

**Universidade de São Paulo**  
**Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental**

**Análise da preferência dos consumidores por álcool e gasolina  
segundo dados da POF 2002-2003**

**Roberta Cristina Ferreira Castro**

**São Paulo**

**2007**

**Roberta Cristina Ferreira Castro**  
**Bacharel em Administração de Empresas**

**Análise da preferência dos consumidores por álcool e gasolina segundo  
dados da POF 2002-2003**

**Orientador:**

**Prof.Dr. RICARDO ABRAMOVAY**

**Co-Orientador:**

**Prof. Dr. ROBERTO GUENA DE OLIVEIRA**

Tese apresentada para obtenção do título  
de Doutor em Ciência Ambiental.

**São Paulo**

**2007**

***Dedico este trabalho a meus queridos pais, Damião e Maria Zélia, merecedores do meu amor, carinho, orgulho e admiração, e responsáveis não apenas pelas minhas conquistas, mas pelos conhecimentos mais valiosos que possuo.***

## SUMÁRIO

RESUMO	04
ABSTRACT	05
LISTA DE FIGURAS	06
LISTA DE QUADROS	07
LISTA DE TABELAS	08
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos	17
2 BREVE HISTÓRICO DO ÁLCOOL COMBUSTÍVEL	18
2.1 Programa Nacional do Álcool – PROÁLCOOL	21
2.2 Mercado de combustíveis e o álcool na matriz energética brasileira	23
3 MERCADO DE COMBUSTÍVEIS	30
4 REFERENCIAL TEÓRICO	37
4.1 Teoria da Escolha Discreta	37
4.2 Modelos Econômicos – Escolha Discreta	50
4.2.1 Modelos desagregados compensatórios baseados em situações de escolha real	50
4.2.2 Modelos desagregados compensatórios baseados em situações de escolha hipotética	53
4.2.3 Modelos desagregados não compensatórios baseados em situações de escolha hipotética e real	54
4.2.4 Equações de Demanda Agregadas “Aproximadas”	55
4.2.5 Demanda automóvel	63
5 RESULTADOS EMPÍRICOS	74
5.1 Aplicação empírica e descrição dos dados	74
5.2 Análise econométrica da frequência de consumo do álcool combustível	96
5.3 Comportamento real e simulações para orientar a seleção de políticas públicas – Brasil e região Sudeste	105
5.4 CASO ILUSTRATIVO	116
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	121
7 REFERÊNCIAS	127

## RESUMO

### ANÁLISE DA PREFERÊNCIA DOS CONSUMIDORES POR ÁLCOOL E GASOLINA SEGUNDO DADOS DA POF 2002-2003

O objetivo central deste trabalho foi desenvolver um modelo empírico que mostrasse a existência, ou não, de diferentes probabilidades de consumo do álcool nas regiões abrangidas pela Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF). Isto permite analisar se políticas energéticas para o setor de combustíveis devem ser diferenciadas por região. Em um segundo momento, esses resultados foram usados para a realização de simulações, por meio de modificações nas variáveis explicativas, da probabilidade de consumo do álcool. O intuito foi verificar as modificações esperadas, desses resultados, na demanda da gasolina e do álcool combustível e fazer comparação, por meio de ilustração, entre os resultados reais e os simulados em relação à emissão de CO<sub>2</sub> resultante do consumo estimado para esses combustíveis. Os dados exibem baixa preferência pelo álcool no Brasil, abaixo de 10% do total da amostra. Em relação às probabilidades reais estimadas, a região Sudeste apresenta efeitos superiores aos alcançados para Brasil, aproximadamente 1,3 vezes maior. Os resultados encontrados em relação a acréscimos no preço do álcool combustível mostram, de maneira similar à verificada para Brasil, maior sensibilidade da redução da probabilidade para acréscimos entre os intervalos de variação de 05 e 20%. Variações no preço da gasolina de forma a aumentar o preço desse combustível causam maior diferença entre a probabilidade real e a simulada, aumento, do que reduções no preço do álcool. Para a região Sudeste, o impacto na probabilidade em virtude de aumentos no preço da gasolina é cerca de três vezes maiores do que os verificados em consequência de reduções no preço do álcool. Os resultados encontrados para as simulações que consideram reduções no preço da gasolina para a região Sudeste mostram que em torno de 40% de aumento nesse preço a probabilidade estimada aproxima-se de zero. Para Brasil, essa condição corresponderia a valores próximos a 35% de redução no preço desse combustível. De modo geral, para os intervalos de variações considerados, aumentos no preço da gasolina implicam aumentos em torno de três vezes maiores na probabilidade de consumo do álcool em relação a reduções no preço do álcool. As estimativas encontradas para a demanda total de combustíveis, gasolina e álcool, em litros, e a emissão de carbono, em toneladas por litro, esperados para um período de cinco anos e impactos na probabilidade para variação nos preços de 5% mostram que a demanda total e, conseqüentemente, a emissão de carbono verificada para Brasil é cerca de 2,5 vezes maior que à da região Sudeste. Examinando a diferença entre as estimativas de emissão de carbono esperadas para um comportamento futuro que exibisse a probabilidade real estimada de consumo atual e as probabilidades de consumo estimadas para alterações desse comportamento, via preço, tem-se que para as situações que implicam aumento da probabilidade de consumo do álcool combustível, ou seja, redução do preço desse combustível e aumento do preço da gasolina, reduções em torno 0,15% para o primeiro caso, e 0,37%, para o segundo, para Brasil. Para a região Sudeste, redução do preço do álcool originaria redução de cerca de 955,16 toneladas ano<sup>-1</sup>, e 2.519,13 toneladas ano<sup>-1</sup> para semelhante percentual de aumento no preço da gasolina, o que corresponderia a reduções de 0,165 e 0,43%. Nota-se que alterações no preço da gasolina originam impactos em torno de 2,6 e 2,4 vezes maiores na redução de emissão para região Sudeste e Brasil, respectivamente. Aumento do preço do álcool implica em aumentar o nível de emissão de carbono em cerca de 1.969,81 toneladas ano<sup>-1</sup> para Brasil, e 855,60 toneladas ano<sup>-1</sup> na região Sudeste. Isto implica em aumentar o nível de emissões em 0,13% para Brasil e 0,15% para a região Sudeste. Para redução no preço da gasolina esse aumento no nível de emissões será de cerca de 0,28%, para Brasil, e 0,35%, Sudeste. Como previsto, mudanças no preço da gasolina provocam maiores alterações na demanda e emissão. Assim, os resultados do modelo base e os simulados mostram que programas políticos que promovam maior eficiência, autonomia, da gasolina possuem maior probabilidade de reduzir seu consumo do que no caso de programas que incentivem o consumo de combustíveis alternativos, como células de hidrogênio, biodiesel, gás natural e eletricidade.

**Palavras-chave:** Análise da Preferência, Probabilidade de Consumo, Freqüência de Aquisição e Comportamento do Consumidor.

## ABSTRACT

### ANALYSIS OF THE PREFERENCE OF CONSUMERS FOR ALCOHOL FUEL AND GASOLINE, ACCORDING TO DATA FROM POF 2002-2003

The main objective of this work is developing an empirical model that can show the existence, or not, of different probabilities for the consumption of alcohol fuel in the regions covered by the Research of Family Budget (POF). It allows us to analyze if the energetic policies to the sector of fuels should be considered differently per region. On a second moment, these results were used to make simulations, by modifying the explicative variables of the probability for the consumption of alcohol. The intention was to verify the modifications expected in the demand for gasoline and alcohol, and make a comparison, through illustration, between the real results and the simulated ones, considering the emission of CO<sub>2</sub>, as a result of the estimated consumption for those kinds of fuel. The data show us a low preference for alcohol in Brazil, less than 10% of the total amount. Regarding the real probabilities estimated, the Southeast region presents effects that are higher to the Brazilian average, approximately 1.3 times higher. The results obtained in relation to increases in the price of alcohol demonstrate, similarly to what happens in the rest of Brazil, a more sensitive reduction of the probability for increases, between 5% and 20%. Variations in the price of gasoline, when it rises, results in a bigger difference between the real probability and the simulated one, more than a reduction in the price of alcohol. To the Southeast region, the impacts provoked by it, if we consider an increase in the price of gasoline, are three times higher than the impacts resulted from reductions in the price of alcohol. The results gotten through the simulations, where there is a decrease in the price of gasoline for the Southeast region, show that when we have an increase of 40% in that price, the estimated probability is around zero. In terms of Brazil, it would correspond to numbers close to 35% of reduction in the price of this kind of fuel. On the whole, considering the intervals of variations, rises in the price of gasoline result in an increase of around three times in the probability for the consumption of alcohol, in relation to decreases in the price of alcohol. The estimates found for the total demand for fuels, gasoline and alcohol, in liters, and the emission of carbon, in tons per liter, expected for a period of five years, and impacts in the probability of a variation of 5% in prices, show that the total demand and, consequently, the emission of carbon verified in Brazil is around 2.5 times higher than the one in the Southeast region. If we consider the difference among the estimates for the emission of carbon expected for a future behavior, which could show the real probability estimated for the current consumption and the probabilities of consumption estimated for alterations in this behavior, via price, we can see that for the situations that cause an increase in the possibility of consumption of alcohol, that is, decrease in the price of this kind of fuel, there is a decrease of around 0.15% for the first situation and 0.37% for the second one, in terms of Brazil. For the Southeast region, a decrease in the price of alcohol would be responsible for a reduction of 955.16 tons per year, and 2,519.13 tons per year for a similar percentage of increase in the price of gasoline, what would correspond to reductions of 0.165 and 0.43%. We can notice that alterations in the price of gasoline cause impacts of around 2.6 and 2.4 times higher in the reduction of emission to the Southeast region and Brazil, respectively. An increase in the price of alcohol involves an increase in the level of emission of carbon of around 1,969.81 tons per year, in terms of Brazil, and 855.60 tons per year, in terms of Southeast region. That means an increase in the level of emissions of 0.13% for Brazil and 0.15% for the Southeast region. If there is a decrease in the price of gasoline, the increase in the level of emissions will be of 0.28% for Brazil and 0.35% for the Southeast. As we had expected, changes in the price of gasoline cause bigger changes in demand and emission. So, the results gotten from the model and the simulated ones show us that political programs that promote more gasoline efficiency, autonomy, have a bigger chance of reducing its consumption than the programs that encourage the consumption of alternative fuels, such as hydrogen cells, biodiesel, natural gas and electricity.

**Key-words:** Preference Analysis. Probability of Consumption. Aquisition Frequency. Consumer Behavior.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Emissões de carbono por setor da economia brasileira, em m <sup>3</sup> Gg/anol.	16
Figura 2	Participação percentual de automóveis a gasolina e a álcool na produção brasileira, período de 1979 a 2005.	26
Figura 3	Consumo aparente médio de gasolina e álcool carburante no Brasil, em qde./dia - Barril(mil), para o período de 1934 a 2004.	26
Figura 4	Número de domicílios relacionados à frequência de consumo da gasolina e álcool, para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul de acordo com a POF 2002/2003.	81
Figura 5	Quantidade média consumida anualmente, em litros por domicílio, para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul de acordo com a POF 2002/2003.	81
Figura 6	Distribuição percentual (%) do número de automóveis, em unidades, em relação à frequência de consumo de gasolina e álcool para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul de acordo com a POF 2002/2003.	86
Figura 7	Alteração na probabilidade média de consumo do álcool combustível após diferentes acréscimos percentuais no preço médio do álcool combustível, Brasil e região Sudeste	111
Figura 8	Alteração na probabilidade média de consumo do álcool combustível após diferentes reduções percentuais no preço médio do álcool combustível, Brasil e região Sudeste.	111
Figura 9	Alteração na probabilidade média de consumo do álcool combustível após diferentes acréscimos percentuais no preço médio da gasolina, para Brasil e região Sudeste.	113
Figura 10	Alteração na probabilidade média de consumo do álcool combustível após diferentes reduções percentuais no preço médio da gasolina, para Brasil e região Sudeste.	113
Figura 11	Alteração na probabilidade média de consumo do álcool combustível após diferentes reduções percentuais no preço médio da gasolina e aumentos no preço médio do álcool, para Brasil e região Sudeste.	115
Figura 12	Alteração na probabilidade média de consumo do álcool combustível após diferentes aumentos percentuais no preço médio da gasolina e reduções no preço médio do álcool, para Brasil e região Sudeste.	115
Figura 13	Evolução da frota de veículos, segundo as Grandes Regiões e Brasil.	117

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1	Categorias de Modelos e formulações apresentadas por DAHL & STERNER (1991).	31
Quadro 2	Elasticidades médias, do Preço e da Renda, da demanda das categorias de Modelos apresentadas por DAHL & STERNER (1991).	32



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Distribuição percentual (%) dos vinte maiores países emissores de carbono (CO <sub>2</sub> ) resultante do uso de combustíveis fósseis, em 1996.	14
Tabela 2	Distribuição percentual das emissões de CO <sub>2</sub> por Setor, Brasil.	15
Tabela 3	Emissões de poluentes, CO, HC, NO e aldeídos, em gramas por km, por veículos leves no Brasil referente aos anos de 1980, 1986, 1990, 1995 e 2000.	20
Tabela 4	Distribuição percentual da produção de automóveis, do Brasil, por tipo de combustível, gasolina, álcool, diesel e flex, para o período 1979 – 2005.	25
Tabela 5	Participação na despesa de consumo monetária e não monetária média mensal familiar, por tipos de despesas, Brasil e Grandes regiões, período 2002-2003.	77
Tabela 6	Participação na despesa de consumo monetária e não monetária média mensal familiar, na ENDEF e na POF, segundo tipos de despesa, Brasil 1974/2003.	77
Tabela 7	Despesa monetária e não monetária, em R\$, média mensal familiar para despesa de consumo com transporte, Brasil e Grandes regiões.	78
Tabela 8	Distribuição percentual (%) da frequência de consumo da gasolina e álcool, quantidade média consumida anualmente, em litros por domicílio, e desvio padrão para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul de acordo com a POF 2002/2003.	80
Tabela 9	Despesa média anual com gasolina e álcool, em R\$ por domicílio, e desvio padrão para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul de acordo com a POF 2002/2003.	82
Tabela 10	Preço médio, em R\$ por litro, para gasolina e álcool e desvio padrão para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul de acordo com a ANP 2001/2005.	83
Tabela 11	Diferença percentual (%) entre o preço médio do álcool combustível e o preço médio da gasolina para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul de acordo com a ANP 2001/2005.	84
Tabela 12	Diferença média entre os preços do álcool combustível e da gasolina, segundo série de preços, mensal ao consumidor produzida pela ANP, que tem início em julho de 2001 e final em agosto de 2005, por estado.	84
Tabela 13	Distribuição percentual (%) do número de automóveis, em unidades, em relação à frequência de consumo de gasolina e álcool e desvio padrão para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul de acordo com a POF 2002/2003.	86
Tabela 14	Distribuição percentual (%) do número de automóveis possuídos por domicílio em relação à frequência de consumo da gasolina e do álcool para Brasil e regiões Norte,	87

	Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul de acordo com a POF 2002/2003.	
Tabela 15	Distribuição percentual (%) do número de automóveis adquiridos em relação ao período e a frequência de consumo da gasolina e álcool, para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul de acordo com a POF 2002/2003.	88
Tabela 16	Participação relativa (%) dos automóveis em relação ao período e estado de aquisição, novo, e a frequência de aquisição de gasolina e álcool para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul segundo a POF 2002/2003.	89
Tabela 17	Valor médio do automóvel e desvio padrão, em R\$, em relação à frequência de consumo de gasolina e álcool para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul segundo a POF 2002/2003.	90
Tabela 18	Despesa média anual com IPVA e desvio padrão, em R\$ por domicílio, em relação à frequência de consumo de gasolina e álcool para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul segundo a POF 2002/2003.	90
Tabela 19	Custo médio anual de manutenção do automóvel e desvio padrão, em R\$ por domicílio, em relação a consumo de aquisição de gasolina e álcool para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul segundo a POF 2002/2003.	91
Tabela 20	Distribuição percentual (%) das classes de renda dos domicílios que apresentam frequência de consumo para gasolina e álcool para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul segundo a POF 2002/2003.	92
Tabela 21	Distribuição percentual (%) das classes de moradores dos domicílios que apresentam frequência de consumo para gasolina e álcool para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul segundo a POF 2002/2003.	94
Tabela 22	Distribuição percentual (%) das classes de escolaridade dos chefes de família dos domicílios que apresentam frequência de consumo para gasolina e álcool para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul segundo a POF 2002/2003.	94
Tabela 23	Distribuição percentual (%) das faixas de idade dos chefes de família dos domicílios que apresentam frequência de consumo para gasolina e álcool para Brasil regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul segundo a POF 2002/2003.	95
Tabela 24	Distribuição percentual (%) do sexo dos chefes de família dos domicílios que apresentam frequência de consumo para gasolina e álcool para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul segundo a POF 2002/2003.	96
Tabela 25	Efeitos marginais da regressão <i>Logit</i> para domicílios que apresentam frequência de consumo para o álcool combustível, modelo restrito.	98
Tabela 26	Média e Desvio Padrão das variáveis construídas segundo a POF 2002-2003, Brasil.	100
Tabela 27	Efeitos marginais da regressão <i>Logit</i> para domicílios que apresentam frequência de consumo para o álcool combustível para o modelo base final.	102

Tabela 28	Probabilidades médias, real e simulada, estimadas para Brasil e Diferença média entre a probabilidade simulada e real para aumentos e reduções de 05, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 e 50% no preço médio do álcool combustível.	107
Tabela 29	Probabilidades médias, real e simulada, estimadas para Brasil e Diferença média entre a probabilidade simulada e real para aumento e redução de 05, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 e 50% no preço médio da gasolina.	108
Tabela 30	Probabilidades médias, real e simulada, estimadas para região Sudeste e Diferença média entre a probabilidade simulada e real para aumentos e reduções de 05, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 e 50% no preço médio do álcool combustível.	109
Tabela 31	Probabilidades médias, real e simulada, estimadas para região Sudeste e Diferença média entre a probabilidade simulada e real para aumentos e reduções de 05, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 e 50% no preço médio da gasolina.	112
Tabela 32	Quantidade total consumida de álcool combustível e gasolina, número total de veículos de acordo com o tipo de combustível consumido e consumo médio anual por veículo, em litros, para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul, segundo dados da POF (2002-2003).	117
Tabela 33	Evolução da frota de veículos, segundo as Grandes Regiões e Brasil, e participação percentual das frotas regionais no total brasileiro para os anos de 1990, 1998 e 2003.	118
Tabela 34	Frota total de veículos estimada pelo DENATRAN, frota total de veículos estimada de acordo com informações da POF (2002-2003), em unidades, e distribuição percentual da participação da frota da amostra em relação à frota total, Denatran, segundo dados relativos a Brasil e Grandes Regiões para o ano de 2003.	118

## 1 INTRODUÇÃO

No momento presente, uma das mais sérias conseqüências das ações das atividades sociais, econômicas e industriais pode ser observada nas alterações da biosfera, decorrente da quase duplicação da concentração de Gases de Efeito Estufa<sup>1</sup> (GEE) na atmosfera durante o período de 1750 a 1998.

A concentração dos gases GEE pode provocar um aumento da temperatura média do planeta, entre 1,4 e 5,8°C, nos próximos cem anos (IPCC, 2001 a). As conclusões do Terceiro Relatório do Intergovernamental Panel on Climate Change<sup>2</sup> (IPCC) mostram que as conseqüências deste aquecimento implicam em um clima mais quente e mais úmido.

As áreas consideradas mais vulneráveis às mudanças climáticas são os picos de montanhas, onde há neve ou gelo eterno, as terras costeiras baixas e as bacias hidrográficas. O aquecimento global deve agravar processos de desertificação e seca, causando mais quebras de safra nas culturas altamente dependentes do clima, como a agricultura de subsistência (MEIRA FILHO, 2003).

O aumento das temperaturas é atribuído, principalmente, às emissões dos chamados gases de efeito estufa. Dentre estes, o carbono resultante da queima de combustíveis fósseis, e de florestas, é o que possui maior participação no total das emissões. Desde 1750, a concentração atmosférica de carbono aumentou 31%, passando de 280 partes por milhão (ppm) para 367 ppm. De acordo com levantamentos realizados em colunas de gelo, nas quais faz-se análise da composição histórica de gases atmosféricos, não há registros de concentração de carbono igual à atual nos últimos 420 mil anos.

---

<sup>1</sup> Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); metano (CH<sub>4</sub>); óxido nitroso (N<sub>2</sub>O); hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) e as famílias dos perfluorcarbonos (compostos completamente fluorados, em especial erfluormetano CF<sub>4</sub> e perfluoretano C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>) e dos hidrofluorcarbonos (HFCs).

<sup>2</sup> O IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) é um grupo organizado sob o amparo das Nações Unidas cujo objetivo é estudar as mudanças do clima. A cada cinco anos representantes de cerca de 100 países propõem o nome de seus melhores especialistas em climatologia. Dos milhares de nomes sugeridos, a liderança do IPCC escolhe algumas centenas para cada um de três grupos de trabalho. Esta escolha é baseada nas publicações em revistas científicas indexadas, e a cada cientista é atribuída a responsabilidade de resumir toda a literatura selecionada, pela revisão dos pares, de um determinado aspecto do problema. Outros cientistas são convocados como revisores e críticos. Os relatórios dos grupos são, então, revistos novamente por especialistas selecionados pelos países membros e, finalmente, condensados em sumários técnicos novamente revistos em plenário para aprovação de um documento final.

Nota-se que as conjecturas feitas, em sua maioria, têm caráter negativo. Assim, desde a década de 90, a Organização das Nações Unidas (ONU) tem realizado conferências internacionais que visam discutir o problema do aquecimento global.

Em 1992, foi estabelecida a “Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas”. Esta, conhecida como “Convenção do Clima”, entrou em vigor em março de 1994 e tem como objetivo propor ações que promovam a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa emitidas, essencialmente, pelos países que compõem o ANEXO 1<sup>3</sup>.

Dentre os encontros ocorridos, a Conferência das Partes realizada em Quioto, em 1997, destaca-se como a mais relevante. Nesta, foi estabelecido um acordo que define as metas de redução das emissões de GEE pelos países do ANEXO B (países do ANEXO 1 que possuem compromissos de redução das emissões de GEE). Esse acordo, conhecido como Protocolo de Quioto, estabelece que os países industrializados devem reduzir suas emissões em 5,2% abaixo dos níveis observados em 1990, entre 2008 e 2012. Para que este Protocolo entre em vigor é indispensável que pelo menos 55 países, que representem pelo menos 55% das emissões de GEE, o ratifiquem<sup>4</sup>.

Em 2001, foi realizada a Conferência de Marrakesh (Marrocos) (COP 7). Esta Conferência define as regras operacionais do Protocolo. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) foi instituído como mecanismo de implementação conjunta do Protocolo.

A proposta do MDL consiste em que cada tonelada de carbono (CO<sub>2</sub>) deixada de ser emitida ou retirada da atmosfera por um país em desenvolvimento poderá ser negociada no mercado mundial. Esse mecanismo deverá ser usado pelos países em desenvolvimento como meio para promover o desenvolvimento sustentável.

Três tipos de projetos são elegíveis como MDL: projetos de “seqüestro de carbono”; projetos de substituição de energia fóssil por energia solar, eólica, hidráulica ou de biomassa; e, projetos de mudança de tecnologia para redução da emissão dos gases ou do consumo energético. A experiência brasileira de uso do etanol como combustível proporciona potencial para elaboração de novos projetos que ampliem a substituição de um combustível fóssil por um combustível produzido a partir da biomassa (MORAES, 2000).

---

<sup>3</sup> Países membros do ANEXO 1: Alemanha; Austrália; Áustria; Belarus; Bélgica; Bulgária; Canadá; Comunidade Européia; Croácia; Dinamarca; Eslováquia; Eslovênia; Espanha; Estados Unidos da América; Estônia; Federação Russa; Finlândia; França; Grécia; Hungria; Irlanda; Islândia; Itália; Japão; Letônia; Liechtenstein; Lituânia; Luxemburgo; Mônaco; Noruega; Nova Zelândia; Países Baixos; Polônia; Portugal; Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte; República Tcheca; Romênia; Suécia; Suíça; Turquia; e, Ucrânia (Rocha, 2003).

<sup>4</sup> Em 2004, a Rússia assinou o Protocolo (com 17,4% do total das emissões de dióxido de carbono das Partes do Anexo I). Desta forma, o Protocolo entra em vigor em 2005.

Em relação ao total de emissões de CO<sub>2</sub> resultante do uso de combustíveis fósseis, em 1996, o Brasil situa-se como o décimo sétimo maior emissor (Tabela 1). No Brasil, os combustíveis líquidos fósseis são responsáveis por cerca de 75% das emissões de CO<sub>2</sub>. Análise das quantidades emitidas deste gás, de acordo com setores da economia brasileira, mostra que o setor de transportes é o maior deles, com cerca de 42% das emissões. Em seguida, o setor Indústria com cerca de 31% (Tabela 2).

A implantação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), em 1975, e a criação do carro a álcool, em 1979, incentivaram a produção de álcool no Brasil. O Proálcool passou por fases distintas. Na primeira, entre 1975 e 1979, estimulou-se a produção de álcool “anidro”, para uso como aditivo à gasolina, em proporção até 20%, variável de acordo com a disponibilidade (VIEIRA, 1999). Durante esse período, o nível absoluto de emissões de gás carbônico no Brasil aumentou. No entanto, a emissão de CO<sub>2</sub> do setor transportes sofreu redução de 7,75%.

Na segunda fase, entre 1979 e 1983, a produção de álcool foi direcionada para o “tipo hidratado”, a ser utilizado em veículos projetados para o consumo desse tipo de combustível. O aumento da demanda por esse combustível favoreceu a redução absoluta da emissão de CO<sub>2</sub> em cerca de 4,5% e, ainda, a estabilidade da participação do setor transportes no total de emissões (Tabela 2).

Tabela 1 – Distribuição percentual (%) dos vinte maiores países emissores de carbono (CO<sub>2</sub>) resultante do uso de combustíveis fósseis, em 1996.

	País	Emissão	% Total
1	EUA	1446777	22,20
2	China	917997	14,08
3	Rússia	431090	6,61
4	Japão	318686	4,89
5	Índia	272212	4,18
6	Alemanha	235050	3,61
7	Inglaterra	152015	2,33
8	Canadá	111723	1,71
9	Coréia do Sul	111370	1,71
10	Itália	110052	1,69
11	Ucrânia	108431	1,66
12	França	98750	1,52
13	Polônia	97375	1,49
14	México	95007	1,46
15	Austrália	83688	1,28
16	África do Sul	79898	1,23
17	Brasil	74610	1,14
18	Arábia Saudita	73098	1,12
19	Irã	72779	1,12
20	Coréia do Norte	69412	1,06
	Total <sup>a</sup>	4960020	76,10
	Total <sup>b</sup>	6518000	100

<sup>a</sup> Para os vinte países apresentados.

<sup>b</sup> Para todos os países.

Fonte: Marland, Boden, Andrés, Brenkert & Johnston (1999).

Tabela 2 – Distribuição percentual das emissões de CO<sub>2</sub> por Setor, Brasil.

Setor	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2002
Transformação	7,17	4,04	4,19	4,51	4,37	4,95	7,93	8,35
Consumo final não-energético	0,50	1,12	1,53	2,49	2,47	2,13	2,21	2,16
Energético	4,65	5,90	5,61	6,47	6,38	5,16	5,26	5,43
Residencial	6,29	4,63	4,70	6,41	7,05	6,51	5,62	5,43
Comercial	0,63	0,60	0,68	0,53	1,03	0,65	0,69	0,70
Público	0,38	0,45	0,45	0,36	0,26	0,86	0,69	0,83
Agropecuário	1,51	2,84	4,08	5,52	5,20	5,48	4,66	5,01
Transportes (Total)	48,05	48,88	41,13	41,13	41,89	42,23	41,36	41,61
Industrial (Total)	30,82	31,54	37,62	32,58	31,34	32,04	31,57	30,50
Total Geral	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: Economia & Energia, n. 41 (nov/dez 2003).

Após 1983, nota-se um crescimento no total de emissões, que pode estar associado ao enfraquecimento do programa. Entre 1985 e 1999, o nível absoluto de emissões cresceu cerca de 80% (Figura 1). Questões negativas relacionadas ao aspecto econômico da não competitividade do álcool em relação a gasolina e da redução da demanda interna, e questões positivas relacionadas com aspectos ambiental, estratégico e social, norteiam as controvérsias relativas à possibilidade de reestruturação e continuidade do Proálcool.

A expansão do uso do álcool etílico como combustível, ou como aditivo, apresenta-se como interessante fonte de energia alternativa que se enquadra como projeto elegível de MDL. As externalidades ambientais positivas existentes na produção e uso do álcool etílico combustível, e a necessidade de países desenvolvidos de reduzir suas taxas de emissões de CO<sub>2</sub>, possibilita ao Brasil atrair capital externo para financiar o abatimento conjunto das emissões por meio do consumo de álcool combustível.



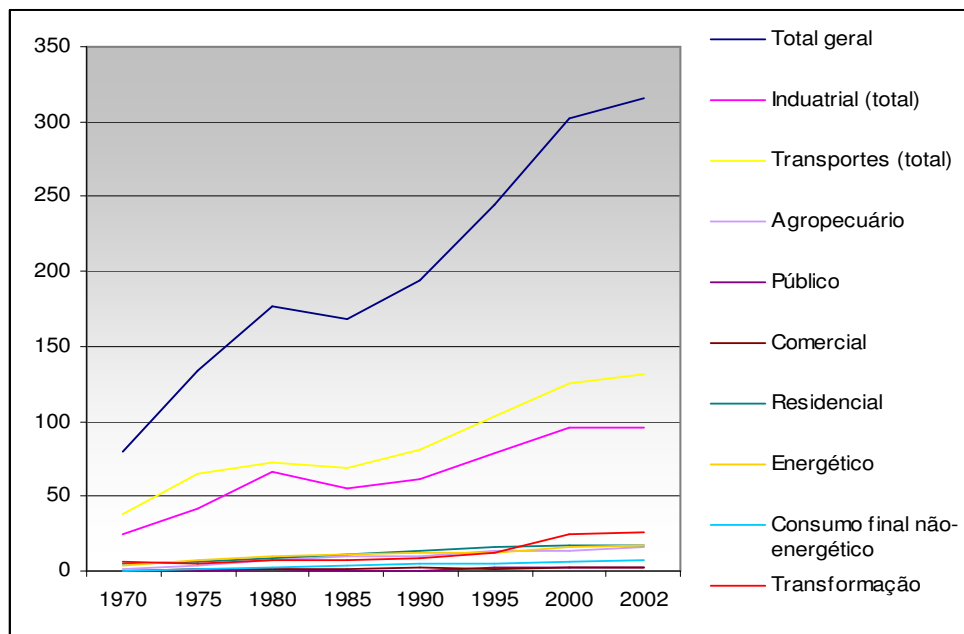


Figura 1. Emissões de carbono por setor da economia brasileira, em m³Gg/anol.

