientais na indústria automobilística.** Rio de Janeiro: CEFET/RJ, 2007.

VELLOSO, J. P. R. *et al.* **Estratégias de implantação do carro elétrico no Brasil.** Rio de Janeiro: INAE, 2010.