Fonte: Economia & Energia, n. 41 (nov/dez 2003).

Atualmente, os produtores de álcool do Brasil encontram-se diante novos desafios, provocados por fatores internos e externos. No âmbito do mercado interno, o desafio surge da evolução da tecnologia automotiva. O surgimento do carro bicombustível (*flexfuel*) permite ao consumidor o arbítrio para escolher com que combustível abastecerá seu automóvel a um custo zero<sup>5</sup>.

A tecnologia do motor bicombustível, disponível desde 2003, tem gerado muita expectativa. O rápido crescimento das vendas tem levado as montadoras a investirem em lançamentos de modelos que usam esse motor<sup>6</sup>. O lançamento de veículos *flexfuel* pode representar uma mudança no cenário do mercado de álcool. Esta inovação implica em modificações no comportamento do consumidor e, portanto, apresenta novos questionamentos, como a respeito de uma possível alteração na competitividade do álcool hidratado em relação à gasolina.

<sup>5</sup> É relevante ressaltar que o arbítrio sempre existiu, por meio da conversão do tipo de combustível consumido pelo veículo. Assim, a presença dessa nova tecnologia fez com que esse custo fosse zerado.

<sup>6</sup> Dutra, A. Bicombustíveis em alta. <http://www.noolhar.com/opovo/veiculos/355779.html>

Deste modo, a demanda por combustíveis pode ser alterada de forma significativa. Especialmente em determinadas regiões do país. Essa situação mostra a necessidade do posicionamento das autoridades brasileiras em relação à política energética para o setor de combustíveis.

Assim, o conhecimento das razões que levam o consumidor a optar por determinado combustível contribui para a elaboração, implementação e implantação de programas que visem ampliar a demanda por algum combustível específico, ou causar algum impacto específico.

## **1.1 Objetivos**

1. Desenvolver um modelo empírico que mostre a existência, ou não, de diferentes probabilidades de consumo do álcool nas regiões abrangidas pela Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF). Isto permite analisar se políticas energéticas para o setor de combustíveis devem ser diferenciadas por região.
2. Fazer simulações, por meio de modificações nas variáveis explicativas, da probabilidade de consumo do álcool.
3. Verificar as modificações esperadas, desses resultados, na demanda da gasolina e do álcool combustível. E, fazer comparação, por meio de ilustração, entre os resultados reais e os simulados em relação à emissão de CO<sub>2</sub> resultante do consumo estimado para esses combustíveis.

## 2 BREVE HISTÓRICO DO ÁLCOOL COMBUSTÍVEL

No século XX, o uso do petróleo como fonte de energia foi eminente. Isto fez com que o desenvolvimento de fontes alternativas de energia fosse praticamente inativo até a década de 80. Em virtude da volatilidade dos preços desse combustível e da instabilidade política da região onde está concentrada a maior parte das reservas existentes no mundo, a procura por diferentes fontes de energia tornou-se relevante.

Adicionalmente, o crescente questionamento a respeito das conseqüências do uso de combustíveis fósseis no meio ambiente ressalta a importância do exame de novas fontes de energia. Nos anos 90, a preocupação em torno do aquecimento global, dos preços internacionais do petróleo e a queda efetiva das reservas de petróleo fez com que o etanol tivesse maior prestígio como fonte alternativa de energia.

A produção atual de álcool no mundo é da ordem de cerca de 35 bilhões de litros, aproximadamente 60% destina-se ao uso combustível. Brasil e Estados Unidos são os principais produtores e consumidores. Austrália, Tailândia, México, Suécia, União Européia, Canadá, Colômbia, Índia, China e Japão, estimulados por preocupações ambientais e agrícolas, preparam programas de uso do álcool.

Para esses países, a expansão do uso do álcool favorece aspectos relacionados ao combate mundial ao efeito estufa e à poluição local, principalmente por meio da substituição de aditivos tóxicos na gasolina; a valorização da segurança energética, buscando-se autonomia pela diversificação das fontes de energia utilizadas; o incremento da atividade agrícola, que permite a criação de empregos; e, ainda, a descentralização econômica.

O álcool é um combustível com características adequadas para alimentar motores a combustão interna que funcionam segundo o Ciclo Otto. Esse tipo de motor tem seu início de queima (ignição) por centelha (faísca gerada na vela de ignição). Além do etanol, o metanol, a gasolina e o gás natural têm as mesmas características mencionadas. Dentre os combustíveis líquidos citados, o etanol é o que melhor se mistura à gasolina.

Atualmente, os veículos desenvolvidos por meio de novas tecnologias, que permitem cumprir as exigências das normas de emissões veiculares, exigem gasolina com maior quantidade de oxigenados. O atendimento a essa exigência pode ser conseguido com grandes e caras modificações no processo de refino da gasolina ou com a adição de substâncias oxigenadas. Neste sentido, o álcool etílico anidro carburante é considerado a melhor opção existente.

No Brasil, as propriedades do etanol, como combustível, levaram ao desenvolvimento de motores a álcool e motores para a mistura álcool/gasolina. Esses motores foram desenvolvidos pela indústria automobilística (GM, Ford, Volkswagen, Fiat) para sistemas carburados. Hoje, encontram-se disponíveis para todos os motores com sistemas de injeção eletrônica.

A introdução da mistura gasolina/álcool teve um impacto positivo imediato na qualidade do ar das grandes cidades, particularmente em São Paulo. Inicialmente, aditivos, como o chumbo, tiveram seu uso reduzido à medida que a quantidade de álcool na gasolina aumentava. Esses aditivos foram totalmente eliminados em 1991. Além disso, os hidrocarbonetos aromáticos, como o benzeno, presentes na gasolina e que são particularmente tóxicos, também foram eliminados e o conteúdo de enxofre da gasolina foi reduzido. Nota-se que as emissões de monóxido de carbono foram extremamente reduzidas. Antes de 1980, quando a gasolina era o único combustível em uso, as emissões de CO eram superiores a 50g/km e foram reduzidas para menos de 0,7g/km. em 2000 (Tabela 3).

Tabela 3 - Emissões de poluentes, CO, HC, NO e aldeídos, em gramas por km, por veículos leves no Brasil referente aos anos de 1980, 1986, 1990, 1995 e 2000.

ANO	COMBUSTÍVEL	POLUENTES*(gramas por quilômetro)			
		CO	HC	NO <sub>x</sub>	ALDEIDOS
Antes 1980	Gasolina	54	4,7	1,2	0,05
1986	Mistura de gasolina e etanol	22	2	1,9	0,04
	Etanol	16	1,6	1,8	0,11
1990	Mistura de gasolina e etanol	13,3	1,4	1,4	0,04
	Etanol	10,8	1,3	1,2	0,11
1995	Mistura de gasolina e etanol	4,7	0,6	0,6	0,025
	Etanol	4,6	0,7	0,7	0,042
2000	Mistura de gasolina e etanol	0,73	0,13	0,21	0,004
	Etanol	0,63	0,18	0,21	0,014

\* Médias ponderadas de cada ano-modelo pelo volume da produção.

Fonte: IBAMA / PROCONVE<sup>7</sup>.

Assim, o consumo do álcool restringe a emissão de poluentes da crescente frota de veículos. Isto ocorre especialmente em relação ao monóxido de carbono, aos óxidos de enxofre, a compostos orgânicos tóxicos, como o benzeno, e compostos de chumbo. Além do aspecto ambiental, o etanol provoca, em países como o Brasil, consideráveis impactos econômicos e sociais, como a melhoria da renda rural por meio da reconhecida capacidade de distribuição desses efeitos na cadeia produtiva sucroalcooleira; geração de empregos em larga escala; redução de dependência externa de petróleo; e, benefícios para a balança comercial.

<sup>7</sup> <https://www.ibama.gov.br/proconve/login.php>

## 2.1 Programa Nacional do Álcool – PROÁLCOOL

O Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL) foi desenvolvido com base na produção do álcool tendo como matéria-prima diferentes tipos de biomassa, como cana-de-açúcar, mandioca, sorgo sacarino e batata doce (VIEIRA, 1999). No entanto, fatores como produtividade agroindustrial e tecnologia estabeleceram a cultura da cana-de-açúcar como a melhor alternativa de produção do álcool carburante.

Inicialmente, o Programa pretendia promover mudanças em relação aos seguintes aspectos da economia brasileira: economia de divisas, com redução da dependência externa do petróleo importado; crescimento da renda interna do país, por meio do emprego de fatores de produção ociosos, como terra e mão-de-obra; redução das disparidades regionais de renda, tendo em vista que todas as regiões do país dispõem das condições mínimas para produção de matéria-prima; crescimento do emprego rural; desenvolvimento da pesquisa de alternativos energéticos e, assim, da tecnologia nacional; e, expansão da produção nacional de bens de capital, com a modernização e ampliação da indústria sucroalcooleira (SANTOS, 1993).

Durante as décadas de 70 e 80, o programa apresentou vantagens econômicas, sociais e tecnológicas para o país em relação à economia de divisas, à geração de empregos e ao desenvolvimento tecnológico da atividade. Na década de 90, com a indefinição da participação do álcool na matriz energética nacional e com a queda dos preços do petróleo no mercado internacional, a viabilidade econômica do álcool como combustível alternativo foi intensamente discutida (VIEIRA, 1999).

Diversos autores, como PELIN (1985), FERREIRA e MOTTA (1986), SOUSA (1984), TOURINHO et al. (1987), ROCHA FILHO (1991) e SANTOS (1993), analisam a viabilidade sócio-econômica do Proálcool. Entretanto, esses estudos são divergentes em relação às metodologias adotadas e aos resultados obtidos. Dentre os principais pontos ressaltados, destacam-se: aspectos relacionados com a substituição de culturas; como o elevado custo social; e, aspectos econômicos, sob a forma de políticas de preço, de investimento e de financiamento adotadas para esse segmento. Dois fortes argumentos contra o Programa dizem respeito ao déficit da conta álcool e aos subsídios fornecidos ao álcool, que normalmente são associados à escassez de recursos e à necessidade de melhor definição da prioridade dos gastos públicos.

SOTERO e CARAZZI (1995) alertam para a importância de analisar a viabilidade do Proálcool levando em conta as externalidades positivas do álcool, como as relativas ao meio ambiente e à receita gerada por essa cadeia produtiva. Para esses autores, as análises de viabilidade que levam em consideração apenas a dimensão financeira são limitadas, incompletas e excessivamente centralizadas no curto prazo.

Neste sentido, NAVARRO (1995) observa que as comparações existentes na literatura entre os preços do petróleo e os custos econômicos do álcool são irrealistas, pois são fundamentadas em valores incorretos. De acordo com este autor, o álcool, ecológico e renovável, é um combustível mais nobre que a gasolina. Assim, é preciso deduzir do seu preço as externalidades positivas por ele geradas. Algumas destas externalidades são: a economia do petróleo substituído e, logo, a economia de divisas; a vantagem de ser um combustível renovável; o uso dos fatores de produção ociosos; o aumento do PIB; a geração de empregos; a tendência de redução dos custos de produção; os benefícios ambientais; e, a abertura de mercados externos. É interessante ressaltar que o preço do petróleo não reflete suas externalidades negativas, como o alto poder poluidor da gasolina, além dos riscos de segurança de abastecimento inerentes à natureza finita do petróleo e do atual estágio das reservas mundiais e, ainda, em razão da instabilidade política no Oriente Médio.

VIEIRA (1999) analisa a viabilidade da reestruturação e continuidade do Proálcool por meio de um modelo de equilíbrio geral que considera dois cenários, o cenário Diferencial Tecnológico e o cenário Intervenção Governamental. Os resultados da interação destes dois cenários evidenciam a necessidade de reestruturação do Programa em virtude do problema de competitividade do álcool e da redução da demanda pelo produto. Estes fatores limitam a continuidade da produção de álcool carburante no Brasil. Os resultados desse estudo indicam que há possibilidades de expansão da oferta na atividade sucroalcooleira a preços decrescentes mediante progresso tecnológico. Além disso, a expansão da produção do álcool combustível elevaria os níveis de emprego rural e urbano.

Assim, a opção pela manutenção do Programa do álcool carburante requer a implementação de medidas de política orientadas para expandir o consumo interno do álcool. A atuação do governo sob as formas de regulamentação, incentivo ao aumento da competitividade e da adoção de medidas que visem promover o aumento da demanda interna do álcool, apresenta-se como essencial na implantação e implementação de programas de fonte de energia alternativa (VIEIRA, 1999).

## 2.2 Mercado de combustíveis e o álcool na matriz energética brasileira

No Brasil, o mercado de combustíveis é marcado por constantes transformações. Historicamente, esse mercado foi coordenado pelo governo federal. Entretanto, em meados dos anos 90, teve início o processo de desregulamentação desse setor. A liberação do preço da gasolina “C” nos postos de abastecimento ocorreu em 1996. Em 1997, o preço do álcool anidro foi liberado e, em 1999, o do álcool hidratado (MORAES, 2000).

Em 2002, o preço da gasolina A nas refinarias deixou de ser fixado pelo governo e a importação de derivados de petróleo passou a ser permitida, incluindo a gasolina A (comum e *premium*) e o óleo diesel. Desta forma, o monopólio estatal da Petróleo Brasileiro S/A (Petrobrás) foi flexibilizado, e o mercado de combustíveis tornou-se livre, apesar do controle da Agência Nacional do Petróleo (ANP).

A liberação do mercado de combustíveis é acompanhada de impactos sobre os agentes deste mercado, consumidores, refinarias, distribuidoras e postos, e, igualmente, sobre os agentes da cadeia produtiva da cana-de-açúcar. Em ambiente de livre mercado, o debate a respeito da competitividade e sobrevivência do álcool hidratado torna-se de extrema relevância.

A eliminação de leis e normas que regulamentavam a Petrobrás provocou intensas alterações nas relações econômicas do mercado de combustíveis. A extinção da conta *Parcela de Preço Específica*<sup>8</sup> (PPE) é um exemplo dessas mudanças. Os recursos dessa conta resultavam de tributos sobre os combustíveis e eram usados, pelo governo, para incentivos dados ao gás natural e seus derivados, aos derivados de petróleo e ao álcool combustível.

O incentivo dado ao álcool combustível era o pagamento de subsídios de preço, ao produtor, e de transporte. O suporte de preços ao álcool hidratado foi suprimido em outubro de 1999. A alta de preços dos derivados do petróleo, associada à desvalorização do real, fez com que esse combustível se tornasse competitivo em relação à gasolina. Assim, a necessidade do subsídio de preços ao produtor foi excluída.

---

<sup>8</sup> Com esta extinção, a Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (Cide) foi criada com o objetivo de substituir a PPE, tornando possível à tributação de combustíveis importados.



A utilização do álcool como combustível implica aumento de consumo devido ao menor poder calorífico, quando comparado ao da gasolina. Isto significa que é necessária maior quantidade de combustível para realização do mesmo trabalho.

Na década de 80, os usuários tinham de enfrentar pequenos inconvenientes, como a dificuldade de dar a partida ao motor nos dias frios, o alto consumo e a corrosão das peças metálicas. Hoje, a injeção eletrônica acabou com os problemas na partida, os tanques de combustível foram revestidos com materiais inoxidáveis e as peças metálicas receberam ligas resistentes à corrosão<sup>9</sup>. O resultado disso é um veículo mais potente, pelo maior poder energético do álcool, e mais econômico<sup>10</sup>.

Em 1989, em um contexto de aumento dos preços do açúcar no mercado mundial, os produtores passaram a desviar a matéria-prima da produção de álcool para a fabricação do açúcar visando a exportação<sup>11</sup>. Deste modo, nessa época, ocorreu o choque do álcool, levando a formação de grandes filas nos postos de abastecimento em todas as cidades brasileiras. Assim, no final dos anos 80, o Brasil estava importando metanol para abastecer a frota de veículos e adicionando 5% de gasolina ao álcool carburante.

Na década de 90, o governo brasileiro extingue os descontos do IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) dos carros a álcool, abre o mercado para veículos importados e estimula a produção de carros populares com motores de 1000 cilindradas, que não haviam sido adaptados para esse combustível. A participação na produção anual de automóveis caiu de cerca de 73%, em 1983, para cerca de 10% em 1989, e 2,51% (1995), 0,44% (1996), 0,06% (1997), 0,09% (1998), 0,92% (1999), 0,69% (2000) e 1,03% em 2001 (Tabela 4 e Figura 2).

---

<sup>9</sup> Stumpf, U.E. Motor à álcool - PI 8106855-7. <http://planeta.terra.com.br/educacao/inventabrasil/caralc.htm>

<sup>10</sup> Um Volkswagen 1.600 a álcool faz, como os veículos médios comuns, de 10 a 12 quilômetros por litro de um combustível.

<sup>11</sup> NOGOSEKE, E.C. Surgimento, Auge e Declínio do Programa Nacional do Álcool - Uma Análise Econômica dos Fatores Determinantes. 2001. <http://www.economia.ufpr.br/departamento/monografias/monademir.htm>

Tabela 4 – Distribuição percentual da produção de automóveis, do Brasil, por tipo de combustível, gasolina, álcool, diesel e flex, para o período 1979 – 2005.

Período	Produção anual (%)				Total
	Gasolina	Álcool	Diesel	Flex	
1979	99.64	0.36	0.00	0.00	100
1980	74.36	25.64	0.00	0.00	100
1981	79.36	20.64	0.00	0.00	100
1982	60.64	31.88	7.48	0.00	100
1983	24.29	73.43	2.28	0.00	100
1984	25.62	73.10	1.28	0.00	100
1985	23.92	75.53	0.55	0.00	100
1986	23.44	76.04	0.52	0.00	100
1987	39.66	56.82	3.51	0.00	100
1988	36.86	63.01	0.13	0.00	100
1989	52.42	47.28	0.31	0.00	100
1990	89.09	10.79	0.12	0.00	100
1991	81.63	18.27	0.10	0.00	100
1992	79.41	19.99	0.60	0.00	100
1993	78.48	20.69	0.83	0.00	100
1994	89.75	9.62	0.63	0.00	100
1995	97.11	2.51	0.38	0.00	100
1996	99.04	0.44	0.52	0.00	100
1997	98.79	0.06	1.15	0.00	100
1998	97.30	0.09	2.61	0.00	100
1999	96.33	0.92	2.75	0.00	100
2000	96.63	0.69	2.67	0.00	100
2001	97.66	1.03	1.32	0.00	100
2002	95.79	3.16	1.05	0.00	100
2003	94.10	2.11	1.15	2.65	100
2004	80.48	2.67	1.67	15.18	100
2005	57.31	1.33	2.06	39.30	100

Fonte: Anuário da Indústria Automobilística Brasileira, 2006<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> <http://www.anfavea.com.br/anuario.html>

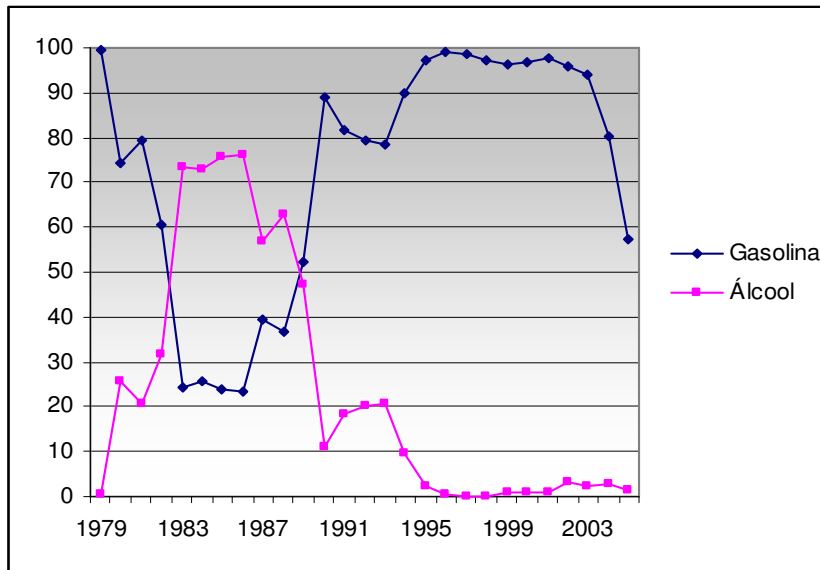


Figura 2. Participação percentual de automóveis a gasolina e a álcool na produção brasileira, período de 1979 a 2005<sup>13</sup>.

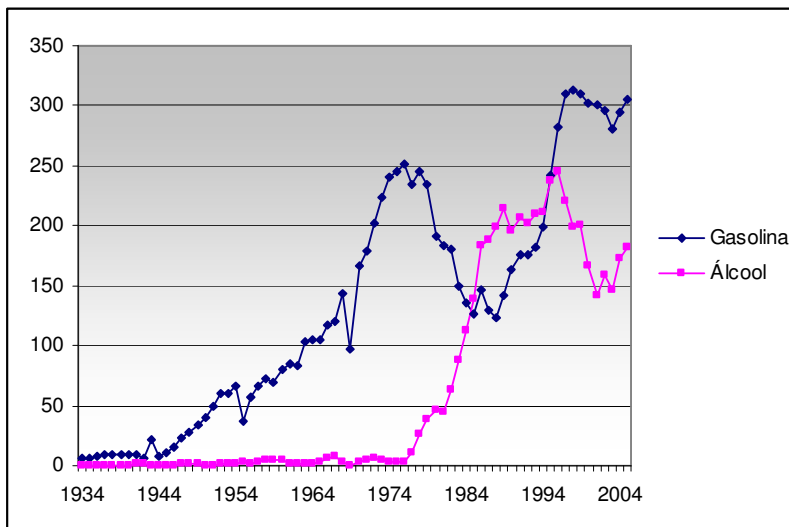


Figura 3. Consumo aparente médio de gasolina e álcool carburante no Brasil, em qde./dia - Barril(mil), para o período de 1934 a 2004<sup>14</sup>.

A queda da demanda de álcool hidratado, devido à redução da participação desses veículos na frota brasileira, foi compensada pelo maior consumo de álcool anidro, que acompanha o crescimento da frota brasileira de veículos leves. No momento presente, há determinação legal no sentido de que toda gasolina

<sup>13</sup> Anuário da Indústria Automobilística Brasileira, 2006. <http://www.anfavea.com.br/anuario.html>

<sup>14</sup> Fonte: ANP.

brasileira contenha de 20 % a 24% de álcool anidro, com variação de + ou - 1. A definição pontual cabe ao Conselho Interministerial de Açúcar e Álcool (CIMA), e é feita de modo a equilibrar a relação entre oferta e demanda.

A seguir são apresentadas algumas das iniciativas relacionadas à ampliação do consumo de álcool no Brasil.

a) Instituição de medidas administrativas, ou legais, de preferência para aquisição de veículos a álcool, pelas diversas instâncias governamentais e por outros grupos especiais de consumidores, como os táxis. Essas medidas estão sendo conhecidas como estímulo à ampliação da "Frota Verde";

b) Lei 10.438, de 26 de abril de 2002, que criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfra), garantindo a compra, pelas concessionárias, da energia elétrica obtida da co-geração a partir do bagaço de cana;

c) Lei 4.353, de 30 de agosto de 2002, institui medidas que reforçam todo o processo de estocagem e aquisição de estoques reguladores do álcool combustível e os mecanismos de financiamento ao agronegócio sucroalcooleiro; e,

d) Classificação para efeito do IPI, dos veículos com combustível flexível, como se fossem movidos a álcool hidratado<sup>15</sup>.

Em relação à política de cooperação e compromissos internacionais, as providências situam-se no campo das negociações diplomáticas e dos acordos bilaterais. No momento presente, estão em fase de negociação as seguintes iniciativas:

a) negociações de crédito carbono referente a certificados de emissão reduzida de CO<sub>2</sub>, que estão sendo comercializados no mercado internacional como resultado da ratificação e implementação do Protocolo de

---

<sup>15</sup> Para os anos de 2004 e 2005, tem-se os seguintes percentuais relacionados ao IPI: veículos de 1.000cc, movidos a gasolina, álcool e flex, 7%; + de 1.000cc a 2.000cc, para os movidos a gasolina o percentual é de 13%, e 11% para os a álcool e flex; veículos acima de 2.000cc, para os movidos a gasolina o percentual é de 25%, e 18% para os a álcool e flex.  
[http://www.anfavea.com.br/anuario2006/Cap01\\_2006.pdf](http://www.anfavea.com.br/anuario2006/Cap01_2006.pdf)

Quioto. Espera-se uma possível institucionalização dessa prática, por meio do "Mecanismo de Desenvolvimento Limpo" e da valorização desses certificados. O uso de álcool como fonte de energia é reconhecidamente elegível para utilização de créditos de carbono uma vez que o ciclo de produção e uso do álcool etílico pode ser considerado "neutro" em termo de emissões de CO<sub>2</sub>.

Neste sentido, estudo realizado pela Confederação Nacional da Indústria, em 1990, que compara diferentes cenários relacionados à utilização de combustíveis na região metropolitana de São Paulo, mostra que o melhor cenário para a redução de emissões seria o consumo exclusivo do álcool em toda a frota paulistana. O cenário mais inconveniente seria o que considera apenas o consumo de gasolina pura. Na faixa intermediária, situaram-se os cenários de frota operando exclusivamente com gasolina contendo 22% de etanol e, em posição ambientalmente mais favorável, o *mix* da frota circulante em 1989, composto por 51% de veículos com 22% de etanol na gasolina e 49% de veículos a álcool hidratado.

b) discussão, em âmbito internacional, da proposta brasileira de que até 2010 todos os países tenham 10% de sua geração energética obtida por meio de fontes renováveis, como a biomassa e a energia solar;

c) memorando de entendimento entre o Brasil e a Índia, referente à cooperação tecnológica na área de mistura de etanol em combustíveis para transportes. Essa cooperação tem por base as perspectivas de difusão tecnológica para incentivar a modernização do setor agrícola e industrial indiano, na produção e uso de energias renováveis derivadas do etanol, esforços conjuntos com vistas à abertura de mercado internacional;

d) cooperação com a China, buscando estreitar cooperação para o uso do etanol como combustível, em termos de produção e desenvolvimento tecnológico; e,

e) negociações com Cuba, para o fornecimento de tecnologias para produção do etanol, com vistas a transformar aquele país um forte parceiro no processo de construção do mercado internacional do etanol.

No âmbito do desenvolvimento de novas tecnologias as principais iniciativas, são:

a) mistura do etanol ao diesel, ou seja, utilização da mistura do 8% do etanol ao diesel. Isto implica em redução das emissões de partículas em veículos de transporte de passageiros e carga (em grandes cidades). A experiência está sendo desenvolvida no estado do Paraná por instituições de pesquisa, e coordenadas pelo Governo Federal;

b) célula de combustível com reformador a etanol, ou sistema de acionamento de carros por energia elétrica, gerada a partir de hidrogênio obtido no próprio veículo, a partir do álcool. Além de reduzir a níveis próximos de zero as emissões, esse sistema aproveita o combustível, promovendo melhor rendimento do que os motores a explosão. Pesquisas e testes estão sendo realizados em outros países. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) gerenciam investimentos brasileiros para a pesquisa, utilizando o álcool hidratado combustível. Em andamento, existem negociações para ser firmado convênio com indústrias da Alemanha envolvidas na pesquisa.

c) motores flexíveis. Este tipo de motor surgiu no final da década de 80, quando vários países se interessaram pelo uso do álcool (etanol e metanol) como combustível. Como esses países não dispunham de infra-estrutura de abastecimento suficiente para estimular um mercado de veículos a álcool, decidiu-se desenvolver um veículo que pudesse operar tanto com gasolina como com álcool, ou qualquer mistura de ambos. O conceito foi trazido para o Brasil por empresas de autopeças (Bosch, Magnetti Marelli, Delphi e Visdeon).

Portanto, observa-se que o aproveitamento do potencial de expansão do consumo do álcool requer esforços contínuos de reorganização da produção e da instituição de mecanismos eficazes de regulação.

### 3 MERCADO DE COMBUSTÍVEIS

Diversos trabalhos a respeito do consumo de combustíveis podem ser encontrados na literatura. Nota-se a presença de estudos que relacionam o consumo de derivados de petróleo com variáveis macroeconômicas. Outros estudos explicam os determinantes do consumo regional e suas relações com características do setor transportes.

Funções de demanda por gasolina foram estimadas para Estados Unidos, Canadá e Europa. A comparação dessas funções permite analisar a diferença entre o consumo *per capita* desses países (DAHL, 1978). O modelo é composto por um sistema de equações simultâneas com quatro equações. Assim, tem-se uma equação de demanda por gasolina em função do preço da gasolina, da renda e do estoque de carros. Uma equação de estoque de veículos em função do preço do veículo, preço da gasolina, renda e estoque de veículos (série defasada). Uma função de oferta de óleo em função dos preços no atacado do querosene, do preço do óleo, preço do óleo residual e uma tendência para representar mudanças tecnológicas. E, finalmente, uma equação de formação do preço da gasolina no varejo como função do preço no atacado e uma margem de lucro. Além disso, o trabalho acima estima a elasticidade-renda e preço por meio do método de mínimos quadrados em dois estágios. Os resultados mostram valores maiores da elasticidade-preço, no longo prazo, para EUA em relação à Europa.

Diversos trabalhos a respeito da demanda por gasolina foram analisados por DAHL & STERNER (1991). Os estudos analisados mostram resultados que, em um primeiro momento, parecem ser contraditórios. Mas, segundo os autores, esses resultados foram obtidos mediante diferentes métodos e conjuntos de dados. Esta análise classifica os estudos em diferentes categorias, ou seja, modelos que empregam, ou não, a variável estoque de veículos e modelos do tipo estático ou dinâmico. A existência de combinações entre estoques de veículos e defasagens também é considerada. Assim, nove categorias, para a função demanda por gasolina, foram identificadas.

De acordo com DAHL & STERNER (1991), após a distinção e comparação dos modelos estudados, existe certo grau de consistência entre os resultados observados. As comparações foram realizadas por meio da análise das estimativas das elasticidades-preço, e renda, para o curto e longo prazo, encontradas nos modelos

analisados. As categorias apresentadas por esses autores podem ser observadas no quadro 1. Os tipos de dados utilizados referem-se a séries temporais e cortes seccionais. A estimação dos modelos foi realizada por meio do emprego de diferentes métodos. Entretanto, o método de estimação de equações simples é o mais observado.

Outro aspecto relevante do trabalho desses autores diz respeito à análise dos resultados médios para as elasticidades-preço, e renda, da demanda por gasolina, no curto e longo prazo (Quadro 2). Adicionalmente, o quadro 2 mostra as categorias a que os modelos pertencem, o tipo de dados (série temporal - T, cross-section - CS) e suas periodicidades (mensal, quadrimestral, anual). Nota-se que a elasticidade-preço é inelástica para o curto e longo prazo.

Categorias de Modelos	Formulação <sup>1</sup>
1. Static Model (STAT)	$G = f(P, Y)$
2. Lagged Endogenous (LE)	$G = f(P, Y, G_{t-1})$
3. Simple Vehicle Model (VEH)	$G = f(P, Y, V)$
4. Vehicle Characteristics Model (VCHAR)	$G = f(P, Y, V, CHAR)$
5. Dynamic Formulations	$G = f(EP_{t-i}, EY_{t-i})$
6. Lagged Endogenous/Other Lagged (LE-OL)	$G = f(EP_{t-i}, EY_{t-i}, G_{t-1})$
7. Vehicle/Lagged Endogenous (V-LE)	$G = f(P, Y, V, G_{t-1})$
8. Vehicle/Other Lag (V-OL)	$G = f(EP_{t-i}, EY_{t-i}, V)$
9. Vehicle Use Lagged Endogenous (VU-LE)	$G = f(Pg, Pt, Y, Pv, P_{gt-1}, Y_{t-i}, G_{t-1})$

Quadro 1 – Categorias de Modelos e formulações apresentadas por DAHL & STERNER (1991).

<sup>1</sup> G = demanda de gasolina; Pg = preço gasolina; Y = renda; t-i = variável defasada i períodos; V = medida de estoques de veículos; Pt = preço transporte alternativo; Pv = preço veículo; CHAR = característica do estoque de veículos (como, eficiência e tamanho).

Fonte: MAISTRO (2002).



Modelo	Dados e Periodicidade	Elasticidade-Preço		Elasticidade-Renda		Número estimativas
		CP	LP	CP	LP	
STAT	ST – anual	-0,53	-0,53	1,16	1,16	22
STAT	ST – mensal, quadrimestral	-0,29	-0,29	0,52	0,52	81
LE	CSST/ST – anual	-0,24	-0,80	0,45	1,31	38
LE1q	CSST/ST – quadrimestral	-0,13	-0,28	0,44	1,02	17
LE4q	ST – quadrimestral	-0,14	-0,59	0,20	0,75	10
LE1m	ST – mensal	-0,20	-0,23	0,58	0,85	4
LE2m	ST – mensal	-0,19	-0,88	0,22	0,64	5
VEH	CSST/ST – anual	-0,31	-0,31	0,52	0,52	50
VEH	ST – mensal, quadrimestral	-0,42	-0,42	0,18	0,18	5
VCHAR	CSST/ST – anual	-0,16	-0,16	0,29	0,29	6
VCHAR	CSST/ST – mensal, quadrimestral	-0,32	-0,32	0,17	0,17	8
VCHAR	PAINEL – anual, quadrimestral	-0,52	-0,52	0,41	0,41	5
VCHAR	ST – anual	-1,01	-1,01	0,76	0,76	7
V-LE	CSST/ST –anual	-0,12	-0,29	0,38	0,60	8
VU-LE	CSST – anual	-0,17	-1,05	0,14	0,87	4
V-OL	CSST/ST – anual	-0,08	-0,97	0,57	0,57	4
LE-OL	ST – anual	-0,22	-0,94	0,39	1,09	13
VU-LE	ST - anual	-0,41	-0,77	0,42	1,11	9

Quadro 2 – Elasticidades médias, do Preço e da Renda, da demanda das categorias de Modelos apresentadas por DAHL & STERNER (1991).

Fonte: MAISTRO (2002).

A relação entre a demanda por gasolina, a renda nacional e o preço da gasolina é analisada por RAMATNATHAN (1999). Este autor usa técnicas de cointegração e correção de erros para a Índia, para o período de 1972/73 a 1993/94. Os resultados mostram que a demanda por gasolina aumenta de forma significativa com o aumento da renda. Neste estudo, a renda é representada pelo produto interno bruto (PIB), e as variações mostraram-se maiores no longo prazo (2,682), em relação ao curto prazo (1,178). Quanto a variações do preço, a demanda mostrou-se inelástica no curto e longo prazo, -0,209 e -0,319, respectivamente.

A demanda por gasolina e as elasticidades-renda, e preço, com dados do Panel Study of Income Dynamics (1981), foram estimadas por KAYSER (2000). Este estudo considera as variáveis: consumo de gasolina, preço da gasolina, renda e um termo de interação entre renda e preço da gasolina. Este termo permite

que a elasticidade-preço varie com a distribuição da renda. Assim, pessoas com menor nível de renda tendem a gastar uma parcela maior da renda com gasolina. Logo, as alterações no preço desse combustível causariam maior impacto sobre o comportamento de indivíduos com menor nível de renda. A influência da frota de veículos na demanda do combustível foi analisada por meio da eficiência do combustível. Para isso, o consumo de combustível foi estimado considerando a relação entre o número de quilômetros percorridos e a eficiência estimada do combustível. Os resultados mostram baixas elasticidades-preço e renda, -0,23 e 0,48, respectivamente. Essas estimativas são semelhantes para o curto e longo prazo. Além disso, foi observado que há diferenças no consumo de gasolina da população quando o nível de renda é variado.

Diversos trabalhos realizados no Brasil têm o interesse de estudar o mercado de combustíveis. ASSIS & LOPES (1980) avaliam o comportamento dos consumidores de gasolina e óleo diesel, no período de 1970 a 1977. As estimativas das elasticidades-renda e preço, no curto e longo prazo, foram encontradas pelo emprego do método econométrico *pooled regressions*. Os resultados são apresentados por região. Os resultados indicam baixas elasticidades-preço da demanda por gasolina e óleo diesel, -0,2 e zero, respectivamente, e, ainda, baixa sensibilidade a variações na renda para o consumo de gasolina (0,9). O consumo de óleo diesel apresenta-se sensível a variações na renda, exceto para a região Norte. Assim, os autores concluem que há necessidade da elaboração de políticas mais eficazes de contenção do consumo do que de política de preços.

A demanda de gasolina por veículos de passeio, referente ao período de 1957 a 1979, é analisada por BARROS & FERREIRA (1982). Um conjunto de séries históricas, para a categoria veículos de passeio, foi modelado. As séries modeladas são: novos veículos emplacados, frota de veículos, eficiência média de veículos novos (km/l), eficiência média da frota (km/l), consumo de gasolina (m<sup>3</sup>), quilometragem média anual por veículo (km/veículo/ano) e índice de preços reais para veículos novos. Estas séries foram modeladas de maneira interdependente. Deste modo, informações relativas à produção, exportação, importação de veículos, composição etária da frota, produção e eficiência (por modelo de veículo), relação entre quilometragem média das categorias e consumo total, constituem o fundamento para a estimativa das referidas séries. Os autores apresentam, além das séries citadas, séries de índice de preços reais para a gasolina e índice de renda real disponível para o setor privado, tendo como período base o ano de 1978.

A estrutura da demanda de derivados de petróleo no Brasil é examinada por RAMOS (1984). Este estudo considera diferentes tipos de derivados de petróleo, que estão agregados em quatro categorias. Assim,

têm-se as categorias gases (GLP); leves, constituída por gasolina, nafta, solvente e álcool; médios, óleo diesel, querosene, querosene de aviação; e, pesados, óleos combustíveis, asfaltos, óleos lubrificantes, parafinas e coque. Equações de ajustes parciais, para cada categoria, foram estimadas. Em seguida, diversos cenários, para a demanda dos derivados considerados nas quatro categorias, foram projetados. As variáveis explicativas usadas neste estudo são consumo do derivado, renda nacional, preço de comercialização do derivado e consumo do derivado defasado, para a década de 80.

A demanda para a categoria “gases” (GLP) mostrou-se quase perfeitamente inelástica em relação ao preço no curto prazo. Isto permite observar a ineficiência de políticas de controle de preço sobre a demanda desse derivado. Para a categoria “leves”, a estimativa da elasticidade-preço, no curto prazo, foi de -0,258 e -1,547 para o longo prazo. As estimativas para a elasticidade-renda foram de 0,319 para o curto prazo e de 1,913 para o longo prazo. Nota-se que os valores estimados para o curto prazo foram menores que os obtidos para o longo prazo. Na equação estimada para o derivado óleo diesel (categoria “médios”), tem-se baixas elasticidades-preço e renda, para o curto e longo prazo, -0,218 e -0,564, respectivamente. Outro resultado relevante refere-se ao aumento da sensibilidade do consumo de óleo diesel a variações na renda no longo prazo, os valores encontrados foram 1,543 (longo prazo) e 0,596 (curto prazo). Para a categoria “pesados”, os resultados mostram baixa sensibilidade do consumo a variações nos preços e renda.

A literatura a respeito da estrutura da demanda do álcool combustível, no âmbito nacional e internacional, é recente. Neste sentido, o trabalho de SORDI (1997) é considerado pioneiro. Este trabalho está fundamentado em dois grupos de modelos de demanda. Um modelo estrutural, que considera a oferta endógena, e um modelo simples, que considera a oferta exógena. Esses modelos são usados para estimar as elasticidades-preço e renda da demanda e avaliar se o setor apresenta comportamento monopolista, entre os meses de janeiro de 1980 e dezembro de 1995.

As variáveis utilizadas nesse estudo foram demanda total por álcool hidratado, preço real do álcool hidratado ao consumidor, renda, quantidade de veículos da frota movida a álcool, tendência, relação entre os preços reais ao consumidor do álcool hidratado e da gasolina, preço real da cana-de-açúcar, preço real do álcool hidratado recebido pelo produtor, preço real do açúcar no mercado interno, preço real do açúcar no mercado internacional e preço real do petróleo no mercado internacional. Os resultados foram obtidos por meio do método de mínimos quadrados em dois estágios, mínimos quadrados com variáveis instrumentais e máxima

verossimilhança de informação plena. De acordo com os resultados, a curva de demanda que melhor se ajusta ao mercado de álcool hidratado é linear. O comportamento do setor é apresentado como monopólio sob controle de preços.

A apresentação histórica e panorâmica do setor sucroalcooleiro e os impactos positivos e negativos do Proálcool foram objeto de estudo de SOUZA (1997). O trabalho oferece estimativas das funções de demanda para o álcool anidro e para o álcool hidratado combustível. O modelo considera as variáveis explicativas: população residente, consumo de gasolina, consumo de óleo diesel e frota nacional de veículos a álcool. A análise compreende os anos de 1980 a 1996. O método de mínimos quadrados ordinários foi utilizado para obter os resultados.

Os parâmetros estimados em relação à função consumo de álcool anidro (variável consumo de gasolina, estimativa 0,185) e a função consumo de álcool hidratado (variáveis população residente, estimativa 0,149, e frota nacional de veículos a álcool, 0,002), mostraram-se significativos. Segundo o autor, apesar dos problemas estatísticos encontrados na estimativa dos parâmetros das demais variáveis, as mesmas são relevantes para a análise do consumo de álcool combustível.

O consumo do álcool como substituto de derivados da gasolina é analisado por BROWN (1980). O autor considera diferentes cenários em relação ao crescimento econômico, ao grau de racionalização no consumo de derivados de petróleo, produção de etanol, produção nacional de petróleo e preço por barril de petróleo (para o ano de 1985). Desta forma, o trabalho projeta a demanda por derivados de petróleo e examina as diversas formas possíveis de substituir essa demanda com o consumo do álcool.

Considerando a crescente importância do álcool, como aditivo na gasolina e a legislação ambiental vigente nos EUA (Clean Air Act Amendments), RASK (1998) analisa as características econômicas do mercado de álcool norte-americano e estima funções de oferta e demanda para esse mercado. Este estudo compreende o período de 1983 a 1994 e considera, para a análise da oferta de álcool, as variáveis: preço do milho, preço do álcool, uma *proxy* para o preço dos subprodutos gerados no processamento do milho (preço do glúten), e tendência. Para a análise da demanda as variáveis são: preço do álcool, preço da gasolina, preço do MTBE (metil-térccio-butílic-éter), custo de transporte entre a região produtora de milho e os centros consumidores, variáveis *dummies* para legislação ambiental. Os resultados mostram que a intervenção do governo via

subsídios e os custos de transporte, para escoar a produção, são os fatores relevantes para o avanço do mercado de álcool americano.

De modo geral, observa-se que o mercado de combustíveis tem sido estudado por meio de variados métodos. Entretanto, nota-se a escassez de análises que relacionam o mercado de álcool combustível com outros combustíveis líquidos e, especialmente, em relação ao uso de dados desagregados.

STORCHMANN (2005) mostra que a omissão de características relacionadas à distribuição de renda do país gera elasticidades-renda falsas na análise da demanda por veículos e, conseqüentemente, por combustível. Neste caso, veículos movidos a gasolina. Para isso, estima um modelo do tipo *pooled* para 90 países, compreendendo o período de 1990 a 1997. Os resultados elucidam a forte, e positiva, correlação existente entre o nível de renda e a elasticidade-renda dos países. Neste sentido, o estudo sugere que a curva de demanda por veículos, e combustíveis, consiste de três partes. Uma parte inelástica, que compreende países com baixas rendas, uma segunda parte que apresenta-se elástica, e que abrange níveis médios de renda e, novamente, uma terceira parte inelástica, que representa os países com altos níveis de renda.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Teoria da Escolha Discreta

A Teoria da Escolha Discreta utiliza conceitos próximos aos da Teoria do Consumidor. Porém, na Teoria da Escolha Discreta, diferente da do Consumidor que assume um espaço de alternativas contínuo e permite obter as funções demanda por meio de derivadas, o conjunto de alternativas é apresentado de maneira discreta. Isto ocorre devido ao fato de o consumo de uma ou mais alternativas poder ser igual a zero. Neste caso, o problema de maximização terá uma solução de “canto”, ou seja, um ponto no qual a condição de primeira ordem usualmente conhecida não terá validade.

A representação discreta das alternativas torna necessário o uso de um diferente procedimento analítico. O axioma do consumidor racional é mantido. Assim, a única diferença entre a Teoria do Consumidor e a da Escolha Discreta é que nesta trabalha-se diretamente com as funções utilidade (BEN-AKIVA e LERMAN, 1987).

Para exemplificar, considere o problema de alocação entre três alternativas. Definindo a função utilidade expressa em termos dos atributos das alternativas, tem-se

$$\begin{aligned} U_1 &= U(t_1, c_1, o_1), \\ U_2 &= U(t_2, c_2, o_2), \\ U_3 &= U(t_3, c_3, o_3). \end{aligned}$$

A função  $U()$  descreve os valores dos atributos referentes a escala de utilidade e, logo, é uma função utilidade ordinária. A alternativa 1 será escolhida se, e somente se,  $U_1 > U_2$  e  $U_1 > U_3$ . A indiferença entre duas alternativas ocorrerá quando houver uma “solução de canto”, ou no caso de a diferença entre as duas alternativas ser menor do que algum nível percentual inicial.

Desta forma, se  $U_1 = U_2$  e  $U_1 > U_3$ , a escolha entre as alternativas 1 e 2 será indeterminada, pois não há preferência. O consumidor é indiferente entre as duas alternativas. Este problema é solucionado por meio

da suposição de que não é possível haver uma “solução de canto”. Portanto, a alternativa 1 será escolhida se, e somente se,  $U_1 \geq U_2$  e  $U_1 \geq U_3$ .

A suposição de maior relevância diz respeito à forma da função utilidade. Normalmente são usadas funções utilidade aditivas. A teoria da Escolha Discreta estuda o comportamento do consumidor por meio de modelos fundamentados na concepção da utilidade aleatória. Nesta, a existência de observações inconsistentes com o real comportamento do consumidor é considerado como imperfeições dos dados utilizados. Logo, apesar dessa teoria assumir que o indivíduo sempre escolhe a alternativa que lhe proporciona maior grau de satisfação, as utilidades não são perfeitamente conhecidas e, portanto, são tratadas como variáveis aleatórias.

A preferência é analisada por meio dos atributos que normalmente são considerados de maior relevância na escolha entre diferentes alternativas. Neste sentido, a análise do comportamento dos consumidores é examinada considerando as decisões ao nível do indivíduo, desagregado. Geralmente, observa-se que os resultados da escolha não são contínuos e, desta forma, regressões que têm um formato padrão são inapropriadas. Um exemplo é o caso da demanda por automóveis. A demanda agregada por uma determinada marca e modelo de veículo pode ser considerada uma variável contínua, que varia, por exemplo, com o tempo e com a região geográfica. Entretanto, a demanda por um veículo específico analisada considerando a escolha individual não é contínua. Logo, examinando esse tipo de demanda com métodos desenvolvidos para variáveis contínuas ignora-se a estrutura da situação relacionada ao comportamento do consumidor.

A principal razão para o uso de modelos desagregados deve-se ao fato de economicamente o comportamento relevante ser a nível individual. Logo, a demanda e a oferta são apenas agregações de diversas ações de diferentes indivíduos. Dados desagregados normalmente contêm grande variação em cada fator e menor covariância entre os fatores do que em dados agregados (que, geralmente, são somas ou médias históricas). Este fato é relevante na estimativa de modelos econométricos, pois a precisão das estimativas dos parâmetros aumenta com a inclusão da variância das variáveis no modelo e reduz com a presença de covariância entre as variáveis. Assim, modelos desagregados permitem capturar efeitos que não podem ser incorporados de forma adequada por modelos agregados.

Atualmente, análises de escolha discreta (ou qualitativa) são indicadas para descrever a escolha dos consumidores em uma variedade de contextos, como em áreas relacionadas a transporte, energia e

telecomunicações. Situações de escolha qualitativa são definidas como uma das escolhas possuídas pelo consumidor entre um conjunto de alternativas. Para isso, alguns critérios devem ser respeitados.

Primeiro, o número de alternativas dentro do conjunto de alternativas possuídas deve ser finito. Segundo, as alternativas são mutuamente exclusivas<sup>16</sup>, ou seja, a escolha de uma alternativa implica a não escolha de outra. Terceiro, o conjunto de alternativas é exaustivo, ou seja, todas as alternativas possíveis são incluídas e o indivíduo necessariamente opta por uma das alternativas do conjunto.

A delimitação das alternativas deve ser realizada de maneira cuidadosa para assegurar que o segundo e terceiro critérios sejam respeitados. Atenção especial deve ser dada ao primeiro critério, o conjunto de alternativas finito deve ser composto apenas de variáveis discretas, pois esse tipo de análise não compreende escolhas em relação a variáveis contínuas.

### **Especificação<sup>17</sup>**

O termo geral “modelos de escolha discreta ou qualitativa” designa uma classe de modelos composta por modelos de escolha discreta específicos, como os modelos *Logit* e *Probit*. Os modelos de escolha discreta estimam a probabilidade de um consumidor escolher uma alternativa específica, dado um conjunto de alternativas, de acordo com dados observados.

Considerando uma situação de escolha discreta, denota-se  $n$  para o consumidor e  $J_n$  para o conjunto de alternativas que este consumidor possui. As alternativas possuem características diferentes, e algumas dessas características são observadas enquanto outras não. Considerando que as características observadas da alternativa  $i$  pelo consumidor  $n$  é o vetor  $z_{in}$ , para toda  $i$  em  $J_n$ <sup>18</sup>. Os consumidores podem fazer diferentes escolhas quando o mesmo conjunto de alternativas é considerado, pois o valor relativo de cada característica é desigual entre os consumidores. As diferenças na forma como cada consumidor avalia as características das alternativas depende das características do consumidor, tanto em relação às que são observadas como também as que não são.

---

<sup>16</sup> É conveniente ressaltar que as alternativas podem ser usadas, ainda, na forma de categorias compostas.

<sup>17</sup> TRAIN (1986), MADDALA (1983), BEN-AKIVA e LERMAN (1987) e GREENE (1997).

<sup>18</sup> Nota-se que as características de cada alternativa são subscriptas por  $n$  para refletir o fato de diferentes consumidores terem diferentes opiniões em relação às características.



Neste sentido, pode-se considerar as características observadas do consumidor  $n$  como  $s_n$ . Normalmente,  $s_n$  é composto por renda, idade, nível de escolaridade. A probabilidade do consumidor  $n$  escolher a alternativa  $i$  do conjunto de alternativas  $J_n$  ( $P_{in}$ ) depende das características observadas da alternativa  $i$  em relação as outras alternativas (ou, de  $z_{in}$  em relação a todos  $z_{jn}$  para  $j$  em  $J_n$ ,  $j$  diferente de  $i$ ) e das características observadas do consumidor ( $s_n$ ). Modelos de escolha qualitativa especificam esta probabilidade como uma função paramétrica da seguinte forma geral

$$P_{in} = f(z_{in}, z_{jn}, s_n, \beta, j \neq i) \quad (1)$$

Onde  $f$  é a função relacionada aos dados observados em relação às probabilidades de escolha. Esta função é especificada com base no vetor de parâmetros,  $\beta$ . Em contextos específicos, esses parâmetros terão relevância particular. Por exemplo, na escolha em relação à forma de transporte para ir ao trabalho, os parâmetros podem representar a importância relativa, ou valor, do custo do transporte, ou do tempo de cada tipo de transporte, na preferência do consumidor. Esses parâmetros normalmente são estimados por meio de modelos *Logit* e *Probit*, obtidos pela especificação de  $f$ .

De maneira geral, considerando um conjunto de alternativas  $J$  tem-se  $J_n \subseteq J$ . Como na teoria do consumidor, assume-se que o indivíduo possui preferências transitivas e consistentes sobre as alternativas. Estes axiomas permitem a ordenação da preferência. Assim, pode-se definir um índice de utilidade associado a cada uma das alternativas. Logo,  $U_{in}, i \in J_n$ . A alternativa  $i$ , que pertence ao conjunto de alternativas  $J_n$ , será escolhida se, e somente se,  $U_{in} \geq U_{jn}, \text{ todo } i \neq j, j \in J_n$ .

Por meio do procedimento de *Lancaster's*, ou do conceito de utilidade indireta, a função utilidade pode ser definida em termos dos atributos, ou das características de cada alternativa e de características socioeconômicas dos consumidores, como  $U_{in} = U(z_{in}, s_n)$

### Utilidade Aleatória

O procedimento formalizado por MANSKI (1977)<sup>19</sup> a respeito da utilidade aleatória é mais adequado e próximo ao da Teoria do Consumidor. As inconsistências observadas no comportamento do consumidor em relação às escolhas são consideradas como deficiências da análise realizada. Assume-se que o consumidor

<sup>19</sup> Citado por BEN-AKIVA e LERMAN (1987).

escolhe a alternativa que possui maior utilidade. Entretanto, como as utilidades não são completamente conhecidas elas são consideradas variáveis aleatórias. Logo, a probabilidade de escolha da alternativa  $i$ ,  $U_{in}$ , é tão grande, ou igual, quanto as utilidades de todas as alternativas que compõem o conjunto de escolhas. Desta forma, tem-se

$$P(i \setminus J_n) = \Pr[U_{in} \geq U_{jn}, j \in J_n] \quad (2)$$

Neste procedimento, as probabilidades de escolha são derivadas por meio da suposição de que há uma distribuição de probabilidade conjunta para o conjunto de utilidades aleatórias, ou seja,  $U_{in}, i \in J_n$

A origem desta suposição é um argumento lógico a respeito da aleatoriedade das utilidades. Neste sentido, MANSKI (1977) mostra quatro fundamentos distintos a respeito da aleatoriedade, que são: atributos não observados; variações não observadas na preferência; erros relacionados à mensuração, ou informações imperfeitas; e, variáveis instrumentais.

Os efeitos de cada um desses fundamentos podem ser demonstrados de maneira individualizada. Assim, a respeito dos atributos não observados tem-se que o vetor de atributos, que afetam a escolha do consumidor, é incompleto. Logo, a função utilidade  $U_{in} = U(z_{in}, S_n, z_{in}^u)$  inclui um elemento  $z_{in}^u$  que é uma variável aleatória e, conseqüentemente, a utilidade é em si mesma aleatória.

A função utilidade  $U_{in} = U(z_{in}, S_n, S_n^u)$  contém o argumento não observável  $S_n^u$ , que varia entre os indivíduos. Além disso, se esta variação não é conhecida,  $U_{in}$  é uma variável aleatória. Isto ocorre devido a variações da preferência. Considerando que a verdadeira função utilidade é  $U_{in} = U(\tilde{z}_{in}, S_n)$  e que os atributos  $\tilde{z}_{in}$  não são observáveis, pois apenas  $z_{in}$  são observados e, logo, são uma medida imperfeita de  $\tilde{z}_{in}$ , tem-se  $\tilde{z}_{in} = z_{in} + \tilde{\varepsilon}_{in}$ , onde  $\tilde{\varepsilon}_{in}$  é termo erro que não é observado. Inserindo este termo na função utilidade anterior tem-se  $U_{in} = U(z_{in} + \tilde{\varepsilon}_{in}, S_n)$ , que contém o elemento aleatório.

No caso de variáveis instrumentais, considerando que a função utilidade verdadeira é  $U_{in} = U(\tilde{z}_{in}, S_n)$  e que pode ocorrer de alguns elementos de  $\tilde{z}_{in}$  serem não observáveis, este termo é reformulado com o uso do termo  $z_{in}$ , que inclui a variável instrumental. Substituindo, tem-se  $\tilde{z}_{in} = g(z_{in}) + \tilde{\varepsilon}_{in}$ ,

onde  $g$  denota a relação imperfeita que existe entre os atributos e as variáveis instrumentais, e  $\tilde{\varepsilon}_{in}$  é o erro aleatório dentro da função utilidade descrita anteriormente. Logo,  $U_{in} = U[g(z_{in} + \tilde{\varepsilon}_{in}, S_n)]$ .

Em geral, a utilidade aleatória de qualquer alternativa pode ser expressa como a soma dos componentes observáveis e dos não observáveis da utilidade total. Assim,

$$U_{in} = V(z_{in}, S_n) + \varepsilon_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in}$$

ou

$$P(i \setminus J_n) = \Pr[V_{in} + \varepsilon_{in} \geq V_{jn} + \varepsilon_{jn}, j \in J_n] \quad (3)$$

A derivação de um modelo específico que faz uso da utilidade aleatória requer suposição a respeito da distribuição de probabilidade conjunta dos erros. Assumir que os erros são identicamente e independentemente distribuídos implica na utilidade aleatória resultar em um simples modelo escalável. Isto ocorre devido ao fato de a probabilidade de escolha da alternativa  $i$  ser simplesmente uma função das diferenças, ou seja,  $V_{in} - V_{jn}, j \neq i, j \in J_n$ .

A teoria exposta torna a proposta desse estudo viável por meio da aplicação do modelo *Logit* (equação 4), devido ao fato de a análise ser em relação à escolha de duas alternativas, álcool e gasolina. Deste modo, a seguir tem-se a descrição da forma funcional desse modelo.

## LOGIT

### Forma funcional da probabilidade de escolhas

As probabilidades estimadas em modelos *Logit* são derivadas sob pressuposições particulares a respeito da distribuição do componente aleatório da utilidade.

Supondo que um consumidor, denotado por  $n$ , que possui um conjunto de alternativas (cestas)  $J_n$ . A utilidade obtida por esse consumidor em relação a alternativa  $i$  de  $J_n$ , denotada  $U_{in}$ , é decomposta em duas partes. A primeira parte é formada pelas variáveis observadas,  $V_{in}$  (é uma função que depende das características observadas da alternativa escolhida pelo consumidor ( $z_{in}$ ), das características do consumidor ( $s_n$ ) e do vetor de parâmetros  $\beta$ , que são conhecidos e estimados a priori  $V_{in} = V(z_{in}, s_n, \beta)$ ). E, a segunda parte pela variável aleatória, referente às características não observadas,  $e_{in}$ . A utilidade pode, então, ser expressa como  $U_{in} = V_{in} + e_{in}$ .

Assumindo que cada  $e_{in}$ , para todo  $i$  em  $J_n$ , é independentemente e identicamente distribuído de acordo com a distribuição dos valores extremos, a probabilidade de o consumidor escolher a alternativa  $i$  é, para todo  $i$  em  $J_n$ ,

$$P_{in} = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j \in J_n} e^{V_{jn}}} \quad (4)$$

Desta forma, assumindo que o componente aleatório da utilidade, por meio da distribuição de valores extremos, tem média zero, a parte observável  $V_{in}$  é normalmente conhecida como utilidade média, esperada, ou representativa. Logo, esta utilidade é estimada considerando todos os valores possíveis dos fatores não observados.

Três propriedades relacionadas à probabilidade de escolha são relevantes. Primeira, cada uma delas está necessariamente entre zero e um. Segunda, o somatório das probabilidades de escolha devem necessariamente ser igual a um. Isto se deve ao fato de que o conjunto de alternativas, em uma situação de escolhas qualitativas, deve ser exaustivo. Logo, o consumidor deve essencialmente escolher uma das alternativas e, como as alternativas são exaustivas, o consumidor não pode escolher mais de uma alternativa.

$$\sum_{i \in J_n} P_{in} = \sum_{i \in J_n} \left( \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j \in J_n} e^{V_{jn}}} \right) = 1 \quad (5)$$

Terceira, a relação da probabilidade de escolha de uma alternativa com respeito à utilidade representativa da alternativa, considerando que as utilidades representativas das demais alternativas são fixas, é representada por uma curva sigmóide.

Neste sentido, se a utilidade representativa de uma alternativa é muito pequena, quando comparada à de outras alternativas, um pequeno acréscimo na utilidade desta alternativa não afetará de maneira considerável a probabilidade de ela vir a ser escolhida, ou seja, as demais alternativas continuarão sendo preferidas. De forma semelhante, se uma alternativa possui utilidade representativa muito alta, em relação às demais, um acréscimo adicional em sua utilidade não irá afetar de maneira significativa a probabilidade de ela vir a ser escolhida, ou seja, ela continuará sendo preferida mesmo sem que haja algum ganho extra de utilidade.

Assim, o ponto no qual a probabilidade de escolha de uma alternativa pode ser afetada de forma significativa, por meio de um aumento na utilidade representativa desta alternativa, ocorre quando esta

alternativa possui uma utilidade similar às demais alternativas. Neste caso, um pequeno acréscimo na utilidade de uma alternativa pode induzir de maneira relevante a probabilidade de escolha de diferentes alternativas.

Outra propriedade relevante, e que tem sido foco de intensa discussão na literatura, dessa teoria é a relativa à independência das alternativas irrelevantes (IIA). A base desta propriedade tem origem no seguinte raciocínio: considere a relação entre as probabilidades de escolhas de duas alternativas,  $i$  e  $k$

$$\frac{P_{in}}{P_{kn}} = \frac{\frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j \in J_n} e^{V_{jn}}}}{\frac{e^{V_{kn}}}{\sum_{j \in J_n} e^{V_{jn}}}} = \frac{e^{V_{in}}}{e^{V_{kn}}} = e^{V_{in} - V_{kn}} \quad (6)$$

Nota-se que a relação entre essas duas probabilidades depende apenas das alternativas  $i$  e  $k$ . Logo, a relação entre essas duas alternativas depende apenas das probabilidades relacionadas à elas, não importando quais as outras alternativas existem em  $J_n$ . Esta propriedade tem um importante uso na prática, como no caso em que a análise tem como interesse examinar apenas algumas alternativas dentre várias existentes. Deste modo, pode ser usada para estudar um subconjunto de alternativas dentre todas as existentes. Um exemplo é no caso de combustíveis, apesar de existirem diferentes tipos de combustíveis, gasolina, álcool hidratado, gás natural e diesel, o estudo pode ter como interesse analisar a preferência do consumidor em relação a apenas dois (álcool e gasolina). Para isso, a análise deve levar em consideração apenas as informações dos consumidores que escolhem essas alternativas.

Há casos em que as probabilidades estimadas por meio do modelo *Logit* não exibem a IIA. Este tipo de problema deve ser observado com atenção em três situações específicas (TRAIN, 1986). A primeira ocorre quando o modelo estima a probabilidade de todas as alternativas existentes. Neste caso, é necessária a inclusão de uma constante na utilidade representativa de cada uma das alternativas. A constante funciona como um termo de ajuste. A segunda ocorre quando o modelo estima um subconjunto (por exemplo, duas alternativas) de alternativas e, em seguida, faz estimativas da demanda para uma terceira alternativa. A estimativa em relação à nova alternativa não mostrará a verdadeira probabilidade. Para isto, é necessário que um fator de ajustamento seja inserido para a nova alternativa. O terceiro caso ocorre quando há a necessidade de algum tipo de ajuste, diferente da inclusão de uma constante, na utilidade representativa para que a especificação do modelo *Logit* ocorra de maneira correta e, desta forma, as reais probabilidades sejam obtidas.

### Especificação da UR

A utilidade representativa é normalmente assumida como sendo linear nos parâmetros, e escrita como

$$V_{in} = \beta w(z_{in}, s_n), \quad (7)$$

Onde  $w$  é a função vetor estimada dos dados observados e  $\beta$  é o vetor de parâmetros. De maneira mais simplificada a relação funcional das variáveis  $w$  em relação aos dados observados  $z_{in}, s_n$  pode ser escrita da seguinte forma

$$V_{in} = \beta w_{in}, \text{ onde } w_{in} = w(z_{in}, s_n) \quad (8)$$

Assim, as probabilidades de escolha do modelo *Logit* são, para todo  $i$  em  $J_n$ ,

$$P_{in} = \frac{e^{\beta w_{in}}}{\sum_{j \in J_n} e^{\beta w_{jn}}} \quad (9)$$

Neste contexto, os efeitos relacionados à especificação dada para a utilidade representativa recaem sobre a seleção das variáveis que deverão entrar no modelo como elementos de  $w_{in}$ .

### Diferenças na UR

A propriedade de maior relevância do modelo *Logit* é a de que apenas as diferenças na utilidade representativa afetam as probabilidades de escolha, não o nível absoluto dessas utilidades. Considerando a probabilidade de escolha da alternativa  $i$ , a expressão do modelo para essa probabilidade é

$$P_{in} = \frac{e^{\beta w_{in}}}{\sum_{j \in J_n} e^{\beta w_{jn}}} \quad (10)$$

De maneira equivalente, a probabilidade pode ser expressa em termos da diferença entre a utilidade representativa de cada alternativa. Neste caso, a utilidade representativa para cada alternativa do conjunto de escolha será

$$P_{in} = \frac{e^{\beta w_{in} - \beta w_{kn}}}{\sum_{j \in J_n} e^{\beta w_{jn} - \beta w_{kn}}} \quad (11)$$

Onde  $k$  representa qualquer alternativa em  $J_n$ , incluindo  $i$ . Estas duas expressões são iguais desde que

$$\frac{e^{\beta w_{in} - \beta w_{kn}}}{\sum_{j \in J_n} e^{\beta w_{jn} - \beta w_{kn}}} = \frac{e^{\beta w_{in}} e^{-\beta w_{kn}}}{\sum_{j \in J_n} e^{\beta w_{jn}} e^{-\beta w_{kn}}} = \frac{e^{\beta w_{in}}}{\sum_{j \in J_n} e^{\beta w_{jn}}} \quad (12)$$

Este fato possui três implicações. A primeira se deve ao fato de permitir que as probabilidades desse modelo, em situações de escolha binária, possam ser expressas de maneira simplificada. Logo, considerando a escolha entre dois bens (1 e 2), a probabilidade de escolha do bem 1 será

$$P_1 = \frac{e^{\beta w_1}}{e^{\beta w_1} + e^{\beta w_2}} \quad (13)$$

ou

$$P_1 = \frac{1}{1 + e^{\beta w_2 - \beta w_1}} \quad (14)$$

A segunda implicação diz respeito ao fato de as constantes específicas de cada alternativa (1 e 2) não serem significativamente inseridas em cada alternativa. Isto ocorre devido à somente as diferenças na utilidade serem relevantes. Deste modo, uma das constantes específicas deve ser normalizada, por convenção uma das constantes do conjunto de escolhas deve ser igual a zero. A constante para cada uma das demais alternativas deve ser interpretada como a diferença entre o impacto médio dos fatores não observados para as duas alternativas.

A terceira implicação incide sobre as variáveis que não variam com as alternativas. Essas variáveis não podem afetar a probabilidade de escolha. Para capturar o efeito dessas variáveis o modelo deve conter variáveis *dummies* que possam definir a interação entre a opção escolhida e a característica do consumidor, por exemplo. Esta interação deve ser inserida na utilidade representativa.

Variações na preferência de cada consumidor podem ser analisadas por meio de variáveis construídas, ou seja, o modelo *Logit* possibilita inserir duas variáveis explicativas na utilidade representativa de maneira que essas duas variáveis sejam interações de uma característica específica da alternativa e de outra que reflete a do consumidor.

Assim, pode-se construir uma variável que relaciona o preço com a renda para explicar a escolha pela alternativa. Neste caso, considerando que as duas variáveis são inversamente proporcionais. Isto é possível sob

a suposição de que o componente aleatório é independentemente distribuído pela distribuição de valores extremos. Entretanto, este procedimento é limitado para obter resultados em relação a variáveis não observadas, ou ao componente aleatório. Nesta situação, haverá um componente aleatório para cada variável construída, implicando a existência de um novo termo erro, como mostrado anteriormente, que não será distribuído identicamente e independentemente, como requerido na formulação do modelo. Os erros de cada variável construída serão constantes em relação a cada alternativa para cada consumidor. Logo, o novo termo erro será necessariamente correlacionado, para as alternativas, violando a suposição de independência. Além disso, a variância desse novo termo não irá variar de maneira diferenciada nas alternativas e, deste modo, os erros não serão identicamente distribuídos.

Como as probabilidades de escolha são função de variáveis observadas, é útil conhecer a extensão das alterações dessas probabilidades em relação a mudanças em fatores observados. Para isto, derivadas da probabilidade de escolha são calculadas, chamados efeitos marginais. Quanto maior o grau de incerteza da probabilidade de escolha de uma alternativa maior será o efeito de uma mudança na variável observada. Maior certeza de escolha implica probabilidades próximas a zero, ou um.

A alteração da probabilidade de escolha da alternativa  $i$  dado uma variação do fator  $y_{in}$ , na função utilidade da alternativa  $i$ , será

$$\frac{\partial P_{in}}{\partial y_{in}} = \frac{\partial \left[ e^{V_{in}} \left( \sum_{j \in J_n} e^{V_{jn}} \right)^{-1} \right]}{\partial y_{in}} \quad (15)$$

$$= \left( \frac{\partial V_{in}}{\partial y_{in}} \right) \left( e^{V_{in}} \left( \sum e^{V_{jn}} \right)^{-1} - \left( e^{V_{in}} \left( \sum e^{V_{jn}} \right)^{-2} \right) \left( e^{V_{in}} \left( \frac{\partial V_{in}}{\partial y_{in}} \right) \right) \right) \quad (16)$$

$$= \left( \frac{\partial V_{in}}{\partial y_{in}} \right) P_{in} (1 - P_{in}) \quad (17)$$

Usualmente  $V_{in}$  é linear nas variáveis observadas, tendo como parâmetros os coeficientes.

Considerando o coeficiente de  $y_{in}$  como o escalar  $\beta_y$ , tem-se  $\frac{\partial V_{in}}{\partial y_{in}} = \beta_y$  e  $\frac{\partial P_{in}}{\partial y_{in}} = \beta_y P_{in} (1 - P_{in})$ .



Nota-se que se  $\beta_y$  é constante, a derivada será maior quando  $P_{in}=1-P_{jn}$ , e será menor quando  $P_{in}$  se aproximar de zero ou um. Isto resulta do formato sigmóide da função logística.

Pode-se, ainda, determinar a extensão da mudança da probabilidade de escolha de uma alternativa particular quando há variação de uma variável relacionada a outra alternativa. Considerando  $y_{jn}$  como um atributo da alternativa  $j$ , a variação da probabilidade de escolha da alternativa  $i$  com o aumento de  $y_{jn}$  pode ser encontrada da seguinte forma

$$\frac{\partial P_{in}}{\partial y_{jn}} = \frac{\partial (e^{V_{in}}) \left( \sum_{j \in J_n} e^{V_{jn}} \right)^{-1}}{\partial y_{jn}} \quad (18)$$

$$= - \left( e^{V_{in}} \left( \sum e^{V_{jn}} \right)^{-2} \right) \left( e^{V_{jn}} \right) \frac{\partial V_{jn}}{\partial y_{jn}} \quad (19)$$

$$= - \frac{\partial P_{in}}{\partial y_{jn}} P_{in} P_{jn} \quad (20)$$

No caso de  $V_{jn}$  ser linear nas variáveis observadas, para o coeficiente escalar  $\beta_y$ , de  $y_{jn}$ , tem-se

$$\frac{\partial P_{in}}{\partial y_{jn}} = - \beta_y P_{in} P_{jn} \quad (21)$$

Se  $y_{jn}$  é uma atributo desejável de forma que  $\beta_y$  seja positivo, um aumento de  $y_{jn}$  implica redução da probabilidade de escolha das demais alternativas que não a  $j$ . A redução da probabilidade será proporcional ao valor da probabilidade antes da mudança em  $y_{jn}$ .

Uma conseqüência necessária da derivação da probabilidade de escolha diz respeito ao fato de quando ocorrer uma variação em uma variável observada, a soma das alterações das probabilidades de escolhas deve ser igual a zero. A soma das probabilidades de escolha deve ser igual a um, antes e depois das alterações.

Assim,

$$\sum_{i \in J_n} \frac{\partial P_{in}}{\partial y_{jn}} = \left( \frac{\partial V_{jn}}{\partial y_{jn}} \right) P_{jn} (1 - P_{jn}) + \sum_{\substack{i \in J_n \\ i \neq j}} \left( - \frac{\partial V_{jn}}{\partial y_{jn}} \right) P_{jn} P_{in} \quad (22)$$

$$= \left( \frac{\partial V_{jn}}{\partial y_{jn}} \right) P_{jn} \left[ (1 - P_{jn}) - \sum_{\substack{i \in J_n \\ i \neq j}} P_{in} \right] \quad (23)$$

$$= \left( \frac{\partial V_{jn}}{\partial y_{jn}} \right) P_{jn} [(1 - P_{jn}) - (1 - P_{jn})] = 0 \quad (24)$$

Logo, o aumento da probabilidade de escolha de uma alternativa implica redução da probabilidade de escolha de outra, ou das demais alternativas.

### Probabilidade Média – Agregação

A agregação de variáveis é feita estimando-se o peso médio da variável calculado para cada indivíduo. Logo, a probabilidade média em uma população para uma alternativa particular é encontrada a partir da probabilidade individual estimada para cada um dos consumidores que compõem a amostra (população). Esta probabilidade é obtida considerando-se as características da alternativa para o indivíduo e as características específicas do indivíduo. A probabilidade média da alternativa  $i$  é estimada como

$$\bar{P}_i = \sum_n w_n P_{in} \quad (25)$$

Onde  $w_n$  é o peso da amostra associado ao indivíduo  $n$ . A soma representa todos os indivíduos da amostra. Se a amostra é aleatória,  $w_n$  é igual para todos os indivíduos e igual a  $1/N$ ,  $N$  é o tamanho da amostra. No caso de variáveis aleatórias estratificadas o valor de  $w_n$  varia com o estrato.

O número de indivíduos da população predito para a escolha da alternativa  $i$  é estimado como a probabilidade média para a alternativa  $i$ , de acordo com o tamanho dessa população.

$$N_i = M \bar{P}_i \quad (26)$$

$M$  representa o número de consumidores da amostra e  $N_i$  o número estimado que irá escolher a alternativa  $i$ . Derivadas médias e elasticidades são calculadas de maneira similar, ou seja, como o peso médio para as derivadas e para as elasticidades individuais.

## 4.2 Modelos Econômicos – Escolha Discreta

Inúmeros trabalhos a respeito de estimativas de demanda, e utilidade, de automóveis são encontrados na literatura. Estes trabalhos são realizados, especialmente, por agências públicas e por organizações privadas como, por exemplo, o Departamento de Energia Americano, e agências estaduais similares. Neste caso, os estudos antecipam a demanda por combustíveis e estabelecem políticas e programas para reduzir o consumo e, assim, reduzir a dependência, no caso americano, por combustíveis importados.

Essas análises são feitas considerando diferentes cenários para a intervenção do governo. Nos EUA, os Departamentos de Transportes Estaduais dependem de recursos advindos de taxas, que incidem sobre o consumo de combustíveis, para financiar a construção e manutenção de rodovias. Desta forma, a projeção desse consumo é relevante para o planejamento de programas de investimento. Políticas relacionadas com a qualidade do ar, ou nível de emissão de poluentes, também são baseadas em estimativas de consumo de combustíveis.

Os estudos relacionados à escolha do consumidor em relação a automóveis, aquisições e modelos, que normalmente são usados para a análise de políticas podem ser divididos em diferentes categorias. Assim, têm-se modelos desagregados e modelos agregados. Os modelos agregados são constituídos por dois tipos: Equações de Demanda Aproximadas e Equações de Demanda Consistentes. Os modelos desagregados são: Não Compensatórios e Compensatórios, em situações de Escolha Real e Hipotética.

### 4.2.1 Modelos desagregados compensatórios baseados em situações de escolha real

São modelos que fazem uso de métodos de escolha discreta a respeito da decisão do consumidor em relação à aquisição de automóveis. Cada indivíduo faz sua escolha a respeito de quantos e quais automóveis adquirir. No momento da escolha da quantidade, as características relevantes incluem custo de manutenção (relacionado ao número de automóveis possuídos) e a utilidade de possuir a quantidade escolhida, que,

geralmente, é revelada por meio da quantidade de pessoas na família, ou a quantidade de pessoas da família que precisam dirigir até ao trabalho, ou escola. Em relação ao modelo, e marca, características como preço, autonomia do combustível e aspectos relacionados ao carro, como tamanho e conforto são considerados. Logo, a utilidade do consumidor é resultado da escolha realizada, ou seja, a utilidade depende das características da alternativa escolhida.

Análises estatísticas, baseadas nas observações em relação à escolha real dos consumidores, permitem inferir a respeito do valor (peso) que os consumidores concedem a cada característica observada. Os modelos desagregados compensatórios baseados em situações de escolha real recebem esta denominação devido à unidade de análise ser o consumidor individual. Além disso, considera-se que o consumidor faz suas escolhas de forma compensatória, ou seja, o alto valor de uma determinada característica compensa o baixo valor de outra, e real devido ao fato de a análise ser feita com dados reais.

Diversos estudos que fazem uso desse tipo de método, para a análise da escolha do consumidor em relação à quantidade adquirida de automóveis, são encontrados na literatura. Observa-se clara consistência nos resultados obtidos. Em todos os estudos a variável renda é considerada com explicativa, e estatisticamente significativa. As variáveis, custo de manutenção, preço de aquisição e custo de uso anual (ou despesa com impostos) mostraram-se significativas nos estudos de LERMAN e BEN-AKIVA (1987), e WINSTON e MANNERING (1983).

Outra variável considerada nesses modelos, de maneira distinta em diferentes estudos, diz respeito à eficiência, ou a facilidade de acesso, ao transporte público. Nos modelos de LERMAN e BEN-AKIVA (1987) e TRAIN (1986) esta variável apresenta alta significância. Esses trabalhos ainda mostram que a quantidade de trabalhadores na família é uma variável relevante na escolha da quantidade de veículos adquiridos. Logo, esses estudos mostram que no mínimo quatro fatores afetam a escolha em relação à quantidade de veículos a adquirir (o custo de manutenção, a renda, a quantidade de trabalhadores na família e a qualidade do transporte público).

Nota-se, ainda, na literatura estudos que analisam a escolha em relação ao tipo (modelo e marca) do veículo adquirido. A análise a respeito da escolha entre marcas e modelos recentes (lançamentos), no momento da aquisição, é examinada por TRAIN & MAC FADDEN (1980). Neste estudo, as marcas e modelos de lançamentos estão agregados em dez classes. As características consideradas são preço de aquisição, custo de manutenção e a quantidade de lugares. As características do consumidor são renda, número de pessoas na

família, idade, nível de educação, quantidade de veículos possuídos e quantidade de quilômetros percorridos por mês.

A relação entre a escolha e características do veículo relacionadas ao “poder do motor” (ou tempo de aceleração), é analisada em alguns estudos. No entanto, não foi encontrada relação consistente entre esse tipo de característica e a escolha (TRAIN & MAC FADDEN, 1980).

Em relação às características dos consumidores, nota-se semelhança entre os resultados obtidos. As variáveis relevantes na análise da escolha são renda, tamanho da família e idade (quantidade de motoristas na família). Outra variável relevante é a quantidade de veículos possuídos. De maneira breve, observa-se que as variáveis relevantes nesse tipo de método são preço, custo de manutenção, tamanho e idade do automóvel, renda, tamanho da família, idade do consumidor e a quantidade de veículos possuída.

TRAIN (1986) mostra que apesar de haver consistência nos resultados apresentados por estudos que fazem uso das variáveis citadas acima, é possível encontrar limitações a respeito dos fatores que afetam a escolha e, conseqüentemente, nas estimativas de demanda e na eficácia das políticas sugeridas. A limitação mais séria diz respeito a pouca importância dada para as correlações de diferentes aspectos que estão relacionados com a escolha do consumidor na demanda por veículos. Muitos estudos examinam a quantidade, ou a marca e modelo, de veículos a ser adquirida, mas não as duas escolhas de maneira simultânea. Desta forma, estando essas duas escolhas correlacionadas, a análise torna-se menos completa, resultando em vies dos parâmetros estimados.

Outra limitação é a não inclusão da correlação existente entre o tipo e a utilidade do veículo. Assim, muitos estudos ignoram a relação entre a distância percorrida e a quantidade e o modelo de veículo escolhido.

Neste sentido, três limitações são observadas em modelos desagregados compensatórios em situações de escolha real. A primeira deve-se a não incorporação, de forma ampla, de correlações que afetam a decisão de escolha. Segundo, a forma como a escolha, em relação a marcas e modelos, é descrita não é satisfatória. E, por último, nota-se limitações nas implicações encontradas, que normalmente excedem os limites verdadeiros. No entanto, embora os modelos apresentem certas limitações eles são úteis na determinação de políticas.

#### 4.2.2 Modelos desagregados compensatórios baseados em situações de escolha hipotética

Em muitas situações a análise feita com dados reais não é suficiente para a realização de estimativas da demanda por automóveis, especialmente por novos veículos, como no caso de veículos elétricos, em que não é possível observar o valor real das características do automóvel para o consumidor. Entretanto, este tipo de dificuldade também pode existir em situações de escolha real, ou de bens e produtos que existem no mercado. No caso de veículos elétricos, uma das características não observáveis diz respeito à autonomia (distância máxima que o veículo pode percorrer com “uma” bateria). Em uma situação real o valor atribuído à determinada característica do veículo pode não ser observada. Outro fato ocorre quando características observadas no comportamento real são altamente correlacionadas. Como, por exemplo, entre o tamanho e o peso do veículo. Este tipo de problema dificulta a análise de políticas que dependem do conhecimento específico do efeito de cada variável separadamente.

Deste modo, situações de escolha hipotética podem ser úteis, pois permitem analisar a escolha por meio de características que não existem na realidade e, desta forma, estimar de maneira segura o valor de cada variável, que são apresentadas com variação independente.

CALFEE (1980) utiliza esse tipo de modelo para eliciar a preferência dos consumidores por diferentes tipos de veículos, incluindo elétricos. O autor utiliza as informações, obtidas por meio de características hipotéticas apresentadas aos consumidores, para estimar o “valor” de cada característica do automóvel de forma semelhante aos modelos apresentados no caso de escolhas reais.

O estudo citado mostra que as características que afetam a escolha do consumidor por veículos são: preço do veículo, custo operacional, manutenção, tamanho do veículo, número de lugares, aceleração e autonomia. Estes resultados apresentam consistência com os encontrados em modelos que fazem uso de dados observados do comportamento real. No entanto, é interessante notar que no caso de observações reais, variáveis que representam características específicas do veículo, como “aceleração” (“poder”), não podem ser analisadas de maneira consistente. Isto reflete o fato de a variável “poder” ser fortemente correlacionada com outras características do veículo no mundo real. Logo, isto dificulta a estimativa deste tipo de característica com o uso de observações reais.

#### 4.2.3 Modelos desagregados não compensatórios baseados em situações de escolha hipotética e real

Diferente dos modelos compensatórios, nos quais o baixo valor de uma característica do bem ou produto analisado é compensado pelo alto valor de outra característica, nos modelos não compensatórios essa “troca” não ocorre. Nestes modelos, assume-se que o consumidor possui um conjunto de características que são consideradas relevantes na escolha por diferentes alternativas, e que para cada característica há um mínimo aceitável.

Desta forma, o processo de escolha ocorre de forma seqüencial no tempo. Em um primeiro momento, o consumidor expõe de forma ordenada todas as alternativas consideradas possíveis. Para isso, as alternativas que não possuem o valor mínimo aceitável são eliminadas, ou seja, não são consideradas para a característica avaliada como a mais importante. Em seguida, se mais de uma alternativa permanece após a primeira eliminação, o consumidor faz uma nova seleção levando em consideração a segunda característica considerada mais importante e, assim, ocorre uma segunda eliminação. Este processo é realizado até o momento em que apenas uma alternativa permanecer.

Para modelar essa forma de escolha dois aspectos são importantes. Primeiro, é preciso conhecer a ordem das alternativas exibidas pelo consumidor e, ainda, os “pesos” de cada uma das características relacionadas às alternativas consideradas no modelo. O conhecimento do ordenamento das alternativas é essencial para o processo de eliminação sucessiva. Caso isto não ocorra, as eliminações, feitas de maneira consecutiva, podem alterar o ordenamento das escolhas do consumidor. De forma semelhante, o conhecimento a respeito dos “pesos” de cada característica, das alternativas ordenadas, permite determinar qual alternativa será eliminada em cada estágio do processo.

A escolha em relação ao tipo de automóvel adquirir, em situação hipotética para veículos urbanos com características especiais, como tamanho (neste caso, um veículo pequeno), é apresentada por RECKER e GOLOB (1978). Neste estudo, os consumidores foram questionados a respeito das características que são essenciais e, em seguida, essas características foram ordenadas.

MURTEUGH e GLADWIN (1980) mostram a escolha do consumidor de maneira próxima à apresentada por RECKER e GOLOB (1975). Contudo, as informações para a análise foram obtidas por meio de extensas

entrevistas, nas quais os consumidores foram questionados a respeito dos motivos que o levaram a escolha do veículo. Com base nessas informações, os autores construíram um algoritmo que representa o processo de decisão não compensatório e que reflete a decisão da maioria dos consumidores entrevistados.

A diferença entre esses dois estudos, além da forma de obter os dados, reside no fato de que o estudo realizado por RECKER e GOLOB (1975) faz uso de métodos estatísticos para determinar como o consumidor faz seu “processo de eliminação”, e MURTEUGH e GLADWIN (1980) estabelecem os valores que irão prevalecer nesse processo sem o uso de métodos estatísticos, fazendo uso apenas dos resultados encontrados nas entrevistas realizadas.

Os resultados desses estudos revelam que a característica mais importante, nesse tipo de modelo, é o tamanho do veículo. Entretanto, a ordenação das características que são significativas é diversa para as demais variáveis. MURTEUGH e GLADWIN (1980) mostram a seguinte ordenação: tamanho do veículo, propósito, intenção de uso do veículo (uso geral ou emprego para alguma atividade específica), preço e tipo do veículo (nacional ou importado). RECKER e GOLOB (1975) mostram as características dispostas da seguinte maneira: tamanho do veículo, segurança em caso de acidentes, flexibilidade de uso, facilidade para estacionar, capacidade de acomodação, número de passageiros, autonomia, facilidade para localizar o veículo, conforto e espaço para transportar cargas e bagagens.

#### **4.2.4 Equações de Demanda Agregadas “Aproximadas”**

Devido à dificuldade em analisar a escolha do consumidor de maneira desagregada, alguns estudos analisam a demanda por automóveis de forma agregada. A estimativa da demanda agregada normalmente é feita usando-se variáveis explicativas como o preço médio de automóveis (em determinada região, ou país) e renda média da população.

Por definição, a verdadeira função de demanda agregada, para uma região específica, é a soma das funções de demanda de todos os indivíduos dessa região. A função demanda obtida desta forma são chamadas



“consistentes”, pois estimam a demanda agregada a partir do nível individual. No entanto, uma função demanda agregada consistente não é necessariamente a função agregada verdadeira.

A especificação e estimação de equações de demanda que são consistentes com as funções de demanda individuais reais são difíceis de serem obtidas devido à complexidade de tais funções (HESS, 1977; SUITS, 1958). Assim, muitas vezes a função demanda agregada é considerada como sendo uma aproximação da função demanda agregada verdadeira.

Estimativas de equações de demanda agregada consistentes são apresentadas por BOYD e MELLMAN (1980) e CARDELL e DUNBAR (1980). Estes autores fazem uso de modelos de demanda semelhantes e assumem que cada consumidor escolhe o veículo que maximiza sua utilidade. Neste caso, a utilidade é função das características dos veículos e da preferência do consumidor. Assim, diferentes consumidores escolhem diferentes veículos, pois as características possuem “pesos” diferenciados entre os consumidores. As equações de demanda agregada são derivadas por meio da agregação das demandas individuais de acordo com a distribuição das preferências. Esses estudos examinam o efeito de variações das características dos veículos sobre a escolha.

CARDELL e DUNBAR (1980) mostram que há seis fatores que são relevantes na decisão dos consumidores: preço, autonomia do combustível, aceleração, frequência de reparos, manutenção, luxuosidade e espaço interior. BOYD e MELLMAN (1980), além dos quatro primeiros fatores mencionados acima, apresentam as características relacionadas ao estilo e ruído do veículo. Em especial, mostram que quando a variável *estilo* é incluída, as variáveis espaço externo, e interno, e “peso” não são significativas.

Esses dois modelos não incluem variáveis socioeconômicas. Isto limita a precisão das estimativas de previsões que consideram longos períodos, pois não levam em consideração alterações significativas para essas variáveis. A inclusão desse tipo de variável é importante para análises que projetam a demanda relacionada a diferentes cenários de políticas, que geralmente são feitas para períodos distintos. Como, por exemplo, em casos nos quais o interesse seria fazer conjecturas a respeito do que aconteceria se a autonomia de determinado combustível tivesse um aumento de 10%.

Um modelo desagregado similar, mas com algumas modificações, aos apresentados anteriormente foi desenvolvido por TRAIN (1986). O modelo de demanda para carros de uso pessoal e caminhões é estimado a partir da amostra de observações que permitem capturar fatores que condicionam as escolhas dos

consumidores. Além disso, o modelo descreve as escolhas como dependentes das características de cada classe de veículo e das características do consumidor, e pode ser usado para a simulação de estimativas de demandas, tanto global como por região.

O modelo consiste em um sistema de submodelos que descreve o número de veículos possuídos, a classe e a distância percorrida por cada veículo. Enquanto diferentes submodelos são usados para descrever diferentes escolhas do consumidor, o sistema de submodelos é constituído por um tipo de integração na qual o consumidor escolhe conjuntamente o número de veículos possuídos, a classe, a marca e modelo, e a quantidade de quilômetros percorrida por cada veículo. Além disso, os parâmetros de cada submodelo são estimados por meio de técnicas que permitem incluir a correlação existente entre as escolhas realizadas.

A consistência da estrutura dos submodelos assegura que o modelo mostre a interdependência natural das escolhas. Para cada consumidor da amostra, o modelo é usado para calcular a probabilidade da quantidade de veículos a serem adquiridos no futuro, a classe com maior probabilidade de ser escolhida, e a distância que provavelmente será percorrida por cada um desses veículos. Essas estimativas são feitas para cada amostra de indivíduos separadamente, baseadas em informações como renda, tamanho da família, tipo de emprego, localização da residência e outros, como preço e autonomia do combustível. A estimativa da demanda é obtida por meio da soma dos “pesos” das probabilidades previstas para cada consumidor da amostra.

Estudos que tem o interesse de analisar o que aconteceria em situações específicas utilizam o modelo descrito acima. Isto ocorre quando, por exemplo, são necessárias políticas públicas para controlar a demanda por veículos e/ou combustíveis. Assim, o conhecimento antecipado, mesmo com a presença de certas limitações, do impacto de variáveis socioeconômicas e de mercado permite verificar e amenizar o efeito de mudanças que possam ocorrer em fatores externos. Essas análises ainda são relevantes para examinar o comportamento dos consumidores e do mercado diante uma inovação tecnológica, ou de um novo produto.

Neste sentido, o trabalho desenvolvido pela “California Energy Commission”<sup>20</sup> estuda os fatores que afetam o consumo de energia, considerando amostras por estado, e analisa o impacto de políticas e programas que tem como interesse a redução do consumo de energia. Outro aspecto estudado é em relação ao efeito de programas que incentivem e facilitem a introdução de veículos movidos a combustíveis alternativos. Para isso,

---

<sup>20</sup> Citado por TRAIN (1986).

foram considerados como alternativos, em relação à gasolina, para o transporte privado, os seguintes combustíveis: metanol, gás propano líquido (LPG), diesel e veículos elétricos.

Neste estudo, as etapas de análise incluem, em um primeiro momento, a estimativa de um modelo “base”. Assim, a segunda etapa é constituída de simulações do modelo “base”. Em seguida, diferentes análises de sensibilidade são efetuadas. Cada uma destas análises é realizada considerando-se a variação de apenas uma das variáveis explicativas e, desta forma, a demanda é estimada para cada simulação feita.

A comparação dos resultados encontrados no modelo “base” e nas análises de sensibilidades permite verificar o impacto das mudanças nas variáveis selecionadas.

Para simular a demanda, alterações em relação às classes de veículos avaliadas e as características de cada classe são especificadas para cada ano. Desta forma, nas simulações para o período entre 1980 e 2000, o preço do veículo, a autonomia do combustível, e outras características consideradas para cada classe de veículo analisada, é assumido que essas variáveis podem e são especificadas para cada um dos anos que compreende o período de análise. A simulação requer dados referentes aos consumidores da região para a qual as simulações serão produzidas. Além disso, é preciso projeções a respeito das variáveis socioeconômicas. Estas projeções incluem o número de indivíduos na área, renda da população e o número de trabalhadores na família. Projeções para o preço dos combustíveis também foram consideradas.

Para mostrar o interesse de consumidores por veículos movidos a combustíveis alternativos, vinte e cinco classes de veículos foram inseridas nas simulações realizadas. Como muitos dos veículos considerados nessas classes, no momento da análise, ainda não existiam no mercado e, portanto, não podiam ser avaliados, projeções em relação às características de cada uma das classes foram feitas para cada um dos vinte anos simulados. Deste modo, para cada um dos anos do período da análise foram realizadas projeções para o preço de compra do veículo, eficiência do combustível e para as características específicas do automóvel, como tamanho e “poder” (aceleração).

A estimativa da demanda para cada consumidor foi feita e, em seguida, a demanda agregada foi obtida por meio da soma dos “pesos” de todas as demandas individuais. O “peso” representa a probabilidade de cada consumidor da amostra. As variáveis socioeconômicas utilizadas são: renda, número de pessoas na família,

número de trabalhadores, número de veículos possuídos, classe e vantagem de cada veículo possuído, e uma variável que representa o “peso” de cada família, de acordo com determinadas características<sup>21</sup>.

Os resultados do modelo base mostram um crescimento de 2,3% da taxa média anual em relação à aquisição de veículos e ao consumo de combustíveis para o período considerado. Este crescimento está relacionado, em grande parte, com as projeções feitas em relação ao aumento de indivíduos nas famílias. Neste caso, foi considerada uma taxa média anual de crescimento das famílias de 1,7%. O número médio de veículos possuídos por família foi simulado considerando um crescimento de 12% para o período, sendo de 1,59 (em 1980) para 1,78 (em 2000). Este crescimento é necessário para a projeção de crescimentos na renda real. A distância percorrida foi simulada com taxa média anual de crescimento igual a 3,2%, com distância anual percorrida por veículo crescendo de 10,254 (em 1980) para 12,136 (em 2000).

O crescimento do uso do veículo apresentado acima também reflete as conseqüências de avanços tecnológicos. Logo, o estudo considera as alterações esperadas na eficiência do combustível para cada uma das classes examinadas e, ainda, leva em conta que essas alterações se alteram no tempo. Isto mostra uma redução no custo de manutenção e um aumento da distância percorrida.

As estimativas da demanda por automóveis e a distância percorrida, para um período de vinte anos, são simuladas de forma a crescerem a taxas decrescentes no decorrer do período. Isto é feito devido a ganhos de eficiência do combustível (e, logo, redução do custo operacional). Assim, a porcentagem de aumento dessas variáveis é maior entre os anos de 1980 e 1990 do que em relação ao anos de 1990 a 2000. Portanto, o impacto de ganhos de eficiência do combustível é maior nos primeiros anos do período. Entretanto, o crescimento em relação à distância percorrida e a aquisição de veículos é maior.

Um dos interesses particulares desse estudo é analisar a demanda potencial por veículos movidos a combustíveis alternativos, e em que medida a introdução desses veículos reduziria o consumo de gasolina. A conclusão geral dos resultados simulados, de acordo com as projeções feitas em relação às características dos veículos e dos preços dos combustíveis, é de que os veículos movidos à gasolina continuarão a dominar o mercado, mesmo com a introdução de veículos que consomem combustíveis alternativos.

---

<sup>21</sup> Esta variável é usada para a realização de projeções em relação a alterações esperadas no período analisado, como variações no número de indivíduos que compõe a família e variações da renda.

De acordo com os resultados simulados, veículos movidos a diesel possuirão uma porção do mercado de automóveis próxima a 6,7%, no ano de 2000. A estimativa da demanda por veículos elétricos, metanol e LPG têm suas participações com baixos valores, 0,3%, 0,5% e 0,5%, respectivamente.

A razão dos resultados apresentarem baixas estimativas em relação à demanda por combustíveis alternativos pode ser entendida devido às projeções feitas para os preços dos veículos e os custos operacionais. Os preços dos veículos elétricos, LPG e metanol são altos quando comparados aos a gasolina e, além disso, as diferenças entre os custos operacionais desses veículos são pouco significativas.

É importante notar que os resultados apresentados não permitem afirmar que não existe, ou que a preferência do consumidor por esses veículos alternativos é pouco significativa, pois eles apenas mostram o comportamento esperado a partir de simulações. Conseqüentemente, os resultados encontrados dependem fortemente da forma como as mudanças são consideradas, ou esperadas. No entanto, é possível verificar que veículos alternativos poderiam ter significativa participação no mercado se os avanços tecnológicos permitissem a redução de seus preços.

Neste sentido, outros aspectos a serem ressaltados são a respeito da eficiência, autonomia da gasolina que, neste caso, teve efeito superior aos combustíveis alternativos. E, ainda, em relação ao preço dos combustíveis, pois foi considerado um baixo crescimento do preço da gasolina, em relação ao real. Além disso, mecanismos de mercado podem ser afetados por políticas públicas, ou intervenções do governo de diversos modos.

As simulações referentes ao consumo de combustíveis mostram uma queda de 22% no consumo de gasolina entre 1980 e 2000. Como a estimativa da distância percorrida mostra-se crescente e as alterações em relação a veículos alternativos, ou veículos a gasolina da classe “pequenos”, são mínimas. A redução no consumo é conseqüência da maior eficiência desse combustível. Dos combustíveis alternativos considerados, nota-se que apenas a estimativa da demanda por diesel é alterada significativamente (cerca de sete vezes). Isto reflete a baixa participação da demanda encontrada para o metanol e o LPG, e elétrico.

Análises de sensibilidade mostram o impacto de alterações em variáveis explicativas de maneira isolada. Isto permite inferir a respeito das possíveis conseqüências de uma política de preços, por exemplo. Desta forma, nesse estudo, a partir do modelo base, seis cenários foram examinados, ou seja, foram observados quais seriam os efeitos da alteração de seis variáveis, separadamente, na demanda.

O primeiro cenário considera o crescimento da renda dos consumidores. Mostra as alterações na distância percorrida pelas famílias e no consumo de combustíveis. Para isso, foi considerado um crescimento anual da renda 2% maior do que no caso base (ou seja, 2,81% e não 0,81%). Os resultados apresentam que a elasticidade da distância percorrida (0,29), em relação à renda, é maior do que a elasticidade do número de veículos possuídos (0,10). Isto implica que os consumidores ajustam o montante percorrido em cada veículo para mudanças na renda de forma similar ao ajuste feito para o número de veículos adquiridos. O consumo de gasolina é mais sensível (elasticidade igual a 0,31) a alterações da renda do que à distância percorrida. Logo, quando há aumento da renda, os consumidores tendem a preferir veículos maiores, mais dispendiosos, e com menor eficiência, autonomia, e, desta forma, há aumento do consumo de combustível por km.

O modelo base considera que o preço da gasolina cresce, em termos reais, a 1% ao ano (de 1983 a 1987), 3% (entre 1988 e 1994) e 4,5% (de 1995 a 2000). Para verificar a alteração no comportamento dos consumidores em relação a um efeito moderado de aumento do preço da gasolina outras taxas foram assumidas, 2% ao ano (de 1983 a 1987), 4% (entre 1988 e 1994) e 5,5% (de 1995 a 2000). Assim, no ano 2000 o preço da gasolina seria 27,7% maior do que o preço considerado no modelo base. O comportamento dos consumidores em relação ao aumento do preço da gasolina mostra que a elasticidade da distância percorrida (em magnitude, -0,27) é maior do que a elasticidade da demanda por veículos (-0,11). A elasticidade do consumo (-0,47), entretanto, é maior do que a encontrada para a distância percorrida, refletindo que quando há aumento no preço da gasolina o impacto esperado no comportamento dos consumidores é mais relevante na busca por combustíveis alternativos do que na redução da distância percorrida.

Outro cenário examina a mudança da escolha no caso de um aumento nos preços da gasolina e do diesel, sem a existência de outros combustíveis alternativos. Os preços desses dois combustíveis foram projetados para aumentarem 7% ao ano, em termos reais. Este aumento tem início no ano de 1983. No ano de 2000 o preço da gasolina seria 115% maior do que no caso base, e 117% para o preço do diesel. Os resultados mostram uma queda maior na distância percorrida do que a apresentada no cenário anterior (em que o preço da gasolina crescia menos e em que havia a possibilidade de escolha de combustíveis alternativos). O consumo de gasolina apresenta queda maior do que no cenário anterior. Contudo, neste cenário, a elasticidade do consumo de gasolina em relação ao preço é menor (em magnitude, -0,32). Como não há a possibilidade de escolha por

combustíveis alternativos, e o preço do diesel tem comportamento semelhante ao da gasolina, a resposta no do consumo é menor do que a esperada quando existe outro combustível.

Um outro cenário analisa os efeitos no caso de o número de trabalhadores (por família) ser reduzido. Isto é feito reduzindo-se o número de indivíduos, consumidor, nas categorias com um ou mais trabalhadores e aumentando o número de indivíduos que não trabalham. O número total de consumidores da amostra não foi alterado, os consumidores apenas foram trocados de categorias, ou seja, os consumidores tiveram suas categorias alteradas para um menor número de trabalhadores.

Portanto, como no caso base, o número de consumidores em cada categoria para o período considerado nas simulações (de 1980 a 2000) foi calculado por meio de interpolação linear entre os números da categoria em 1980 e 2000. Deste modo, o número médio de trabalhadores por família no ano de 2000 é 14,8% menor neste cenário, em relação ao caso base. Enquanto o número de trabalhadores foi reduzido, a renda permanece constante. Os resultados mostram que a elasticidade da distância percorrida (0,17) é maior do que a encontrada para a demanda de veículos (0,13), mostrando que os consumidores utilizam menos cada veículo quando o nível de emprego é reduzido. Além disso, o efeito no consumo de gasolina (-2,72) é mais significativo do que em relação à distância percorrida (-2,57), em termos percentuais. Isto mostra que os consumidores optarão por veículos menores e com maior autonomia quando o nível de emprego é reduzido. O efeito no consumo de gasolina (elasticidade igual a 0,18) é próximo ao observado para a distância percorrida (0,17).

Outro cenário examina o comportamento sob a hipótese de redução do preço de veículos elétricos. No modelo base, a demanda por veículos elétricos é considerada muito pequena (menor que 67.000 veículos para o ano de 2000). Uma redução de 40% no preço desses veículos levaria a um aumento próximo ao dobro na aquisição desses veículos, na distância percorrida por esses veículos e na eletricidade consumida por esses veículos. Entretanto, apesar desse efeito, a participação percentual desses veículos na demanda total seria de apenas 0,6%. A razão por esses veículos não terem preferência muito significativa, apesar da redução do preço, é que mesmo com esta redução o seu preço ainda permanece alto, o tamanho desses veículos é pequeno, e, como já foi visto, esta é uma característica relevante na escolha.

Os resultados simulados mostram, de maneira geral, que programas políticos que promovam maior eficiência/autonomia da gasolina possuem maior probabilidade de reduzir seu consumo do que no caso de

programas que incentivem o consumo de combustíveis alternativos. Uma das razões para esta conclusão é o alto custo de aquisição e manutenção dos veículos alternativos considerados.

#### 4.2.5 Demanda automóvel

A seguir são apresentados alguns estudos, com variados enfoques e métodos de análise, que têm como interesse a demanda por automóvel.

CHOW (1960) estima o número de automóveis *per capita* comprados no ano  $t$  como função do preço real dos automóveis, da renda *per capita* e do estoque real *per capita* do ano  $t-1$ . SUITS (1958) apresenta a modelagem da venda de carros novos como função da renda disponível, do preço real do carro novo no varejo, do número médio de meses de financiamento e da frota de automóveis em circulação. BAUMGARTEN (1972) usando observações trimestrais, de 1960 a 1967, e observações anuais, de 1947 a 1967, mostra que a demanda por carros novos é função do preço dos carros novos, da vida média dos carros, do preço real dos carros usados, do custo de vida, da renda disponível acumulada entre  $t-3$  e  $t$  e da renda disponível no ano  $t$ .

MILONE (1992) modela a frota brasileira depreciada como função do produto interno bruto real, do preço real dos automóveis, da taxa de juros real e dos meios de pagamento real. ASSIS (1993) defende que o consumo privado de carros a preços constantes é função da renda disponível do setor privado a preços constantes, da renda disponível do setor privado a preços constantes defasada um período, da taxa de juros real das Letras do Tesouro Nacional e dos empréstimos para o setor privado a preços constantes. Este autor usa um modelo de quatro equações simultâneas e utiliza uma equação de demanda de automóveis, como uma aproximação para a demanda de bens duráveis de consumo.

COATES (1985) analisa a política de crédito ao consumidor no Brasil e estima várias equações de demanda de automóveis, com observações trimestrais de 1972 a 1981, e demonstra que a quantidade vendida de automóveis é função da renda real, do preço real dos automóveis, do volume dos empréstimos das financeiras em termos reais, das taxas de juros das financeiras em termos reais, do prazo máximo dos financiamentos e do preço real da gasolina.



VIANNA (1988) analisa as vendas internas de automóveis no Brasil referente ao período de 1976 a 1987. Este autor ressalta que as vendas internas de automóveis são função do preço real do bem, da renda disponível real, do volume total dos empréstimos das financeiras em termos reais, e usa uma variável *dummy* para destacar as greves no setor e a falta de autopeças.

TRAIN (1986) argumenta que os modelos agregados de demanda que não incluem quaisquer características não relacionadas ao custo (como, por exemplo, o tamanho do veículo e o seu desempenho), podem conter viés nas elasticidades estimadas. Segundo este autor, entre as variáveis explicativas utilizadas para estimar o número de carros que o consumidor deseja possuir estão: o custo de posse, a disponibilidade de transporte público, a renda da família e o número de trabalhadores. A decisão sobre qual carro possuir tem sido relacionada ao preço, aos custos operacionais, a alguma medida de tamanho, à idade do veículo, à renda, à idade da família e ao número de veículos possuídos.

McCARTHY (1996) afirma que as elasticidades-preço da demanda estimadas por meio de modelos desagregados para o mercado dos EUA variam de -0,51 a -6,13. Normalmente, os trabalhos chegam à conclusão de que a elasticidade-renda é menor para veículos menores e compactos, e maior para veículos mais luxuosos. Além disso, as famílias que possuem dois ou mais carros são menos sensíveis às variações de preço do que aquelas que possuem apenas um automóvel.

LEVINSOHN (1988) desenvolve uma metodologia para analisar os efeitos da política comercial na indústria automobilística dos EUA. A metodologia proposta inclui a estimação de uma equação de demanda de automóveis e adota uma abordagem para diferenciação de produto. De acordo com essa abordagem, um bem é representado pelo seu volume de características e a preferência do consumidor varia, dado seu preço, de acordo com o conjunto de características do bem. A quantidade demandada de um modelo de automóvel depende, portanto, de seu preço e características, e do preço e características dos modelos competidores. Para escolher os modelos de automóveis que competem entre si, o autor utiliza uma equação de preço hedônico segundo a qual o preço de um bem é uma combinação linear do preço implícito nos seus atributos. Como variáveis explicativas o autor utiliza: peso do carro, potência do motor e *dummies* para carros com direção hidráulica, ar condicionado e importado.

FONSECA (1997) estuda a mudança de qualidade nos automóveis brasileiros e estima equações de preço hedônico para diferentes períodos. Para o período entre 1992 e 1994, o autor encontrou significância nas

seguintes variáveis explicativas em relação ao preço: velocidade máxima, comprimento, largura e *dummies* para injeção eletrônica, luxo, álcool, populares, freios ABS, utilitários, quatro portas e direção hidráulica.

LAPA (1998) propõe um modelo dinâmico para a previsão de curto prazo da demanda de automóveis no mercado brasileiro. Os resultados desta análise para as vendas internas de automóveis indica duas variáveis exógenas como relevantes: renda e produção. Entretanto, destaca outras duas variáveis: as greves dos metalúrgicos, com relação inversa; e, os preços dos automóveis, que não permaneceram nos modelos finais.

Observa-se, ainda, modelos de Escolha Discreta que analisam a preferência do consumidor por veículos que consomem algum tipo de combustível alternativo, como gás natural, gás metano e “elétrico”. Estes veículos são considerados mais eficazes no controle de problemas ambientais, pois, em relação aos a gasolina, promovem menores índices de poluição do ar.

TRAIN (1986) e BEN-AKIVA e LERMAN (1987) apresentam diferentes modelos que examinam a influência de instrumentos econômicos na escolha por determinado tipo de meio de transporte, público e/ou privado. Normalmente, o interesse é favorecer o uso do transporte público.

BUNCH et al. (1993), KURANI et al. (1996) e CHÉRON e ZINS (1997) analisam a demanda por veículos que favorecem a redução da emissão de gases poluentes por meio do ajuste de modelos que relacionam a escolha do consumidor a características específicas do automóvel, como desempenho, e ao preço de mercado desses veículos.

BUNCH et al. (2000) e EWING e SARIGOLLU (1998) estudam como instrumentos econômicos podem aumentar a demanda por veículos considerados “limpos”. Assim, examinam como políticas que concedam privilégios para esses automóveis podem afetar suas participações no mercado. Para isso, analisam alterações em certas características do trânsito, como menor tempo de viagem devido a faixas de rua, e rodovia, especiais, e políticas de preço que estimulem o consumo de combustíveis alternativos, como redução do preço em relação a outras fontes de energia.

A maior parte dos trabalhos encontrados na literatura, que têm como interesse a análise da demanda por veículos com baixos índices de emissão de gases poluentes, considera o desempenho e o preço do veículo como aspectos relevantes na escolha. Especialmente, os trabalhos realizados por BUNCH et al. (1993, 1995), CHÉRON e ZINS (1997), VAN WISSEN e GOLOB (1992) estimam uma pequena parcela do mercado para

veículos elétricos. A baixa participação desses veículos é explicada devido ao alto preço do veículo, ao inexpressivo avanço tecnológico e a baixa autonomia.

Entretanto, poucos estudos mostram de que forma instrumentos econômicos podem alterar a demanda por veículos alternativos. A análise do gerenciamento da demanda por veículos elétricos por meio de políticas de preço de energia é feita por EWING e SARIGOLLU (1998). O estudo mostra a preferência dos consumidores por esses veículos e como esta preferência pode afetar a demanda. Para isto, em um primeiro momento, os autores estimam a proporção de consumidores que possuem alguma preferência por esses veículos e que podem ser induzidos, por meio de novas e melhores tecnologias e incentivos do setor público, a adquirir veículos alternativos. O incentivo é uma compensação pela limitação do desempenho e autonomia do veículo. Os autores analisam os fatores que influenciam a escolha do consumidor entre três tipos de veículos: um veículo convencional; outro, que é considerado como eficiente em relação ao combustível consumido; e, um terceiro, que é elétrico. O estudo faz uso de um modelo *Logit Multinomial*, que é usado de maneira a simular a escolha e, assim, estimar a probabilidade média de cada um dos três tipos de veículos vir a ser escolhido, para diferentes cenários. Os cenários consideram alterações em relação ao preço relativo, ao nível de desempenho e autonomia e ao custo e tempo, relacionados ao transporte público. Os resultados obtidos mostram que os instrumentos econômicos têm modestos efeitos sobre a escolha. No entanto, haveria um aumento significativo na demanda por veículos alternativos caso houvesse incremento nas características relacionadas ao custo e ao desempenho. Isto ocorreria se a variação entre essas duas características não fosse expressiva entre os veículos alternativos e os convencionais.

O modelo base contém as três alternativas de maneira isolada e, de forma geral, mostra os efeitos médios estimados e não considera as características dos consumidores analisados. O veículo convencional é considerado como alternativa base. Logo, o termo constante é estimado apenas para as demais alternativas. Isto permite capturar o efeito específico de cada alternativa sobre a escolha. Este efeito é distinto dos efeitos obtidos para as variáveis gerais. Desta forma, os atributos específicos do veículo não-base são observados, estatisticamente, por meio do termo constante, que mostra o efeito da diferença entre o veículo base e o não-base. Os resultados referentes aos instrumentos econômicos são compreendidos por meio da análise dos efeitos marginais. Isto permite observar alterações na escolha das alternativas não-base para diferentes tipos de incentivos, políticas.

Pode-se, ainda, fazer combinações utilizando os coeficientes estimados para os atributos de interesse e verificar os resultados esperados na escolha para essas combinações. Como, por exemplo, a redução do custo em certa quantia pode implicar em uma escolha semelhante no caso de uma redução do tempo gasto no trânsito. Assim, é possível verificar como políticas distintas podem influenciar, de maneira similar, um determinado comportamento.

A participação de grupos de consumidores que fazem uso de frotas de veículos, tanto no comércio privado quanto na esfera pública é analisada por BUNCH et al. (2000), e HILL (1987). Estes trabalhos estimam a participação de segmentos de mercado na demanda por veículos que consomem combustíveis alternativos. Os estudos analisam a escolha em relação a determinado tipo de veículo de acordo com características relacionadas ao tamanho e modelo do veículo e variáveis que mostram a forma como os veículos são adquiridos e revendidos, aspectos relacionados à manutenção, à distância percorrida e a quantidade possuída. Os veículos são descritos por meio de características como o tipo de combustível, custo operacional, autonomia, capacidade de carga e nível de emissão de poluentes (ou qualidade do combustível).

Além disso, consideram características específicas do consumidor (firma, organização) em relação a escolhas feitas anteriormente, intenções futuras relacionadas à frota de veículos e opiniões a respeito de veículos alternativos. De acordo com esses estudos os aspectos de maior relevância nesse tipo de escolha são as características da frota, ou o tipo de uso a que têm destino, aplicação, e a autonomia. Nota-se, ainda, que as organizações que possuem grandes frotas de veículos têm maior disposição em adotar veículos alternativos.

BUNCH et al. (1993) analisa como a demanda por veículos alternativos varia em função dos atributos que distinguem esses veículos de veículos convencionais, ou que consomem gasolina. Como veículos alternativos o estudo considera: elétricos; e, outros não especificados, que podem ser metanol, etanol, gnv e gás propano. Os atributos inseridos são: preço de aquisição do veículo; custo operacional, que sofre alterações de acordo com o combustível; autonomia do veículo; acessibilidade e eficácia do combustível; capacidade de operar com um ou mais tipos de combustíveis, tecnologia *flex*; e, nível de redução de emissões de gases poluentes (comparado aos veículos convencionais). Os dados foram obtidos por meio de entrevistas nas quais os consumidores foram questionados a respeito de um conjunto hipotético de veículos futuros, e de suas possíveis escolhas entre combustíveis alternativos e gasolina para veículos *flex* (hipotéticos).

Estimativas que mostram a relevância dos atributos e diferenças nos segmentos de mercado foram obtidas por meio do uso de modelos de Escolha Discreta. *Nested Logit Multinomial* para a escolha do veículo e *Logit Binomial* para a escolha do combustível. Estes modelos são úteis para modificar a escolha presente em relação ao tipo de veículo escolhido, como no caso da utilização e/ou substituição de veículos convencionais por alternativos. Logo, são de grande relevância na avaliação de cenários para veículos alternativos e combustíveis “limpos” e, ainda, em relação à oferta de combustíveis.

De maneira semelhante à maioria dos estudos que analisam a preferência em relação a veículos elétricos, a autonomia do veículo é o atributo de maior relevância na escolha. Isto ocorre principalmente quando o combustível alternativo possui menor capacidade em relação à distância percorrida, quando comparado aos a gasolina. Para a escolha do combustível, os aspectos de maior valor são autonomia e custo. Outro resultado interessante do estudo diz respeito às probabilidades preditas. Neste sentido, tem-se que a escolha de combustíveis alternativos é afetada pelos níveis de emissão de gases poluentes e, ainda, mostra que esta escolha pode ser compensada por meio de diferenças nos preços dos combustíveis.

CALFEE (1985) estima um modelo de escolha probabilística com o objetivo de mostrar a demanda por veículos elétricos. Os atributos do veículo incluídos foram: preço de aquisição, custo operacional, e autonomia. Os resultados exibem alta diversidade da preferência entre os indivíduos. Entretanto, nota-se que a variável autonomia é a que apresenta maior peso na compensação pela escolha. As probabilidades, desagregadas, em um segundo momento, são usadas para estimar a demanda futura para diferentes tipos de veículos elétricos. No entanto, esse mercado é analisado considerando esse tipo de veículo como opção apenas para o segundo veículo a ser adquirido pela família. Os resultados mostram que essa demanda é substancialmente pequena. Os veículos convencionais, de modo geral, são preferidos por serem mais acessíveis e possuírem menor custo.

Porém, dois fatores podem alterar essa demanda de modo significativo. O estudo mostra que avanços tecnológicos expressivos podem modificar a preferência dos consumidores no futuro. Isto ocorreria caso outros tipos de veículos não tivessem avanços tão significativos quando comparados aos avanços alcançados pelos veículos elétricos. Outro aspecto que poderia alterar a preferência diz respeito à insegurança em relação à oferta de petróleo. Assim, conclui-se que consideráveis avanços tecnológicos desses veículos e ameaças ao abastecimento de gasolina, ou o aumento do preço, são aspectos relevantes na preferência e podem ser utilizados para influenciar a escolha e, logo, a demanda.

Muitos estudos a respeito da demanda por veículos elétricos mostram que a principal barreira a sua aceitação deve-se a autonomia, ou seja, ao fato de a distância percorrida sem a necessidade de recarga da bateria ser muito inferior a distância percorrida com um tanque (por veículos convencionais).

Neste sentido, KURANI et al. (1996) estima a demanda futura por esses veículos levando em consideração a existência de inovações tecnológicas em relação a essa barreira. Para isso, extensas entrevistas interativas, e “experimentos-orientados”, foram realizadas. Além disso, o processo de obtenção dos dados conta com estágios nos quais os consumidores têm acesso a materiais informativos e vídeos a respeito das características desses automóveis. Especialmente, em relação ao sistema de propulsão. O estudo faz a análise considerando outros aspectos como relevantes na escolha, como o modelo do veículo e a distância percorrida diariamente pelo indivíduo. Os resultados indicam que, para o estado da Califórnia, EUA, há um mercado potencial que varia entre 07 e 18%. Esta variação ocorre para diferentes segmentos de mercado e sofre alterações de acordo com determinadas variáveis. As variáveis que apresentam maior grau de variação, para os diferentes segmentos analisados, são: preço e performance do veículo, estratégias de marketing, incentivo e políticas do governo e qualidade do transporte público. Os resultados mostram ainda que em relação aos veículos movidos à gasolina, as variáveis que afetam a escolha entre as duas opções são autonomia, aspectos relacionados aos níveis de emissão de poluentes entre as duas fontes de energia e ao modo como ocorre o reabastecimento, ou recarga da bateria.

Um dos principais aspectos relacionados ao trabalho de KURANI et al. (1996) é a respeito da incorporação de informações que mostram para o consumidor as diferenças para o meio ambiente entre os veículos convencionais e os elétricos. Para os autores, esta inovação do estudo fez com que a disposição dos consumidores em optar pela tecnologia alternativa tivesse maior relevância. A possibilidade de recarga em casa foi outro aspecto que proporcionou uma maior estimativa da demanda. A segmentação do mercado para as estimativas da demanda foi feita para diferentes valores em relação à distância percorrida.

De maneira geral, três métodos têm sido aplicados na análise de mercados potenciais para veículos elétricos. Estudos de “*Attitude*”, ou que levam em consideração apenas a opinião dos indivíduos. Análises do comportamento em relação à utilidade do veículo, considerando tanto veículos urbanos como privados, conhecidas como “*Travel Behavior*”. E, estudos baseados na teoria da preferência fixa, determinada. Os resultados apresentados por esses estudos são contraditórios. O primeiro método apresenta a tecnologia desses

veículos como quase amplamente aceita. O segundo mostra que muitos consumidores poderiam adquirir pelo menos um veículo elétrico. Entretanto, a terceira apresenta inexistência de preferência em relação a esses veículos.

Essas contradições podem ser entendidas observando a forma como cada um desses métodos foi utilizado. Os estudos que fazem uso da análise da “*atitude*” do consumidor, levando em consideração o veículo que seria ideal para esses indivíduos, não analisa o processo de decisão completo. Assim, superestimam a demanda. Os estudos que utilizam o método “*travel behavior*” não consideram a existência de limitações na autonomia do veículo e, de maneira semelhante, superestimam a demanda. Além disso, essas estimativas são feitas para consumidores que utilizam o veículo diariamente, ou seja, para os quais o veículo possui alta utilidade e, logo, são suscetíveis a optarem por essa tecnologia (NESBIT et al., 1992). A maioria das análises realizadas com o uso da teoria da preferência fixa estima uma baixa demanda, normalmente, entre 0 e 2% (CALFEE, 1985; BUNCH et al., 1993). Nota-se na literatura a presença de estudos que utilizam o método da preferência fixa incorporando elementos a respeito do comportamento do consumidor em relação ao veículo possuído. Esses estudos mostram de forma mais próxima a realidade e, ainda, aspectos relacionados à expectativa e a preferência revelada (BUNCH et al., 1995; GOLOB et al., 1995).

KURANI et al. (1996) argumenta que modelos econométricos usados para a aplicação da teoria da preferência na escolha por veículos elétricos são pouco eficientes, pois a presença de novas tecnologias relacionadas a esse bem pode alterar de maneira significativa a escolha. Isto ocorre devido ao fato de os indivíduos não terem suas preferências construídas para novas tecnologias, pois não há experiência em relação ao novo produto. Portanto, é incerto afirmar qual a analogia existente entre uma tecnologia convencional e uma nova. Neste caso, as preferências são construídas e não simplesmente reveladas, e variam de indivíduo para indivíduo de acordo com suas características socioeconômicas e culturais.

BUNCH et al. (2000) analisa a demanda por veículos alternativos para um segmento específico do mercado, frotas particulares comerciais e frotas públicas. O estudo considera como combustível alternativo metanol, gás natural e veículos elétricos. Um modelo de escolha discreta foi estimado para obter a preferência dos consumidores em relação a uma possível “troca”, ou aquisição futura de um veículo alternativo, e, ainda, mostra atributos que são relevantes na escolha. Os resultados indicam que há diferenças no peso das variáveis entre os segmentos. Isto ocorre para a autonomia de cada tipo de combustível, para o custo de aquisição e para

as características operacionais de diferentes classes de veículos. É interessante notar que essas diferenças ocorrem tanto em relação ao tamanho das firmas, quando frotas privadas, como em relação ao tipo de segmento, privado ou público. Para esse tipo de mercado, a análise mostra que um aspecto relevante diz respeito à existência e facilidade de acesso a postos de abastecimento. Isto demonstra que para segmentos que fazem uso de frotas de veículos, a infra-estrutura relacionada ao combustível escolhido possui maior importância na escolha do que atributos como, por exemplo, o custo de capital, custo operacional e autonomia do veículo. Frotas públicas são mais sensíveis ao custo de capital de novos veículos. Entretanto, estas são mais dispostas a adotar veículos alternativos do que frotas privadas. Dentre os segmentos considerados, apenas o que representa os veículos escolares demonstram interesse, preocupação, em relação à redução da emissão de gases poluentes. Para obter as informações necessárias para a realização da análise, os veículos foram descritos aos consumidores como sendo tipos futuros e hipotéticos. Os veículos movidos a gasolina são considerados como tipo base, convencional. Assim, os veículos são descritos em termos do tipo de combustível consumido (gasolina, metanol, gnv e elétrico), custo de capital, custo operacional, autonomia, qualidade do combustível, capacidade de carga e nível de emissão. O modelo desenvolvido no estudo mostra que, dentre os combustíveis analisados, o metanol é o mais preferido quando comparado à gasolina. De acordo com os autores, isto se deve ao fato desse combustível ser conhecido e devido à existência da tecnologia *flexfuel*. Nota-se que análises realizadas para setores que fazem uso de um conjunto de veículos revelam que a escolha é diferenciada de acordo com as características e interesses específicos de cada segmento.

CHÉRON e ZINS (1997) examinam a demanda por veículos elétricos considerando a importância relativa de alguns fatores que podem influenciar a decisão de adquirir este tipo de veículo. Os fatores observados são: autonomia, velocidade máxima, tempo de recarga da bateria e custo operacional, no caso de reposição da bateria. Os resultados indicam que há divergência entre as estimativas encontradas e as existentes na literatura. Os autores observam que grande parte dos estudos realizados aponta a autonomia e a possibilidade de “fim” da bateria como aspectos relevantes na escolha. Entretanto, neste estudo, que de maneira modificada examina a preferência levando em consideração variáveis socioeconômicas e demográficas, os autores mostram que outros aspectos, como a quantidade de veículos possuída pela família, também são importantes na escolha. Deste modo, tem-se que consumidores que possuem mais de um veículo são mais dispostos a adquirirem um veículo elétrico. Além disso, mostra que os atributos conforto, desempenho e



segurança são relevantes. As variáveis socioeconômicas inseridas no modelo são: sexo, escolaridade, renda, distância percorrida por semana, quilometragem, utilidade do veículo, para que tipo de finalidade o veículo é utilizado, e despesas com combustível, manutenção e financiamento do veículo.

WISSEN e GOLOB (1992) examinam a relação existente entre o combustível escolhido e a quilometragem anual do consumidor, família. Outro aspecto analisado diz respeito a mobilidade do transporte coletivo. O gás natural é considerado como combustível alternativo. O modelo empírico parte do princípio de que um maior “uso”, ou maior distância percorrida, implica na escolha por um combustível que proporciona menor custo. Entretanto, no futuro, esta escolha poderá motivar aumento do consumo de combustíveis, ou na distância percorrida. Além disso, o estudo observa a influência de subsídios destinados ao transporte público, como passagens com desconto ou de graça em determinadas estações do ano, e variáveis socioeconômicas, como renda, na escolha do combustível e do tipo de transporte. O modelo de demanda é especificado em termos de um conjunto de equações simultâneas dinâmicas. As variáveis dependentes, tipo de combustível, uso do veículo e distância percorrida diariamente entre a residência e o local de trabalho, são estimadas em dois períodos distintos. A variável, tipo de combustível é tratada como categórica (ordenada em termo do custo do combustível versus o custo de capital), e a distância percorrida é uma variável contínua censurada (para famílias que não possuem trabalhadores que necessitam se locomover até o local de trabalho). A utilidade da escolha entre três tipos de combustível (gnv, gasolina e diesel) é assumida como sendo ordenada de acordo com a razão existente entre os custos de capital e o operacional. Isto permite o uso de um modelo *Probit* com respostas ordenadas para a variável que representa o tipo de combustível escolhido em cada ponto do tempo. Este tipo de modelo pode ser incluído em sistemas de equações estruturais, pois permite avaliar o uso apropriado de métodos de estimação. No entanto, os resultados indicam que a ordenação das alternativas não é o problema de maior relevância nesse tipo de análise. O modelo captura a existência de relações dinâmicas entre a escolha do veículo, do combustível e a mobilidade do transporte público. E, ainda, mostra que essa escolha é condicionada pelos efeitos de subsídios de substituição, para locais de trabalho fixo ou variável, para passagens na estação das chuvas e para variáveis demográficas e socioeconômicas.

De maneira geral, o modelo apresenta que consumidores que fazem maior uso do veículo possuem maior disposição em consumir o gnv. Entretanto, de acordo com a análise, os veículos que consomem esse tipo de combustível possuem menor custo operacional e, neste caso, isto levaria a um aumento do uso do veículo.

Portanto, não seria uma alternativa eficiente para a redução da quilometragem e, logo, das emissões de gases poluentes.

ROSS e DECICCO (1996) apresentam supostas alterações no comportamento dos consumidores, e no mercado de combustíveis, em relação ao consumo de gasolina no caso de haver mudanças na eficiência desse combustível. Para isso, consideram como ganho de eficiência do combustível um maior rendimento (km/l). Logo, essas mudanças levariam a um menor consumo do combustível e, conseqüentemente, redução da poluição, implícito no ganho de eficiência com o desenvolvimento de novas tecnologias. De acordo com o estudo e a literatura pertinente, em média, o tempo para que uma nova tecnologia automotiva seja completamente aceita no mercado é de cerca de 8 a 11 anos. Os resultados mostram que avanços tecnológicos que impliquem em maior autonomia do veículo movido à gasolina promovem menor dependência de importação e reduzem perdas ambientais. As simulações para um incremento de 65% na eficiência do combustível, considerando que todos os veículos tem acesso a esta alteração, apresentam redução de 2,8 milhões de barris de petróleo por dia, no ano de 2005. Isto causaria uma redução de 140 milhões de tonelada métrica de emissão de carbono anualmente (MTc/ano).

## 5 RESULTADOS EMPÍRICOS

### 5.1 APLICAÇÃO EMPÍRICA E DESCRIÇÃO DOS DADOS

Os resultados empíricos serão obtidos utilizando-se dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF 2002-2003), divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004b). A POF fornece informações sobre a composição orçamentária doméstica, alocação de gastos e distribuição dos rendimentos segundo as características dos domicílios e das pessoas. Além das informações referentes à estrutura orçamentária, tem-se características associadas às despesas e rendimentos. Logo, os dados viabilizam o desenvolvimento do estudo proposto, possibilitando o conhecimento do perfil do consumidor e, assim, da demanda por álcool e gasolina. Os dados dessa pesquisa proporcionam análises para o Brasil, Grandes Regiões, Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste<sup>22</sup>, e Unidades da Federação<sup>23</sup>.

Outra fonte de dados refere-se à Agência Nacional do Petróleo (ANP), que fornece preços médios ponderados da gasolina e do álcool hidratado, em R\$/litro, para Brasil e Grandes Regiões.

As fontes de dados descritas acima serão utilizadas para, em um primeiro momento, desenvolver um modelo empírico que mostre, ou não, a existência de diferentes probabilidades de consumo da gasolina e do álcool nas regiões abrangidas pela POF. Desta forma, o modelo base mostrará o comportamento dos consumidores em relação à maximização da utilidade do combustível escolhido de acordo com observações reais a respeito dessa escolha e de informações que descrevam as características socioeconômicas desses consumidores e, ainda, características de mercado para o preço dos combustíveis e do veículo.

O modelo base será empregado para a realização de simulações que proporcionarão observar possíveis alterações na demanda futura desses combustíveis. Para isto, modificações nas variáveis explicativas serão necessárias. As variáveis de maior relevância nessa etapa são: preço relativo dos combustíveis; alíquotas, como

---

<sup>22</sup> Situação urbana e rural.

<sup>23</sup> Nas nove regiões metropolitanas e nas capitais das Unidades da Federação os resultados correspondem à situação urbana.

as referentes ao IPVA e impostos que incidem sobre o preço do combustível; e, alterações em relação a aspectos econômicos, sociais e ambientais, como renda, nível de escolaridade e poluição, educação ambiental.

O propósito é fazer uma comparação entre os resultados reais e os simulados. Os resultados serão relevantes para avaliar a emissão de CO<sub>2</sub> resultante do consumo estimado para os combustíveis. Isto permite analisar o impacto no meio ambiente do consumo futuro desses combustíveis com base em informações reais da preferência dos consumidores e verificar como a situação observada atualmente poderá sofrer mudanças por meio de políticas<sup>24</sup>.

Adicionalmente, pode-se analisar os resultados obtidos com as características específicas de cada região, como IDH, qualidade vida, taxa de atividade, desemprego, localização geográfica em relação a usinas de álcool e/ou distribuidoras de gasolina, aspectos relacionados à frota de veículos e poluição, qualidade ar.

Como as características dos consumidores e do mercado de combustíveis são diferentes entre as regiões brasileiras. Os resultados permitirão analisar se políticas energéticas para o setor de combustíveis devem ser diferenciadas por região. Além disso, o modelo poderá mostrar qual deverá ser o público alvo para a implantação e implementação de políticas específicas. Isto contribui para a definição de estratégias de investimentos na política de combustíveis do país.

A definição das variáveis relevantes na aplicação teoria da escolha discreta requer três importantes decisões. Primeira, identificação dos atributos relevantes a serem incluídos. Segunda, escolha do número e dos níveis discretos para cada atributo e alternativa. Terceira, análise de como as diferentes alternativas devem ser incluídas nas opções de escolha existentes. Outro aspecto é em relação à correlação existente entre as variáveis.

Uma outra particularidade dessa teoria diz respeito à possibilidade de analisar o problema por meio da segmentação do mercado. Assim, *submodelos* distintos, para grupos de indivíduos que possuem características socioeconômicas semelhantes, podem ser estimados. Neste caso, grupos com características divergentes possuirão diferentes parâmetros. Além disso, variáveis construídas como, por exemplo, a relação entre custo e

---

<sup>24</sup> Como, por exemplo, as medidas adotadas pelo governo brasileiro para estimular a demanda de álcool para atingir os objetivos propostos pelo Proálcool: redução do imposto sobre produtos industrializados (IPI), relativo ao carro a álcool; redução das alíquotas sobre o imposto de veículos automotores (IPVA); não incidência do imposto único sobre combustíveis líquidos (IUCLG), nas vendas de álcool carburante; e, fixação de uma relação de 67% entre o preço de venda do álcool hidratado e o da gasolina automotiva (Leite, 1997).

renda podem mostrar a relevância do custo com respeito a renda, como no caso de existir uma relação inversa, quanto menor a renda maior a importância do custo na escolha.

Uma das possíveis limitações do modelo *Logit* é em relação à suposição, implícita, de que a escolha entre as alternativas, álcool e gasolina, é não hierárquica, ou seja, de que não há uma ordem na escolha do consumidor. Entretanto, escolhas que seguem uma certa hierarquia são perfeitamente observáveis, como, por exemplo, o consumidor que decide comprar um carro que produz menor nível de emissão de gases poluentes. Antes da compra do veículo é necessário fazer a opção pelo combustível. O caso deste exemplo foi analisado no estudo de Ewing e Sarigollu (1998). O teste para verificar a necessidade do uso de um modelo que considera a existência de escolhas hierárquicas, *Nested Logit Model*<sup>17</sup>, teve resultado negativo, não indicou a consideração deste tipo de escolha como requisito para a análise.

## **Descrição dos dados**

Na POF 2002–2003 os erros amostrais são avaliados por meio das estimativas dos coeficientes de variação (CVs), obtidos dividindo-se a variância estimada pela estimativa da quantidade de interesse. Os coeficientes de variação (%) da despesa, monetária e não monetária, média mensal familiar (R\$) total para os tipos de despesa gasolina e álcool para veículo próprio são de 3,2 e 14,4, respectivamente.

A tabela 5 mostra que os grupos alimentação, habitação e transporte correspondem a 74,69% da despesa de consumo média mensal das famílias brasileiras, o que representa 61,55% da despesa total. Analisando exclusivamente a participação percentual da despesa com transporte, nota-se que a região Sudeste apresenta valor semelhante ao estimado para Brasil. Para as regiões Centro-Oeste e Sul esses percentuais são superiores, e inferiores para as regiões Norte e Nordeste, sendo a região Centro-Oeste, 20,77, a que exibe maior participação e a Norte a menor, 15,70.

Tabela 5 – Participação na despesa de consumo monetária e não monetária média mensal familiar, por tipos de despesas, Brasil e Grandes regiões, período 2002-2003.

Brasil e Grandes regiões	Participação (%) na despesa de consumo			
	Habitação	Alimentação	Transporte <sup>1</sup>	Outras
Brasil	35,50	20,75	18,44	25,31
Norte	33,42	27,19	15,70	23,69
Nordeste	32,27	26,79	16,01	24,93
Sudeste	36,67	18,89	18,44	26,00
Sul	35,46	19,95	20,65	23,94
Centro-Oeste	35,86	18,09	20,77	25,28

Fonte: IBGE (2004a)

<sup>1</sup> Despesas de consumo – Transporte - Despesas habituais com transporte urbano tais como: ônibus, táxi, metrô, trem, barca e transporte alternativo. Inclui despesas com gasolina e álcool para veículo próprio, manutenção de veículo próprio, aquisição de veículos e despesas com viagens. Na linha "outras" estão agregadas despesas como: estacionamento, pedágio, acessórios para veículos e seguro obrigatório.

Análise das estimativas relacionadas à despesa de consumo com transporte para Brasil na década de 70 (Estudo Nacional de Despesa Familiar - ENDEF 1974-1975) e atualmente (POF 2002-2003), permite identificar alterações bastante significativas. Os resultados nacionais, de forma total, indicam crescimento da participação desse grupo de 7,21 pontos percentuais, passando de 11,23%, ENDEF, para 18,44% (POF). Nota-se que dentre os tipos de despesas de consumo considerados a relacionada ao grupo transportes é a que exhibe maior crescimento no período (Tabela 6).

Tabela 6 – Participação na despesa de consumo monetária e não monetária média mensal familiar, na ENDEF e na POF, segundo tipos de despesa, Brasil 1974/2003.

Tipos de despesa	Participação (%) na despesa de consumo	
	ENDEF	POF
	1974-1975	2002-2003
Habitação	30,41	35,50
Alimentação	33,91	20,75
Transporte	11,23	18,44
Outras	24,45	25,31

Fonte: IBGE (2004a)

O exame da distribuição da despesa monetária, e não monetária, com gasolina e álcool, em relação ao total das despesas do grupo transporte, mostra que no Brasil a despesa com gasolina corresponde a cerca de 20% desse total, e o álcool a 2%. De maneira similar, observa-se que para a região Norte esses percentuais são de 17% e 0,3% para a gasolina e o álcool, respectivamente. A região Nordeste exhibe estimativas em torno de 15,6%, gasolina, e 0,84%, álcool. Para as demais regiões tem-se: Sudeste com valores próximos a 19% e 3%, para gasolina e álcool, respectivamente; Sul, 22,5%, gasolina, e 1,8%, álcool; e, Centro-Oeste com estimativas em torno de 21% e 2%, gasolina e álcool, respectivamente (Tabela 7).

Pode-se, ainda, analisar essas despesas de maneira restrita, ou seja, considerando apenas as despesas com gasolina e álcool. Isto permite observar a participação de cada um desses combustíveis no total de despesa do grupo transporte relativo exclusivamente à despesa com esses dois tipos de combustível. Assim tem-se que para Brasil as participações da gasolina e do álcool são de 90,44% e 9,56%, respectivamente. A análise dessas participações, de maneira distinta, para as Grandes regiões, mostra modificações nesses valores. Logo, para a região Norte tem-se 98,43% e 1,57%, e 94,86% e 5,14% para gasolina e álcool, respectivamente para a região Nordeste. A região Sudeste exhibe 88% e 12% de participação para gasolina e álcool, respectivamente, a região Sul e Centro-Oeste apresentam estimativas para a gasolina de cerca de 93% e 91,5%, e para o álcool esses valores são de 7%, Sul, e 8,5%, Centro-Oeste.

Tabela 7 – Despesa monetária e não monetária, em R\$, média mensal familiar para despesa de consumo com transporte, Brasil e Grandes regiões.

Tipos de despesa	Despesa monetária e não monetária com transporte (em R\$)					
	Brasil	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Transporte – Total	270.16	175.19	156.68	324	323.11	297.79
Urbano	42.31	42.78	35.86	52.16	28.68	33.04
Gasolina <sup>1</sup>	52.52	30.07	24.38	62.57	72.76	63.35
Álcool <sup>1</sup>	5.55	0.48	1.32	8.52	5.75	5.90
Manutenção <sup>1</sup>	24.90	18.03	14.89	28.77	29.72	31.15
Aquisição de veículos	105.39	57.91	56.44	124.58	142.33	117.22
Viagens	22.96	19.37	15.07	26.67	24.98	26.99
Outras <sup>2</sup>	16.52	7.55	8.73	20.74	18.89	20.14

Fonte: IBGE (2004a)

<sup>1</sup> Veículo próprio.

<sup>2</sup> Despesas como: estacionamento, pedágio, acessórios para veículos e seguro obrigatório.

A POF (2002-2003) fornece informações para 48.470 unidades domiciliares<sup>25</sup>. A análise proposta considera apenas os domicílios que tiveram despesa com os combustíveis álcool e gasolina, o que corresponde a 22,34% do total da amostra, cerca de 10.829 domicílios. Destes, aproximadamente 92% apresenta frequência de consumo em relação a opção gasolina e, logo, 8% ao álcool<sup>26</sup>. Os domicílios que tiveram despesas de consumo com os dois tipos de combustíveis foram excluídos, o que corresponde a 149 observações, ou 1,38% do total de observações da análise<sup>27</sup>. Assim, a estatística descritiva a seguir, que permite observar a escolha do combustível pelos domicílios selecionados, possui um total de 10.680 observações<sup>28</sup>. Este número corresponde ao número total de observações para o Brasil. Deste modo, tem-se números variados para as regiões: Norte, 1.361, o equivalente a 12,57% das observações para Brasil; Nordeste, 2.764 (25,52%); Centro-Oeste, 2.430 (22,44%); Sudeste, 2.202 (20,33%); e, Sul, 2.072 (19,13%).

A análise de algumas variáveis mostra como a quantidade consumida e a preferência por esses dois combustíveis varia entre as regiões brasileiras. A tabela 8 apresenta informações a respeito da quantidade média consumida, em litros, e da distribuição percentual da escolha de cada região em relação ao total de domicílios considerados na amostra para Brasil. Nota-se que a região Norte é a que possui menor participação na distribuição do percentual de frequência de consumo. Isto ocorre em relação à gasolina e ao álcool. Dentre as regiões, a Nordeste é a que possui maior participação no percentual de escolha em relação à gasolina, e a Sudeste em relação ao álcool.

Pode-se, ainda, examinar a distinção entre a preferência por esses dois combustíveis considerando as frequências de consumo específicas de cada região. Portanto, tem-se que a distribuição percentual da escolha é de cerca 97,65% e 2,35% em relação à gasolina e ao álcool, respectivamente, para a região Norte; 93,42% e 6,58% para a região Nordeste; 91,65% e 8,05% região Centro-Oeste; 88,33% e 11,67% região Sudeste; e, 90,49% e 9,51% região Sul (Figuras 4 e 5).

<sup>25</sup> Domicílio é a unidade amostral da pesquisa, ou a unidade de investigação e análise das famílias.

<sup>26</sup> Esses valores correspondem às despesas somadas por domicílio (que pode ter mais de uma unidade de consumo, família). Os números obtidos sem a soma por domicílio mostram um total de 11.655 observações para despesa com gasolina e 919 para álcool. Assim, em relação ao total de observações verificadas antes da soma por domicílio, tem-se uma perda de 13,33% e 4,57% observações para gasolina e álcool, respectivamente. Neste caso, a análise da preferência considerando a escolha realizada pelos indivíduos mostra um percentual de cerca 92,7% e 7,3% para gasolina e álcool, respectivamente.

<sup>27</sup> Dentre estes 149 domicílios, 03 encontram-se na região Norte (ou 2%), 32 (21,5%) na região Nordeste, 52 (35%) na região Sudeste, 32 (21,5%) na região Sul e 30 (20%) na região Centro-Oeste.

<sup>28</sup> Considerando o total de observações excluídas e perdidas tem-se uma perda de cerca 4,3%, ou 468 observações.



Tabela 8 – Distribuição percentual (%) da frequência de consumo da gasolina e álcool, quantidade média consumida anualmente, em litros por domicílio, e desvio padrão para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul de acordo com a POF 2002/2003.

Áreas de análise	Número de domicílios		Percentual de escolha (%)		Quantidade média consumida anualmente (em litros por domicílio)		Desvio Padrão	
	Gasolina	Álcool	Gasolina	Álcool	Gasolina	Álcool	Gasolina	Álcool
Norte	1.332	32	13,19	3,65	1.151,55	1.143,34	1.365,28	1.024,52
Nordeste	2.612	184	25,86	20,98	1.116,37	1.455,39	1.170,97	1.387,12
Centro – Oeste	2.262	198	22,39	22,58	1.273,61	2.046,61	1.314,06	1.912,16
Sudeste	1.991	263	19,71	29,99	1.432,22	1.967,42	1.340,94	3.376,73
Sul	1.904	200	18,85	22,80	1.460,15	1.667,98	1.348,11	1.262,75
Brasil	10.101	877	100	100	1.283,28	1.779,52	1.305,05	2.258,38

Fonte: dados da pesquisa.

Observa-se que a quantidade média consumida anualmente de gasolina, em litros por domicílio, entre as regiões, apresenta algumas semelhanças. Neste sentido, pode-se verificar que os valores obtidos para as regiões Norte (-10,26) e Nordeste (-13,00) encontram-se em torno de 10% abaixo da média encontrada para o Brasil. A região Centro-Oeste (-0,75) é a que possui valor mais próximo ao da média brasileira, cerca de menos 1% . As regiões Sudeste (11,61) e Sul (13,78) exibem valores cerca de 10% acima da média brasileira.

Em relação ao consumo de álcool a situação mostra-se mais diferenciada. As regiões Norte, Nordeste e Sul apresentam valores abaixo da média brasileira, com -35,75%, -18,21% e -6,27%, respectivamente. No entanto, as regiões Centro-Oeste e Sudeste apresentam valores acima da média, com 15% e 10,56%, respectivamente.

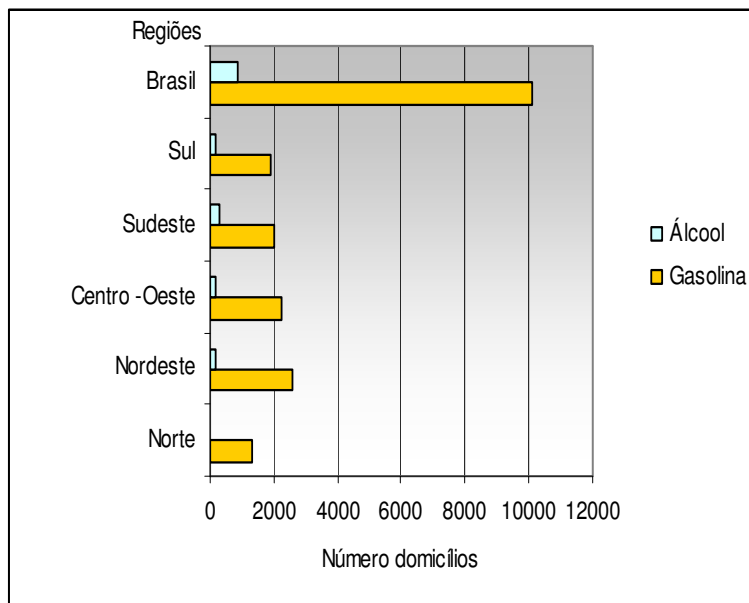


Figura 4. Número de domicílios relacionados à frequência de consumo da gasolina e álcool, para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul de acordo com a POF 2002/2003.

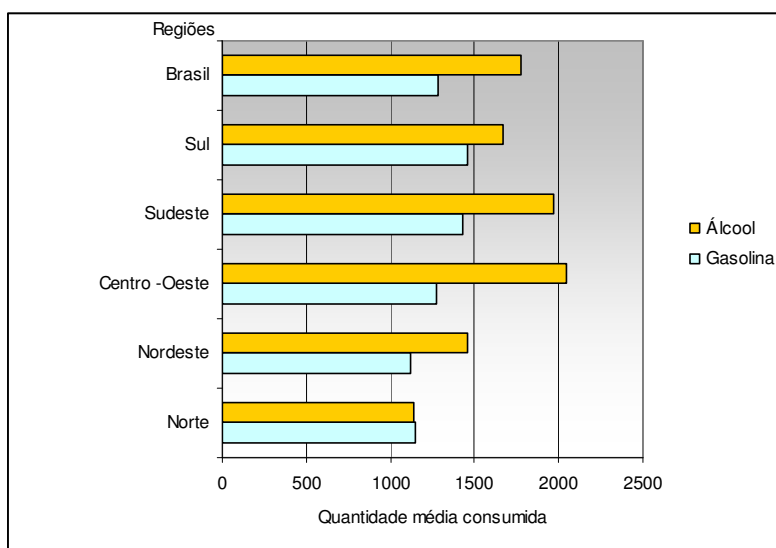


Figura 5. Quantidade média consumida anualmente, em litros por domicílio, para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul de acordo com a POF 2002/2003.

É relevante salientar que a POF não fornece informações específicas a respeito da quantidade consumida de combustíveis. Os valores apresentados acima foram obtidos a partir das informações com despesa anual e preço. As variáveis que mostram a despesa anual com combustíveis foram criadas por meio da

seleção de itens que compõem o cadastro de produtos da POF. Assim, a variável despesa com álcool combustível é composta da soma de todas as despesas individuais do domicílio com os itens relacionados a despesas com álcool, combustível de veículo. De maneira similar, a variável despesa com gasolina une os itens relacionados a despesas com gasolina, especial, aditivada e comum, (Tabela 9). Os preços foram inseridos por estado e referem-se ao preço médio obtido a partir de uma série de preços, mensal ao consumidor, produzida pela ANP, que tem início em julho de 2001 e final em agosto de 2005 (Tabelas 10 e 11).

Nota-se que a despesa média anual por domicílio em relação à gasolina não sofre alterações muito significativas entre as regiões quando comparadas a média obtida para o Brasil. A região Sul apresenta o maior valor, cerca de R\$ 2.530,00, o que corresponde a cerca de 10% acima da média nacional. A Nordeste apresenta o menor, cerca de R\$ 1.935,00, em torno de 15% abaixo da média obtida para Brasil.

Em relação ao álcool, verifica-se uma maior variação dos valores médios encontrados entre as regiões. Dentre as regiões, a Centro-Oeste apresenta o maior valor médio da despesa anual por domicílio, e o mais próximo à média obtida para o Brasil. As regiões que apresentam os menores valores são: Norte, em torno de R\$ 1.780,00, cerca de 30% abaixo da média nacional; seguida pelas regiões Nordeste e Sul com valores em torno de R\$ 1.880,00 e R\$ 1.940,00, o que corresponde à cerca de 26% e 23% abaixo da média nacional, respectivamente. O valor encontrado para a região Sudeste está em torno de 14% abaixo da média brasileira, R\$ 2.195,00.

Tabela 9 – Despesa média anual com gasolina e álcool, em R\$ por domicílio, e desvio padrão para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul de acordo com a POF 2002/2003.

Áreas de análise	Despesa média anual (em R\$ por domicílio)		Desvio Padrão	
	Gasolina	Álcool	Gasolina	Álcool
Norte	2.099,28	1.782,67	2.370,35	1.641,84
Nordeste	1.935,43	1.880,24	1.945,06	1.618,69
Centro - Oeste	2.202,27	2.517,40	2.006,05	2.017,50
Sudeste	2.352,79	2.195,74	2.056,82	3.775,63
Sul	2.528,67	1.946,09	2.075,58	1.528,41
Brasil	2.287,11	2.554,46	2.750,78	2.584,43

Fonte: dados da pesquisa.

Tabela 10 – Preço médio, em R\$ por litro, para gasolina e álcool e desvio padrão para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul de acordo com a ANP 2001/2005.

Áreas de análise	Preço médio (em R\$)		Desvio Padrão	
	Gasolina	Álcool	Gasolina	Álcool
Norte	2,10	1,55	0,09	0,11
Nordeste	1,98	1,37	0,04	0,09
Centro - Oeste	2,03	1,33	0,11	0,07
Sudeste	1,91	1,21	0,04	0,06
Sul	2,00	1,26	0,07	0,067
Brasil	2,00	1,29	0,09	0,11

Fonte: ANP.

A tabela 11 exibe a diferença percentual entre os preços da gasolina e do álcool combustível para Brasil e Grande regiões, e a tabela 12 por estado. A região Norte exibe a menor diferença percentual entre os preços, ou seja, o litro do álcool combustível é cerca de 27% mais barato que o litro da gasolina. Adicionalmente, é a que apresenta menor quantidade média de consumo em relação ao álcool combustível e, ainda, menor frequência de consumo. É relevante salientar que a média dessa variável, estimada para Brasil é de cerca de 32,77%, e representa interessante valor, considerando a diferença de consumo entre os combustíveis. Isto ocorre em virtude da diferença de autonomia entre o consumo do álcool hidratado e o da gasolina pelo veículo, que é de cerca de 30%. Logo, acréscimos percentuais nessa diferença, que correspondam a valores acima de 30%, implicam em tornar o álcool uma escolha mais rentável. Na década de 80, uma das medidas adotadas pelo governo brasileiro para estimular a demanda por álcool, para atingir os objetivos propostos pelo Proálcool, foi a fixação de uma relação de 67%, ou diferença de 33%, entre o preço de venda do álcool hidratado e o da gasolina automotiva.

Tabela 11 – Diferença percentual (%) entre o preço médio do álcool combustível e o preço médio da gasolina para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul de acordo com a ANP 2001/2005.

Áreas de análise	Diferença percentual entre os preços	Desvio Padrão
Norte	0,27	0,06
Nordeste	0,30	0,04
Centro - Oeste	0,34	0,03
Sudeste	0,36	0,03
Sul	0,35	0,01
Brasil	0,33	0,05

Fonte: ANP.

Tabela 12 – Diferença média entre os preços do álcool combustível e da gasolina, segundo série de preços, mensal ao consumidor produzida pela ANP, que tem início em julho de 2001 e final em agosto de 2005, por estado.

Estados	Diferença de preço
Acre	0.2732
Alagoas	0.3725
Amapá	0.1910
Amazonas	0.2741
Bahia	0.2890
Ceará	0.3110
Distrito Federal	0.2786
Espírito Santo	0.3631
Goiás	0.3650
Maranhão	0.2269
Mato Grosso	0.2270
Mato Grosso do Sul	0.3402
Minas Gerais	0.3217
Paraíba	0.3219
Pernambuco	0.3492
Piauí	0.2362
Pará	0.1990
Paraná	0.3615
Rio de Janeiro	0.3530
Rio Grande do Norte	0.2979
Rio Grande do Sul	0.3235
Rondônia	0.3084
Roraima	0.1886
Santa Catarina	0.3448
Sergipe	0.2788
São Paulo	0.3886
Tocantins	0.3359

Fonte: ANP.

Outro aspecto examinado diz respeito ao inventário de automóveis. Desta forma, foi construída uma variável que mostra a quantidade de veículos possuídos em cada domicílio. No geral, há 11.874 domicílios que têm posse de automóveis. Este número engloba os domicílios de todos os estados brasileiros e diferentes tipos de combustíveis. Esses automóveis podem estar classificados em duas categorias distintas. Estas categorias descrevem o estado de aquisição, novo ou usado. Além disso, é possível observar o ano de aquisição. Para facilitar a análise em relação a esse aspecto, algumas faixas de período de aquisição foram criadas. Logo, os dados estão organizados em quatro diferentes períodos de aquisição (década de 80, década de 90, entre os anos de 2000 e 2002, e 2003).

A análise das informações do inventário de automóveis mostra que, no Brasil, há 7.874 veículos que consomem os dois combustíveis de interesse deste estudo<sup>29</sup>. Dentre estes, cerca de 89,05% consomem gasolina e 9,7% álcool. A tabela 13 apresenta informações a respeito da quantidade de automóveis possuídos em relação ao consumo de gasolina e álcool para Brasil e Grandes regiões. De modo geral, a distribuição percentual dos veículos a gasolina não sofre variação significativa entre as regiões brasileiras, exceto na região Norte cujos valores encontrados mostram uma participação muito abaixo das encontradas para as demais regiões, especialmente para veículos a álcool. Nota-se que a região Sudeste possui a maior quantidade de veículos a álcool, com cerca de 31% do total brasileiro.

Considerando a participação relativa dos dois tipos de combustível de acordo com as frequências de consumo dentro de cada região, tem-se que cerca de 96,85% dos automóveis da região Norte consome gasolina e 3,15% álcool. Para a região Nordeste, os valores estão em torno de 91,05% e 8,95% para gasolina e álcool, respectivamente. Desta maneira, tem-se: 90,26% e 9,74% para a região Centro-Oeste; 86,83% e 13,17% para a região Sudeste; e, 90,09% e 9,91% para a região Sul (Figura 6).

---

<sup>29</sup> A diferença entre o número de domicílios que têm posse de automóveis e os domicílios que possuem automóveis que consomem os combustíveis de interesse, 4.000 unidades, advierte a respeito de um possível problema de seleção. Isto ocorre em virtude da forma de obtenção dos dados pela POF. Neste caso, as despesas foram encontradas por meio da aplicação de questionários semanais.

Tabela 13 – Distribuição percentual (%) do número de automóveis, em unidades, em relação à frequência de consumo de gasolina e álcool e desvio padrão para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul de acordo com a POF 2002/2003.

Áreas de análise	Número de automóveis		%		Quantidade média		Desvio Padrão	
	Gasolina	Álcool	Gasolina	Álcool	Gasolina	Álcool	Gasolina	Álcool
Norte	677	22	9,53	2,85	1,46	1,00	1,11	0
Nordeste	1.608	158	22,64	20,44	1,57	1,18	1,33	0,52
Centro – Oeste	1.584	171	22,31	22,12	1,58	1,38	1,50	1,17
Sudeste	1.596	242	22,47	31,31	1,70	1,32	5,08	0,75
Sul	1.636	180	23,04	23,28	1,53	1,30	1,39	0,91
Brasil	7.101	773	100	100	1,58	1,29	2,70	0,85

Fonte: dados da pesquisa.

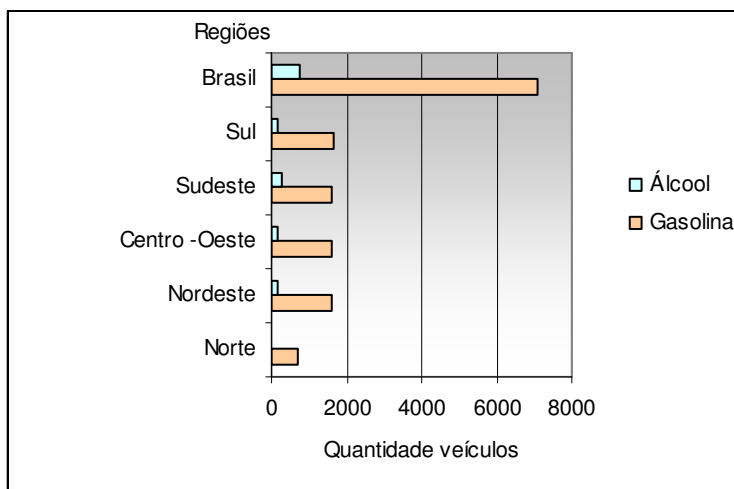


Figura 6. Distribuição percentual (%) do número de automóveis, em unidades, em relação à frequência de consumo de gasolina e álcool para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul de acordo com a POF 2002/2003.

A caracterização dos domicílios em relação à quantidade de automóveis possuídos apresenta-se de maneira análoga para as diferentes áreas consideradas (Tabela 14). Nota-se que grande parte dos domicílios possuem apenas um veículo, em torno de 80%, e cerca de 15% possuem dois veículos. Isto ocorre tanto em

relação à gasolina como ao álcool. Apenas as regiões Norte e Nordeste apresentam algumas distinções, mostram que a maioria dos domicílios que consomem álcool possui apenas um automóvel.

A tabela 15 apresenta a distribuição percentual do inventário de automóveis em relação ao período e consumo de combustível para cada Grande região. Neste caso, não há distinção entre o estado de aquisição, novo ou usado. Desta forma, as informações permitem observar como o total de veículos da amostra se distribui ao longo dos períodos considerados de acordo com a área de análise e o combustível. Observa-se que os valores estimados para os dois combustíveis não sofrem alterações significativas entre as regiões ao longo do período considerado. Grande parte dos veículos foi adquirida entre os anos de 2000 e 2003, cerca de 60%. É interessante notar que em relação aos valores estimados para o ano de 2003, os veículos a álcool apresentam um maior crescimento da participação relativa que os a gasolina. E, ainda, que as regiões Norte, Sudeste e Sul exibem maior participação em relação aos percentuais estimados para a década de 80, em torno de 10%.

Tabela 14 – Distribuição percentual (%) do número de automóveis possuídos por domicílio em relação à frequência de consumo da gasolina e do álcool para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul de acordo com a POF 2002/2003.

Áreas de Análise	Combustível	Número de veículos			
		01	02	Igual ou maior a 03	total
Brasil	Gasolina	80,69	16,05	3,35	100
	Álcool	85,38	13,19	1,42	100
Norte	Gasolina	84,79	13,00	2,22	100
	Álcool	100,00	0,00	0,00	100
Nordeste	Gasolina	80,00	16,02	3,98	100
	Álcool	91,14	8,23	0,63	100
Centro-Oeste	Gasolina	81,07	15,96	2,97	100
	Álcool	83,63	13,45	2,92	100
Sudeste	Gasolina	78,33	18,11	3,56	100
	Álcool	82,23	15,70	2,07	100
Sul	Gasolina	80,63	15,42	3,95	100
	Álcool	84,44	15,56	0,00	100

Fonte: dados da pesquisa.



Tabela 15 – Distribuição percentual (%) do número de automóveis adquiridos em relação ao período e a frequência de consumo da gasolina e álcool, para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul de acordo com a POF 2002/2003.

Áreas de análise	Combustível	Período			
		Década de 80	Década de 90	2000/2002	2003
Brasil	Gasolina	76,19	90,10	93,41	90,23
	Álcool	23,81	9,90	6,59	9,77
Total		100	100	100	100
Norte	Gasolina	88,46	96,81	98,56	94,74
	Álcool	11,54	3,19	1,44	5,26
Total		100	100	100	100
Nordeste	Gasolina	78,43	90,59	95,26	91,73
	Álcool	21,57	9,41	4,74	8,27
Total		100	100	100	100
Centro-Oeste	Gasolina	77,78	89,88	93,56	93,65
	Álcool	22,22	10,12	6,44	6,35
Total		100	100	100	100
Sudeste	Gasolina	68,48	88,07	90,97	86,32
	Álcool	31,52	11,93	9,03	13,68
Total		100	100	100	100
Sul	Gasolina	77,55	91,74	91,40	92,80
	Álcool	22,45	8,26	8,60	7,20
Total		100	100	100	100

Fonte: Dados da pesquisa.

Como mencionado anteriormente, os valores estimados e apresentados acima não levam em consideração o estado de aquisição do automóvel. Neste sentido, a tabela 16 mostra que a participação dos veículos a gasolina adquiridos novos mantém-se crescente ao longo do tempo. E, o comportamento dos veículos que consomem álcool apresenta-se decrescente. Assim, observa-se uma redução da participação desses veículos ao longo da década de 90 e uma leve mudança, aumento, dessa participação a partir do ano 2000, nas regiões Sudeste e Centro-Oeste.

Tabela 16 – Participação relativa (%) dos automóveis em relação ao período e estado de aquisição, novo, e a frequência de aquisição de gasolina e álcool para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul segundo a POF 2002/2003.

Áreas de análise	Combustível	Período			
		Década 80	Década 90	2000/2002	2003
Brasil	Gasolina	71,01	95,36	97,28	98,15
	Álcool	28,99	4,64	2,72	1,85
Total		100	100	100	100
Norte	Gasolina	100,00	98,43	99,57	100,00
	Álcool	0,00	1,57	0,43	0,00
Total		100	100	100	100
Nordeste	Gasolina	83,33	97,27	97,11	100,00
	Álcool	16,67	2,73	2,89	0,00
Total		100	100	100	100
Centro-oeste	Gasolina	63,64	93,00	98,14	97,67
	Álcool	36,36	7,00	1,86	2,33
Total		100	100	100	100
Sudeste	Gasolina	55,56	93,24	96,52	96,43
	Álcool	44,44	6,76	3,48	3,57
Total		100	100	100	100
Sul	Gasolina	80,65	97,26	97,64	100,00
	Álcool	19,35	2,74	2,36	0,00
Total		100	100	100	100

Fonte: Dados da pesquisa.

As informações da POF permitem a análise de aspectos relacionados à despesa com a posse do veículo. Isto é possível por meio da construção de variáveis. Neste sentido, três variáveis foram construídas. A variável valor do veículo mostra o valor do veículo de acordo com o tipo de combustível consumido e a região (Tabela 17). Como essas informações não estão prontas, os valores foram estimados tendo como princípio a despesa com IPVA e as alíquotas referentes a este imposto, por estado. Logo, considerou-se a variação dos valores das alíquotas entre os estados brasileiros e entre o tipo de combustível, para os casos em que há diferenciação. Observa-se que os valores estimados não apresentam alterações significativas entre os tipos de combustíveis e as regiões. De modo geral, os veículos a gasolina exibem valor médio cerca de 50% maior que no caso de veículos a álcool. Situação similar ocorre em relação a variável despesa com ipva (Tabela 18). Uma das possíveis explicações para isso pode ser o fato de apenas dois estados brasileiros, Acre e Rio de Janeiro, apresentarem diferença entre as alíquotas desse imposto segundo o tipo de combustível. No estado do Rio esse

desconto para veículos movidos a álcool é de 20% e no estado do Acre de 50%, em relação às alíquotas dos veículos movidos à gasolina.

Tabela 17 – Valor médio do automóvel e desvio padrão, em R\$, em relação à frequência de consumo de gasolina e álcool para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul segundo a POF 2002/2003.

Área de análise	Valor médio do veículo (em R\$)		Desvio Padrão	
	Gasolina	Álcool	Gasolina	Álcool
Norte	15.472,63	7.661,96	33.239,48	5.020,69
Nordeste	12.810,89	7.441,31	19.077,94	6.388,65
Centro - Oeste	14.284,80	8.754,35	20.066,83	11.384,92
Sudeste	14.507,34	7.189,72	19.524,64	8.230,52
Sul	16.249,58	8.292,51	25.975,76	8.091,77
Brasil	14.599,32	7.848,48	22.916,32	8.599,51

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 18 – Despesa média anual com IPVA e desvio padrão, em R\$ por domicílio, em relação à frequência de consumo de gasolina e álcool para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul segundo a POF 2002/2003.

Área de análise	Despesa média anual		Desvio Padrão	
	Gasolina	Álcool	Gasolina	Álcool
Norte	454,18	218,14	995,40	147,51
Nordeste	320,27	186,03	476,95	159,72
Centro - Oeste	441,80	275,01	610,11	345,13
Sudeste	523,39	263,00	720,59	299,47
Sul	392,94	207,98	640,71	204,62
Brasil	425,59	237,37	673,84	267,47

Fonte: Dados da pesquisa.

De modo breve, tem-se que o custo médio de manutenção<sup>30</sup> das regiões apresenta valores menores que o encontrado para a média brasileira (Tabela 19). Considerando o custo médio em relação à frequência de consumo do álcool combustível, a região Sul demonstra o menor valor e a Centro-Oeste maior.

Tabela 19 – Custo médio anual de manutenção do automóvel e desvio padrão, em R\$ por domicílio, em relação a consumo de aquisição de gasolina e álcool para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul segundo a POF 2002/2003.

Área de análise	Custo médio anual		Desvio Padrão	
	Gasolina	Álcool	Gasolina	Álcool
Norte	977,36	1.169,27	1.351,52	1.793,33
Nordeste	1.034,09	910,49	2.564,08	1.074,72
Centro -oeste	1.242,83	1.319,55	2.075,78	1.417,67
Sudeste	1.084,50	1.034,73	1.727,72	1.354,69
Sul	927,93	886,12	1.346,05	987,16
Brasil	1.261,42	1.139,56	2.887,23	1.652,51

Fonte: Dados da pesquisa.

Um outro aspecto de interesse deste estudo consiste em conhecer algumas características socioeconômicas dos consumidores analisados. Deste modo, dois aspectos (renda e quantidade de moradores) relacionados ao domicílio, e três (escolaridade, idade e sexo) relacionados ao chefe da família, são examinados a seguir. O intuito dessa descrição é verificar, de maneira modesta, como essas características variam entre as regiões brasileiras e no Brasil.

Para simplificar a análise, as variáveis são apresentadas em diferentes categorias. Assim, a variável renda é composta por seis classes: classe 1, compreende os domicílios que possuem renda total mensal abaixo de R\$ 400,00; classe 2, entre R\$ 400,00 e R\$ 599,99; classe 3, R\$ 600 e R\$ 999,99; classe 4, R\$ 1.000,00 e R\$ 1.599,99; classe 5, R\$ 1.600,00 e R\$ 2.999,99; e, classe 6, igual ou maior que R\$ 3.000,00. A tabela 20 apresenta a distribuição percentual dessas classes de renda para Brasil e regiões. Nota-se que as classes 1 e 2

<sup>30</sup> Itens considerados na criação desta variável: óleo lubrificante (complementação ou troca), complementação de óleo lubrificante, óleo lubrificante (de complementação), óleo lubrificante (de troca), troca de óleo lubrificante, peça elétrica ou mecânica, peça mecânica, mão-de-obra de conserto, conserto (mão-de-obra), mecânico (mão-de-obra), conserto (peça+mão-de-obra).

exibem uma participação em torno de 10% em relação ao total. Para as classes 3 e 4 esse percentual situa-se em torno de 30%, e para as classes 5 e 6 verifica-se participação de cerca 60%. Apenas as regiões Sudeste e Sul exibem valores diferenciados dos estimados para as classes 1 e 2. Nestas duas regiões, nota-se uma menor participação das classes de menor renda no consumo de combustíveis.

Tabela 20 – Distribuição percentual (%) das classes de renda dos domicílios que apresentam frequência de consumo para gasolina e álcool para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul segundo a POF 2002/2003.

Áreas	Combustível	Classes de renda						Total
		01	02	03	04	05	06	
Brasil	Gasolina	4,13	5,85	13,99	17,88	25,03	33,13	100
	Álcool	3,08	5,47	14,94	23,38	29,30	23,83	100
Norte	Gasolina	6,37	7,80	15,14	16,72	24,21	29,76	100
	Álcool	6,25	3,13	15,63	12,50	25,00	37,50	100
Nordeste	Gasolina	7,49	8,29	16,09	17,23	21,13	29,77	100
	Álcool	5,43	10,33	16,85	21,20	29,35	16,85	100
Centro - Oeste	Gasolina	2,74	5,92	16,26	19,97	24,08	31,02	100
	Álcool	4,04	7,58	15,66	28,79	23,23	20,71	100
Sudeste	Gasolina	2,30	3,25	9,56	16,37	25,94	42,56	100
	Álcool	1,52	2,66	9,51	23,95	33,08	29,28	100
Sul	Gasolina	1,52	3,78	12,38	18,83	30,99	32,51	100
	Álcool	1,50	3,00	19,50	21,00	31,00	24,00	100

Fonte: Dados da pesquisa.

A renda média estimada para os domicílios que escolhem a gasolina para o Brasil é de cerca R\$ 3.285,41. Para os domicílios que escolhem o álcool este valor esta em torno de R\$ 2.532,45. Para a região Centro-Oeste, os valores encontrados estão em torno de R\$ 3.173,92 e R\$ 2.303,21 para gasolina e álcool, respectivamente. Para as demais regiões, tem-se: região Nordeste, R\$ 3.078,11 e R\$ 1.840,26 para gasolina e álcool, respectivamente; região Norte, R\$ 2.822,91 e R\$ 2.898,14; região Sudeste, R\$ 3.977,63 e R\$ 3.010,72; e, Sul, R\$ 3.271,53 e R\$ 2.708,80.

A distinção dos domicílios em relação a quantidade de moradores mostra que grande parte dos consumidores situam-se na categoria igual, ou maior, que cinco moradores (classe 3). É interessante notar que

há uma alta participação da classe 1, que compreende os domicílio com 1 ou 2 moradores. A classe 3, que engloba os domicílios que possui entre 3 e 4 moradores, apresenta a menor participação (Tabela 21). Entretanto, diferente da variável renda, a análise da participação de cada classe de moradores entre as regiões apresenta algumas divergências.

Os valores encontrados para a quantidade média de moradores são: 3,78 e 3,82 para domicílios que consomem gasolina e álcool, respectivamente, para Brasil; 3,58 e 3,82 para a região Centro-Oeste; 4,12 e 4,07 para região Nordeste; 4,0 e 4,09 para região Norte; 3,67 e 3,76 região Sudeste; e, 3,46 e 3,63 região Sul.

De acordo com a POF, as informações a respeito de nível de escolaridade estão ordenadas em dezesseis categorias<sup>31</sup>. Desta forma, quatro classes de escolaridade foram criadas para os chefes de domicílio. Logo, a classe 1 corresponde ao nível “sem instrução”; a classe 2 abrange os níveis compreendidos entre “creche e supletivo” (ensino fundamental ou primeiro grau); a classe 3 corresponde aos níveis abrangidos entre as categorias “ensino médio ou segundo grau regular seriado” e “pré-vestibular”; e, a classe 4 entre “superior” e “mestrado ou doutorado”.

Observa-se que a distribuição percentual das classes entre as áreas analisadas não apresenta alterações relevantes. A classe 2 representa cerca de 50% dos consumidores examinados, o que corresponde a indivíduos (chefes) que possuem o nível “ensino fundamental”. As classes 3 e 4 englobam a maioria do restante da amostra. Além disso, não há variação significativa entre essas distribuições e o tipo de combustível. Este tipo de diferenciação está presente apenas na classe 4, na qual nota-se uma menor participação dos “chefes” que optam pelo consumo do álcool combustível (Tabela 22).

---

<sup>31</sup> 00 - Sem Instrução; 01 - Creche; 02 - Pré-Escolar; 03 - Classe de Alfabetização de crianças; 04 - Alfabetização de adultos; 05 - Ensino fundamental ou primeiro grau regular seriado; 06 - Ensino fundamental ou primeiro grau regular não seriado; 07 - Supletivo (Ensino fundamental ou primeiro grau); 08 - Ensino médio ou segundo grau regular seriado; 09 - Ensino médio ou segundo grau regular não seriado; 10 - Supletivo (Ensino médio ou segundo grau); 11 - Tecnologia; 12 - Pré-Vestibular; 13 - Superior - graduado completo; 14 - Superior - graduado incompleto; 15 - Especialização superior; 16 - Mestrado ou doutorado.

Tabela 21 – Distribuição percentual (%) das classes de moradores dos domicílios que apresentam frequência de consumo para gasolina e álcool para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul segundo a POF 2002/2003.

Áreas de análise	Combustível	Classes			Total
		01	02	03	
Brasil	Gasolina	39,27	11,00	49,73	100
	Álcool	34,33	11,06	54,61	100
Norte	Gasolina	32,96	12,84	54,20	100
	Álcool	23,53	5,88	70,59	100
Nordeste	Gasolina	26,14	14,11	59,75	100
	Álcool	24,32	17,12	58,56	100
Centro - Oeste	Gasolina	46,30	11,26	42,44	100
	Álcool	32,35	14,71	52,94	100
Sudeste	Gasolina	44,40	6,81	48,80	100
	Álcool	42,50	5,83	51,67	100
Sul	Gasolina	52,23	8,04	39,73	100
	Álcool	40,48	7,14	52,38	100

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 22 – Distribuição percentual (%) das classes de escolaridade dos chefes de família dos domicílios que apresentam frequência de consumo para gasolina e álcool para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul segundo a POF 2002/2003.

Áreas	Combustível	Classes de escolaridade				Total
		01	02	03	04	
Brasil	Gasolina	5.24	46.21	27.58	20.98	100
	Álcool	5.18	54.11	28.95	11.76	100
Norte	Gasolina	5.82	45.08	31.82	17.28	100
	Álcool	10.71	42.86	39.29	7.14	100
Nordeste	Gasolina	8.72	41.65	29.02	20.61	100
	Álcool	8.59	48.47	33.74	9.20	100
Centro - Oeste	Gasolina	5.81	46.71	27.43	20.04	100
	Álcool	6.78	55.93	25.99	11.30	100
Sudeste	Gasolina	3.19	46.81	24.06	25.94	100
	Álcool	3.73	55.60	25.73	14.94	100
Sul	Gasolina	1.64	52.00	26.76	19.60	100
	Álcool	1.65	57.14	30.22	10.99	100

Fonte: Dados da pesquisa.

A tabela 23 apresenta a distribuição percentual das faixas de idade dos chefes de domicílio de acordo com a escolha do combustível. Observa-se que a participação das faixas consideradas apresenta-se constante

em relação às áreas de análise e ao tipo de combustível. A maior parte da amostra, em torno de 60%, são “chefes” que possuem idade entre 30 e 50. Neste caso, nota-se algumas alterações mais acentuadas das participações entre as regiões.

Tabela 23 – Distribuição percentual (%) das faixas de idade dos chefes de família dos domicílios que apresentam frequência de consumo para gasolina e álcool para Brasil regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul segundo a POF 2002/2003.

Áreas	Combustível	Faixas de idade (em anos)						Total
		0 - 25	26 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	Acima de 60	
Brasil	Gasolina	4,70	10,19	27,80	27,37	17,73	12,21	100
	Álcool	3,83	9,38	27,53	28,27	18,64	12,35	100
Norte	Gasolina	6,63	13,26	31,01	26,68	13,83	8,59	100
	Álcool	3,33	6,67	40,00	30,00	10,00	10,00	100
Nordeste	Gasolina	3,76	8,61	27,68	26,85	19,90	13,20	100
	Álcool	1,80	10,18	24,55	23,95	22,16	17,37	100
Centro - Oeste	Gasolina	6,17	12,09	30,39	25,90	14,55	10,90	100
	Álcool	4,44	7,78	31,67	30,56	13,33	12,22	100
Sudeste	Gasolina	3,62	8,59	23,77	29,50	20,85	13,67	100
	Álcool	3,66	8,54	22,76	30,89	21,54	12,60	100
Sul	Gasolina	4,16	9,78	26,87	27,94	17,88	13,38	100
	Álcool	5,35	11,76	30,48	26,20	18,18	8,02	100

Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação ao sexo do “chefe”, percebe-se que, para todas as regiões, a participação do homem é de cerca 90% em relação ao total dos indivíduos da amostra. Considerando a participação da escolha em relação à gasolina, de acordo com o sexo, verifica-se que a mesma se altera de maneira semelhante entre os chefes homens e chefes mulheres, entre as regiões. De modo geral, nota-se que a participação das mulheres chefes, tanto em relação à escolha por gasolina como pelo álcool, situa-se em torno de 10% do total das escolhas realizadas pelos chefes homem, com exceção das regiões Norte e Centro-Oeste. Nestas, a participação feminina com respeito à escolha por álcool mostra-se inferior a 10% (Tabela 24).



Tabela 24 – Distribuição percentual (%) do sexo dos chefes de família dos domicílios que apresentam frequência de consumo para gasolina e álcool para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul segundo a POF 2002/2003.

	Combustível	Áreas de análise					
		Brasil	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Feminino	Gasolina	11,41	13,20	10,86	11,60	11,72	10,45
	Álcool	0,80	0,17	0,73	0,42	1,17	1,33
Masculino	Gasolina	80,46	84,46	82,54	80,12	76,57	79,90
	Álcool	7,33	2,17	5,88	7,86	10,55	8,32
Total		100	100	100	100	100	100

Fonte: Dados da pesquisa.

## 5.2 Análise econométrica da frequência de consumo do álcool combustível

Como proposto inicialmente, este estudo visa analisar os fatores determinantes da escolha entre o consumo do álcool combustível e da gasolina nas regiões abrangidas pela POF (2002/2003) com o intuito de conhecer o comportamento dos consumidores em relação a esse tipo de escolha. E, assim, verificar quais aspectos são relevantes para avaliar os efeitos de possíveis políticas energéticas para o setor de combustíveis sobre a decisão dos consumidores, e como os mesmos são diferenciados entre as regiões brasileiras.

Neste sentido, de acordo com a literatura pertinente, em um primeiro momento, estima-se um modelo base que descreve a probabilidade de escolha. Em um segundo momento, pode-se fazer uso desse modelo para a realização de simulações da probabilidade de consumo, por meio de modificações nas variáveis independentes. A comparação entre os resultados reais e os simulados permite apreciar o impacto dessas alterações no comportamento do consumidor e, logo, no mercado e meio ambiente.

O banco de dados para a realização desta proposta foi criado considerando-se as informações de interesse encontradas nos estudos que fazem uso de modelos de escolha discreta. O banco incorpora diferentes tipos de variáveis. Deste modo, há variáveis relacionadas a características socioeconômicas, tanto do domicílio

como do “chefe”, e variáveis de mercado, como preço. A idéia original era ajustar um modelo base que mostrasse a relação entre a escolha e variáveis como escolaridade, idade, sexo, ocupação, qualidade de moradia em relação à poluição, quantidade de moradores e setor, urbano ou rural. Entretanto, dentre essas características, apenas a escolaridade do chefe do domicílio apresentou relevância.

Assim, para a determinação da probabilidade de consumo do álcool combustível, para os domicílios que compõem a amostra, algumas variáveis foram selecionadas. A variável dependente “escolha” assume valor “1” nos casos em que o domicílio apresenta frequência de consumo, despesa de consumo com esse combustível e posse de veículo (s), e valor “0” caso contrário.

Os ajustes iniciais apresentam algumas particularidades. Isto pode ser observado nos resultados encontrados para os casos analisados em que considera-se o modelo restrito, preços relativos<sup>32</sup>, e não restrito. Devido ao fato de os preços do álcool e da gasolina terem sido empregados na forma logarítmica, a restrição implica que o coeficiente estimado para o preço do álcool (LN\_PA) deve ser igual ao negativo do coeficiente estimado para o preço da gasolina (LN\_PG). Entretanto, o modelo não restrito apresenta melhor ajuste. Logo, a restrição foi rejeitada. A tabela 25 exibe os efeitos marginais do modelo não restrito. Nota-se que os efeitos marginais estimados para o preço do álcool e da gasolina têm sinais contrários e que o valor absoluto do efeito relacionado ao preço do álcool é maior. Assim, em termos puramente de efeitos marginais entre os preços, com a renda nominal fixa, tem-se um efeito marginal líquido negativo na probabilidade de escolha do álcool. Logo, a taxa marginal de substituição entre o preço do álcool e o da gasolina é negativa. O consumidor considera o preço do álcool menos oneroso, cerca de 1,28 vezes, do que o preço da gasolina. Portanto, o consumidor estaria disposto a reduzir em cerca de R\$1,28 o preço da gasolina para aumentar em R\$1,00 o preço do álcool.

---

<sup>32</sup> É importante evidenciar que os preços foram inseridos por estado e referem-se ao preço médio obtido a partir de uma série de preços, mensal ao consumidor produzida pela ANP, que tem início em julho de 2001 e final em agosto de 2005.

Tabela 25 – Efeitos marginais da regressão *Logit* para domicílios que apresentam frequência de consumo para o álcool combustível, modelo restrito.

Variáveis	Natureza da Frequência de Consumo	
		Álcool combustível
LN_PA	-0,7561 (-19,26)*	
LN_PG	0,5911 (9,54)*	
LN_RENDA	-0,0290 (-10,82)*	

Obs: Os testes Z estão entre parênteses abaixo dos efeitos marginais. \* Denota significância ao nível de 1%.

Total de observações: 7.606.

Partindo do modelo restrito apresentado anteriormente tem-se o modelo base final. Neste, as variáveis independentes são:

- a) Renda na forma logarítmica (LN\_RENDA);
- b) Preço do álcool combustível na forma logarítmica (LN\_PA);
- c) Preço da gasolina na forma logarítmica (LN\_PG);
- d) Ano de aquisição do veículo: ANO 80 assume valor “1” se o domicílio adquiriu automóvel (s) no período anterior a década de 90 e “0” caso contrário, omitida para evitar multicolinearidade perfeita; ANO 90 assume valor “1” se o domicílio adquiriu automóvel (s) no período que compreende a década de 90 e “0” caso contrário; ANO 2000 assume valor “1” se o domicílio adquiriu automóvel (s) entre os anos de 2000 e 2002 e “0” caso contrário; ANO 2003 assume valor “1” se o domicílio adquiriu automóvel (s) no ano de 2003 e “0” caso contrário;
- e) Relação entre a despesa com IPVA e a quantidade de veículos possuída pelo domicílio (IP\_VC);
- f) Regiões Sudeste na forma binária;
- g) Despesa com combustível na forma logarítmica (LN\_DCOM); e,
- h) Nível educacional do chefe do domicílio: INSTRU\_CHEFE 1 assume valor “1” se o chefe do domicílio possui nível considerado “sem instrução” e “0” caso contrário; INSTRU\_CHEFE 2 assume valor “1” se o

chefe do domicílio possui nível considerado “ensino fundamental”<sup>33</sup> e “0” caso contrário; INSTRU\_CHEFE 3 assume valor “1” se o chefe do domicílio possui nível considerado “nível médio”<sup>34</sup> e “0” caso contrário; INSTRU\_CHEFE 4 assume valor “1” se o chefe do domicílio possui nível considerado “ensino superior”<sup>35</sup> e “0” caso contrário, omitida para evitar multicolinearidade perfeita.

A tabela 26 expõe as médias e desvios padrões de algumas variáveis utilizadas na seleção do ajuste final <sup>36</sup>. É relevante salientar que esses valores referem-se apenas às estimativas encontradas para os domicílios selecionados para a presente análise. Deste modo, considera os domicílios da POF 2002-2003 que apresentam despesa de consumo com um dos combustíveis de interesse e posse de veículo, cerca de 7.606 domicílios. A variável *escolha* mostra que apenas 8,40% dos domicílios da amostra optaram pelo consumo do álcool combustível.

Examinando a distribuição das variáveis que mostram o ano de aquisição dos veículos, observa-se que a maior parte desses veículos, 55%, foi adquirida entre os anos de 2000 e 2003 e cerca de 5% corresponde à década de 80, 34% a década de 90, 6% o ano de 2003.

A renda média mensal estimada é de cerca de R\$ 3.880,00 e a despesa média anual com combustível, sem distinção em relação ao tipo, esta em torno de R\$ 2.608,00, o que corresponde a quantidade média anual de consumo pelo veículo de cerca de 1.520 litros. Esta variável foi criada considerando-se a diferença de consumo, de 30%, entre os combustíveis e o preço de maneira diferenciada, por tipo e por estado. Pode-se, ainda, verificar a despesa média anual com Ipva, R\$ 230,00, e essa despesa média dos domicílios com esse imposto segundo a quantidade de veículos possuída, R\$ 178,00.

Outro interessante aspecto é em relação à distribuição dos domicílios de acordo com as Grandes regiões brasileiras. Logo, a forma de análise da POF 2002-2003 e a seleção dos domicílios , segundo os interesses desse estudo, faz com que a participação dos domicílios da amostra, do banco usado nos ajustes,

<sup>33</sup> Pré-Escolar, Classe de Alfabetização de crianças, Alfabetização de adultos, Ensino fundamental ou primeiro grau regular seriado, Ensino fundamental ou primeiro grau regular não seriado e Supletivo (Ensino fundamental ou primeiro grau).

<sup>34</sup> Ensino médio ou segundo grau regular seriado, Ensino médio ou segundo grau regular não seriado, Supletivo (Ensino médio ou segundo grau), Tecnologia e Pré-Vestibular.

<sup>35</sup> Superior - graduado completo, Superior - graduado incompleto, Especialização superior e Mestrado ou doutorado.

<sup>36</sup> As variáveis selecionadas no modelo base final estão em caixa alta.

segundo as Grandes regiões tenham a seguinte distribuição: cerca de 9% região Norte; 22,6% região Nordeste; 23% região Sudeste; 23% região Sul; e, 22,34% região Centro-Oeste.

Tabela 26 – Média e Desvio Padrão das variáveis construídas segundo a POF 2002-2003, Brasil.

Variáveis	Média	DP
Escolha <sup>1</sup>	0.0840	-
Preço álcool R\$	1.3476	0.1045
LN_PA	0.2955	0.0441
Preço gasolina R\$	1.9921	0.0895
LN_PG	0.6882	0.0441
Ipva/ano	228.12	337.07
IP_VC	177.9810	231.0109
Renda mensal	3876.17	6280.52
LN_RENDA	7.8340	0.8956
Despesa anual combustível	2607.92	2115.86
LN_DCOM	7.5931	0.7667
Região Norte	0.0914	-
Região Nordeste	0.2256	-
Região Sudeste	0.2290	-
Região Sul	0.2306	-
Região Centro-Oeste	0.2234	-
ANO 80	0.0515	-
ANO 90	0.3425	-
ANO 2000	0.5497	-
ANO 2003	0.0563	-
INSTRU_CHEFE 1	0.0250	-
INSTRU_CHEFE 2	0.3743	-
INSTRU_CHEFE 3	0.2565	-
INSTRU_CHEFE 4	0.2267	-
Quantidade combustível litros/ano	1519.4	1346.92

1 Variável dependente.

Fonte: dados da pesquisa.

A tabela 27 apresenta os efeitos marginais e os testes da equação proposta para o modelo *Logit* para os domicílios que exibem frequência de consumo de combustível e posse de veículo.

A maior parte das variáveis apresenta coeficientes estimados significativos ao nível de 1%, exceto para a binária relacionada ao ano de aquisição do veículo, 2003, (ANO 2003), cujo coeficiente estimado exibe significância ao nível de 10% e, ainda, a variável despesa com combustível, na forma logarítmica, LN\_DCOM,

cujo coeficiente estimado apresenta-se não significativo. Análise do ajustamento do modelo, considerando os acertos previstos para valores acima da média da variável dependente, demonstra que o mesmo explica cerca de 65% do problema, ou da probabilidade de escolha do álcool e da gasolina, sendo os percentuais de acertos de 5,8% e 59%, respectivamente. A seguir, tem-se a análise, de maneira distinta e concisa, dos resultados obtidos para os efeitos marginais estimados.

### **Renda na forma logarítmica – LN\_RENDA**

O modelo ajustado indica que a probabilidade de consumo do álcool tende ser maior para domicílios com menores rendas, efeito marginal negativo da renda sobre a probabilidade de consumo do álcool. Uma das explicações para esse resultado é o fato de a renda média dos domicílios que apresentam frequência de consumo, em relação à gasolina, ser maior que a dos relacionados ao álcool. Isto ocorre tanto em relação às rendas médias estimadas para Brasil como para as regiões. Adicionalmente, outro aspecto evidenciado por essas variáveis é o de que para consumidores com maiores rendas, o combustível pode não representar diferencial no momento da aquisição, escolha, do automóvel, ou seja, essa característica não mostra relevância na preferência pelo tipo de combustível. Além disso, outro aspecto que pode explicar esse resultado é o fato de que os domicílios mais pobres tendem a possuir veículos mais antigos, de uma época, década de 80, em que os veículos movidos a álcool apresentam alta participação na frota brasileira.

Tabela 27 – Efeitos marginais da regressão *Logit* para domicílios que apresentam frequência de consumo para o álcool combustível para o modelo base final.

Variáveis	Natureza da Frequência de Consumo	
		Álcool combustível
Constante	-3,6443	(-3,82)*
LN_RENDA	-0,0158	(-4,98)*
LN_PA	-0,6741	(-16,94)*
LN_PG	0,5771	(9,57)*
ANO 90	-0,0195	(-2,56)*
ANO 2000	-0,0247	(-2,84)*
ANO 2003	-0,0180	(-2,09)**
IP_VC	-0,0000751	(-4,70)*
REGIÃO SUDESTE	0,0191	(-2,94)*
LN_DCOM	-0,0031	(-0,99)***
INSTRU_CHEFE 1	0,0670	(2,63)*
INSTRU_CHEFE 2	0,0319	(4,28)*
INSTRU_CHEFE 3	0,0385	(4,32)*

Obs: Os testes Z estão entre parênteses abaixo dos efeitos marginais.

\* Denota significância ao nível de 1%. \*\* Denota significância ao nível de 10%. \*\*\* Denota não significância ao nível de 10%.

Total de observações: 7.606.

### Preço médio do álcool combustível na forma logarítmica – LN\_PA

### Preço médio da gasolina na forma logarítmica – LN\_PG

Dentre as variáveis contínuas que apresentam coeficientes estimados positivos significativos, o preço da gasolina é a que exibe maior valor. Situação inversa ocorre em relação ao coeficiente estimado para o preço do álcool. Deste modo, de acordo com o modelo, alterações no preço da gasolina e do álcool possuem grande

relevância na probabilidade de consumo do álcool. Assim, os resultados encontrados para essas variáveis, quando analisados de forma distinta, mostram que aumento do preço da gasolina torna o álcool uma opção de consumo mais interessante que a gasolina. E, como previsto, há relação inversa entre o preço médio do álcool e sua probabilidade de consumo. Aumento do preço desse combustível implica redução da preferência pelos consumidores. Logo, como exposto anteriormente, na escolha do modelo não restrito, a razão entre os efeitos marginais desses preços, com demais variáveis fixas, mostra um efeito marginal líquido negativo na probabilidade de escolha do álcool (a taxa marginal de substituição entre o preço do álcool e o da gasolina é negativa). O consumidor considera o preço do álcool menos oneroso, cerca de 1,17 vezes, do que o preço da gasolina. Deste modo, o ajuste base final sugere que o consumidor estaria disposto a reduzir em cerca de R\$1,17 o preço da gasolina para aumentar em R\$1,00 o preço do álcool.

#### **Ano de aquisição - ANO 90, ANO 2000 e ANO 2003**

Com respeito às variáveis que consideram o período de aquisição, para os três casos considerados, os coeficientes apresentam sinais negativos. De maneira geral, conforme verificado na descrição dos dados (Tabela 15), observa-se que houve uma queda acentuada na participação dos veículos a álcool entre o período que compreende a década de 90 e os anos de 2000/2002, havendo um leve aumento dessa participação entre o período 2000/2002 e o ano de 2003. De maneira similar, os efeitos marginais estimados, apesar de apresentarem valores próximos, permitem verificar que para os veículos novos adquiridos no ano de 2003 (-0,018) a redução na probabilidade de consumo do álcool combustível é menor que nos demais casos, seguida pela classe “ANO 90” (-0,0195). Dentre as três classes analisadas, os consumidores que pertencem à classe “ANO 2000” são os que promovem maior redução da probabilidade de consumo do álcool. Nota-se que a diferença entre os efeitos estimados para as classes “novo 2000” e “novo 2003” apresenta um ligeiro aumento da probabilidade de consumo do álcool, de cerca de 0,007. Domicílios que adquiriram veículo em 2003 causam influência de cerca de 0,007% superior a dos que adquiriram entre 2000 e 2002, e 0,0015% para os que adquiriram na década de 30. Contudo, nesses três casos os efeitos marginais sobre a probabilidade de consumo do álcool é negativa. Logo, essas características reduzem a probabilidade, entretanto, a relacionada ao ano de 2003 causa menor redução nessa probabilidade do que nos demais casos analisados.



### **Razão entre despesa com Ipva e quantidade de veículos possuída – IP\_VC**

Esta variável apresenta efeito marginal negativo. Deste modo, pode-se esperar que um aumento da despesa com impostos leva a uma redução da probabilidade de consumo do álcool. A análise e comparação de algumas características entre os consumidores que optam pela gasolina e álcool mostram que os consumidores que escolhem o álcool, de modo geral, possuem menor renda, veículos com menor valor e, logo, menor despesa com Ipva. No entanto, há certa fragilidade nessa interpretação, pois é delicado afirmar qual a real contribuição dessa característica para o modelo. Isto se deve ao fato de que esta variável pode estar indicando diferentes aspectos dos consumidores, como, por exemplo, riqueza, pois a despesa com esse imposto representa um percentual do valor do veículo. Além disso, sabe-se que na cultura brasileira há certos valores, costumes e hábitos, relacionados ao poder que a posse de determinados veículos representa para alguns indivíduos, consumidores.

### **Binárias regionais – REGIÃO SUDESTE**

A idéia original era descrever a probabilidade de consumo do álcool considerando a preferência dos consumidores de maneira diferenciada para as regiões brasileiras. Entretanto, isto não foi possível. Como os preços foram disponíveis por estado, quando tentamos controlar os ajustes por outras regiões, há problema de colinearidade. Isto infla a variância e prejudica a significância dos coeficientes estimados. Neste sentido, os ajustes preliminares mostraram relevância da presença apenas da região Sudeste, que possui maior proporção de veículos movidos a álcool, e efeito marginal positivo.

### **Nível educacional do chefe do domicílio - INSTRU\_CHEFE 1, 2 E 3**

Em relação ao nível educacional base (INSTRU\_CHEFE 4), que representa os chefes de domicílio com ensino superior e pós-graduação, os outros níveis analisados apresentam efeitos marginais positivos na probabilidade. Esses efeitos apresentam sinais positivos similares e próximos. No entanto, a classe que representa os consumidores considerados como “sem instrução” é a que exibe maior efeito marginal sobre a probabilidade (0,07), seguida pela classe “nível médio” (0,04) e “nível fundamental” (0,03). Logo, consumidores com menor nível de instrução são mais propensos ao consumo do álcool combustível. Isto pode estar mostrando que esses indivíduos são menos adversos ao risco em relação a troca do tipo de combustível consumido pelo

veículo por meio da conversão do motor e, ainda, as possibilidades de perda resultante da oferta do produto, o que pode mostrar a falta de conhecimento do funcionamento do setor sucroalcooleiro brasileiro.

As informações apresentadas acima permitem avaliar alguns aspectos da escolha entre o álcool e a gasolina. Portanto, o interesse é a partir desse modelo estudar a viabilidade de algumas políticas de incentivo ao consumo do álcool combustível. Deste modo, pode-se, por exemplo, verificar o impacto de alterações nos preços (variáveis LN\_PA e LN\_PG) na probabilidade de consumo do álcool para consumidores que pertencem às classes “ANO 2000” e “ANO 2003”. Além disso, nota-se que o impacto pode ser altamente diferenciado entre regiões. A realização de simulações permitirá analisar comportamentos futuros em relação à escolha por esses dois combustíveis. Neste sentido, o interesse é utilizar esse modelo para examinar possíveis conjecturas do mercado de combustíveis, especialmente devido à presença da tecnologia *flex* e à emissão de carbono.

### 5.3 Comportamento real e simulações para orientar a seleção de políticas públicas – Brasil e região Sudeste

A seguir são apresentadas as probabilidades médias<sup>37</sup> observadas para a frequência de consumo do álcool e as probabilidades médias esperadas com a presença de alterações nas variáveis contínuas de mercado, preço do álcool e preço da gasolina. Deste modo, a idéia é observar o impacto de intervenções dessas variáveis na probabilidade média de consumo do álcool combustível. Para isso, empregou-se os coeficientes estimados no modelo *Logit* ajustado e os valores individuais das variáveis explicativas, simulando alterações apenas nos valores individuais das variáveis de interesse.

---

<sup>37</sup>A probabilidade média foi estimada por meio da equação 31:

$$\bar{P}_i = \sum_n w_n P_{in}$$

, onde  $w_n$  é o peso da amostra associado ao indivíduo  $n$ . A soma representa todos os indivíduos da amostra. Como a amostra é aleatória,  $w_n$  é igual para todos os indivíduos e igual a  $1/N$ ,  $N$  é o tamanho da amostra.

Os resultados são exibidos para Brasil e região Sudeste. Assim, pode-se verificar as probabilidades médias reais e as probabilidades médias para as seguintes alterações: aumento e redução de 05, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 e 50% no preço médio ao consumidor do álcool hidratado e da gasolina<sup>38</sup>.

A probabilidade média real de consumo do álcool estimada é de 0,0840, ou 8,4% para Brasil. Como conjeturado, aumento do preço do álcool reduz sua probabilidade de consumo. As alterações dessa variável, na forma logarítmica, indicam que um aumento de 5% implica em reduzir em cerca de 1,11% a probabilidade de consumo do álcool, e 6,30% para aumento de 50% (Tabela 28 e Figura 7). Observa-se maior variação do efeito dessa redução para aumentos entre 05 e 20%, que causariam reduções em torno de 1,11% e 3,64%, respectivamente. Isto mostra a alta sensibilidade dos consumidores em relação ao preço.

Reduções no preço do álcool causam modificações mais acentuadas na preferência, em relação às verificadas anteriormente. Neste sentido, tem-se que uma redução de 5% no preço do álcool origina um acréscimo de cerca de 11% na probabilidade, para redução de 50% nesse preço o aumento está em torno de 38%. De modo semelhante ao impacto de aumentos nesse preço, em que verifica-se maiores efeitos em determinados níveis de alteração, neste caso, os acréscimos na probabilidade, em virtude de reduções do preço, apresentam maiores efeitos para alterações entre 5 e 20%, acima deste valor os alcances entre os intervalos de variação considerados são similares (Tabela 28 e Figura 8).

---

<sup>38</sup> É importante evidenciar que os preços foram inseridos por estado e referem-se ao preço médio obtido a partir de uma série de preços, mensal ao consumidor produzida pela ANP, que tem início em julho de 2001 e final em agosto de 2005.

Tabela 28 – Probabilidades médias, real e simulada, estimadas para Brasil e Diferença média entre a probabilidade simulada e real para aumentos e reduções de 05, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 e 50% no preço médio do álcool combustível.

%	Probabilidades médias estimadas				
	Real	Aumento			Redução
		Simulada	Diferença	Simulada	Diferença
5	0.0840	0.0729	-0.0111	0.0968	0.1079
10	0.0840	0.0632	-0.0208	0.1114	0.1322
15	0.0840	0.0549	-0.0292	0.1282	0.1573
20	0.0840	0.0476	-0.0364	0.1471	0.1835
25	0.0840	0.0414	-0.0426	0.1685	0.2111
30	0.0840	0.0360	-0.0480	0.1924	0.2405
35	0.0840	0.0313	-0.0527	0.2191	0.2718
40	0.0840	0.0273	-0.0567	0.2485	0.3051
45	0.0840	0.0239	-0.0602	0.2805	0.3407
50	0.0840	0.0209	-0.0631	0.3152	0.3784

Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados encontrados para variações, semelhantes às apresentadas acima, no preço da gasolina produzem maiores alcances na preferência pelo álcool combustível, especialmente em relação aos maiores intervalos de variação. Deste modo, nota-se que um acréscimo de 5% no preço da gasolina origina um aumento de 3% na probabilidade de consumo do álcool. Para aumento de 50% nesse preço o acréscimo estaria em torno de 70%. Estes acréscimos na probabilidade são constantes e crescentes para os aumentos do preço entre 05 e 30%. Acima de 30% de aumento no preço há uma redução do efeito na probabilidade, ou seja, observa-se que os impactos tornam-se decrescentes entre os intervalos de variação (Tabela 29 e Figura 9).

Tabela 29 – Probabilidades médias, real e simulada, estimadas para Brasil e Diferença média entre a probabilidade simulada e real para aumento e redução de 05, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 e 50% no preço médio da gasolina.

%	Probabilidades médias estimadas				
	Real	Aumento			Redução
		Simulada	Diferença	Simulada	Diferença
5	0.084012	0.1151	0.0310	0.0605	-0.0236
10	0.084012	0.1548	0.0708	0.0430	-0.0410
15	0.084012	0.2041	0.1201	0.0302	-0.0538
20	0.084012	0.2628	0.1788	0.0211	-0.0629
25	0.084012	0.3297	0.2457	0.0146	-0.0694
30	0.084012	0.4026	0.3186	0.0101	-0.0740
35	0.084012	0.4786	0.3945	0.0069	-0.0771
40	0.084012	0.5543	0.4703	0.0047	-0.0793
45	0.084012	0.6269	0.5429	0.0032	-0.0808
50	0.084012	0.6939	0.6099	0.0022	-0.0818

Fonte: Dados da pesquisa.

Redução no preço da gasolina exhibe maior alcance na redução da probabilidade de consumo do álcool, em relação a aumentos do preço deste combustível. Nota-se efeitos decrescentes para essa alteração entre os intervalos de variação do preço. Logo, quanto maior o percentual de mudança no preço menor é o efeito observado entre os intervalos considerados. Além disso, observa-se que para reduções em torno de 35% no preço da gasolina tem-se valores estimados próximos a zero para a probabilidade de consumo do álcool combustível (Tabela 29 e Figura 10).

As figuras 11 e 12 apresentam, de maneira distinta, os impactos das alterações consideradas que causam aumentos na probabilidade de consumo do álcool, redução no preço do álcool e aumento no preço da gasolina, e das que originam reduções na probabilidade, aumento no preço do álcool e redução no preço da gasolina.

## REGIÃO SUDESTE

O modelo ajustado permite a análise de algumas características de maneira peculiar na estimativa da probabilidade média, real e simulada, de consumo do álcool combustível. Neste sentido, a seguir, tem-se os resultados de variações similares às apresentadas anteriormente para consumidores da região Sudeste. As

situações expostas, de modo breve, evidenciam impactos de alterações em uma categoria específica de consumidores e, logo, podem ser usadas para verificar o efeito de políticas em grupos restritos de consumidores.

Analisando os resultados encontrados para essa região nota-se impactos semelhantes para as alterações consideradas. Contudo, a região Sudeste apresenta efeitos superiores aos alcançados para Brasil. A probabilidade média real estimada para essa região é de cerca de 0,1114, o que corresponde aproximadamente a 1,3 vezes a estimada para Brasil.

Os resultados encontrados em relação a acréscimos no preço do álcool combustível mostram, para os casos extremos de 5% e 50%, decréscimos na probabilidade em torno de 0,0115 e 0,0727, respectivamente. Estes efeitos são cerca de 1,03 vezes, para acréscimo de 5%, e 1,15 vezes, 50% de acréscimo no preço, maiores que os obtidos para Brasil. E, além disso, neste caso, de maneira similar à verificada para Brasil, nota-se maior sensibilidade da redução da probabilidade para acréscimos entre os intervalos de variação no preço de 5 e 20%. Assim, nota-se taxa decrescente para os efeitos estimados entre os intervalos de variação após o percentual de acréscimo de 20% (Tabela 30 e Figuras 7 e 11).

Tabela 30 – Probabilidades médias, real e simulada, estimadas para região Sudeste e Diferença média entre a probabilidade simulada e real para aumentos e reduções de 05, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 e 50% no preço médio do álcool combustível.

%	Probabilidades médias estimadas				
	Aumento			Redução	
	Real	Simulada	Diferença	Simulada	Diferença
5	0.1114	0.0998	-0.0115	0.1242	0.1358
10	0.1114	0.0895	-0.0218	0.1386	0.1604
15	0.1114	0.0803	-0.0310	0.1545	0.1855
20	0.1114	0.0721	-0.0392	0.1721	0.2113
25	0.1114	0.0648	-0.0465	0.1915	0.2380
30	0.1114	0.0583	-0.0530	0.2127	0.2658
35	0.1114	0.0525	-0.0588	0.2359	0.2948
40	0.1114	0.0474	-0.0640	0.2611	0.3251
45	0.1114	0.0428	-0.0686	0.2882	0.3568
50	0.1114	0.0386	-0.0727	0.3172	0.3899

Fonte: Dados da pesquisa.

Verificando o alcance dos resultados relacionados a reduções no preço do álcool tem-se algumas distinções dos apresentados anteriormente. Redução de 5% no preço desse combustível dá origem à cerca de 0,1358 de aumento na probabilidade, para redução de 50% esse valor está em torno de 0,39. Observa-se que modificações que implicam redução no preço do álcool combustível geram efeitos positivos na probabilidade de consumo. Esses efeitos aumentam a taxas crescentes. Adicionalmente, tem-se que reduções próximas aos intervalos de variação de 5 e 20% produzem alterações semelhantes na probabilidade de consumo para Brasil e região Sudeste, sendo que a maior diferença verificada nos efeitos dessa simulação entre as duas regiões é a que considera redução de 5%. Nesta, a diferença de alcance das probabilidades simuladas, para região Sudeste e Brasil, é de cerca de 1,01 vezes, sendo que variações acima de 5% produzem maiores impactos nos valores encontrados para Brasil (Tabela 30 e Figuras 8 e 12).

Variações no preço da gasolina de forma a aumentar o preço desse combustível causam maior diferença entre a probabilidade real e a simulada, aumento, do que reduções no preço do álcool. Neste sentido, o impacto de aumentos no preço da gasolina são cerca de três vezes maiores do que os verificados em consequência de reduções no preço do álcool (Tabela 31 e Figura 9). Aumento de 5% no preço da gasolina origina acréscimo em torno de 0,034 na probabilidade de consumo do álcool na região Sudeste, aumento de 50% implica em aumentar essa probabilidade para cerca de 0,7. Aumentos no preço da gasolina causam menores diferenças nos impactos estimados para as probabilidades de consumos entre Brasil e região Sudeste. Assim, tem-se que acréscimos em torno de 20% desse preço geram semelhantes aumentos da probabilidade para Brasil e região Sudeste, apresentando acima desse percentual brando aumento para as probabilidades estimadas para Brasil (Figura 9).

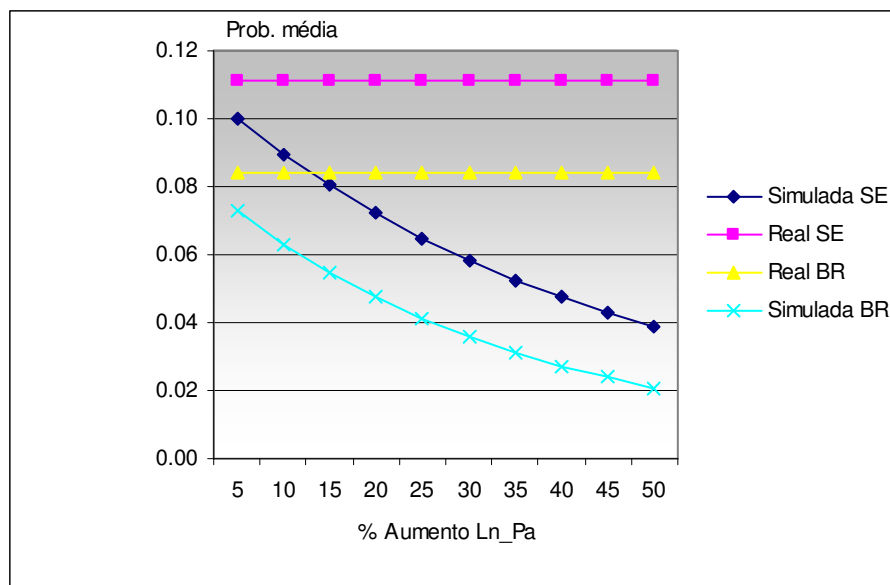


Figura 7. Alteração na probabilidade média de consumo do álcool combustível após diferentes acréscimos percentuais no preço médio do álcool combustível, Brasil e região Sudeste.

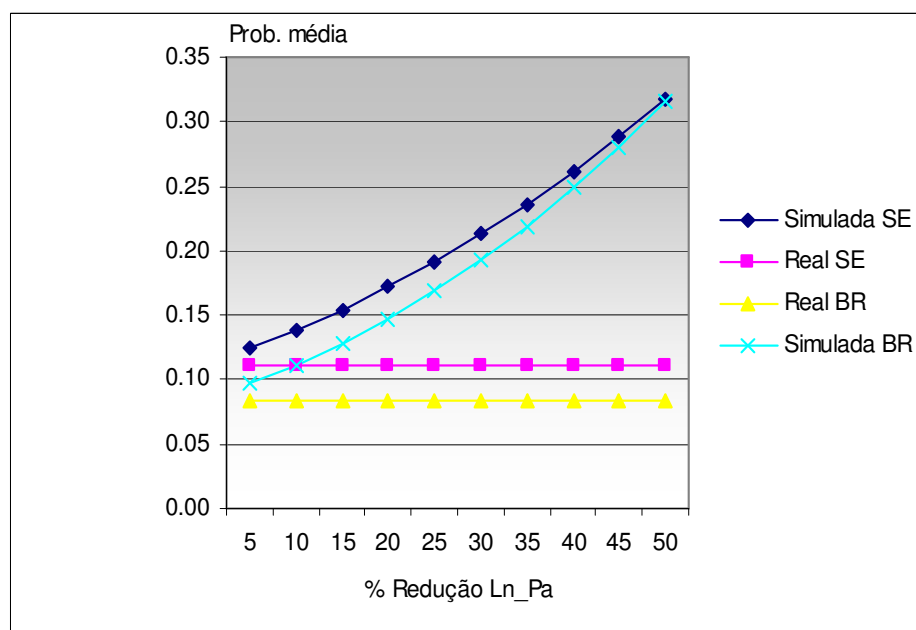


Figura 8. Alteração na probabilidade média de consumo do álcool combustível após diferentes reduções percentuais no preço médio do álcool combustível, Brasil e região Sudeste.



Tabela 31 – Probabilidades médias, real e simulada, estimadas para região Sudeste e Diferença média entre a probabilidade simulada e real para aumentos e reduções de 05, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 e 50% no preço médio da gasolina.

%	Probabilidades médias estimadas				
	Aumento			Redução	
	Real	Simulada	Diferença	Simulada	Diferença
5	0.1114	0.1453	0.0339	0.0839	-0.0275
10	0.1114	0.1863	0.0749	0.0621	-0.0493
15	0.1114	0.2346	0.1232	0.0452	-0.0661
20	0.1114	0.2899	0.1786	0.0324	-0.0790
25	0.1114	0.3513	0.2399	0.0229	-0.0885
30	0.1114	0.4172	0.3058	0.0160	-0.0953
35	0.1114	0.4856	0.3742	0.0111	-0.1003
40	0.1114	0.5543	0.4429	0.0077	-0.1037
45	0.1114	0.6211	0.5097	0.0052	-0.1061
50	0.1114	0.6839	0.5726	0.0036	-0.1078

Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados encontrados para as simulações que consideram reduções no preço da gasolina para a região Sudeste mostram que essas modificações causam reduções a taxas decrescentes na probabilidade de consumo do álcool. Deste modo, tem-se redução de cerca de 0,03 na probabilidade para aumento de 5% no preço da gasolina, e 0,09 para aumento de 30% (Tabela 31 e Figura 9). Em torno de 40% de aumento nesse preço a probabilidade estimada aproxima-se de zero nessa região. Para Brasil, essa condição corresponderia a valores próximos a 35% de redução no preço desse combustível (Figura 10). Entretanto, de maneira geral, nota-se que os efeitos dessas modificações são maiores na região Sudeste. Neste sentido, observa-se que para redução de 5% no preço da gasolina os impactos, reduções na probabilidade de consumo do álcool combustível, verificadas por meio da diferença entre as probabilidade, simuladas e real estimadas, são cerca de 1,17 vezes maior na região Sudeste, e 1,30 vezes para aumentos em torno, e acima, de 25% (Figura 10).

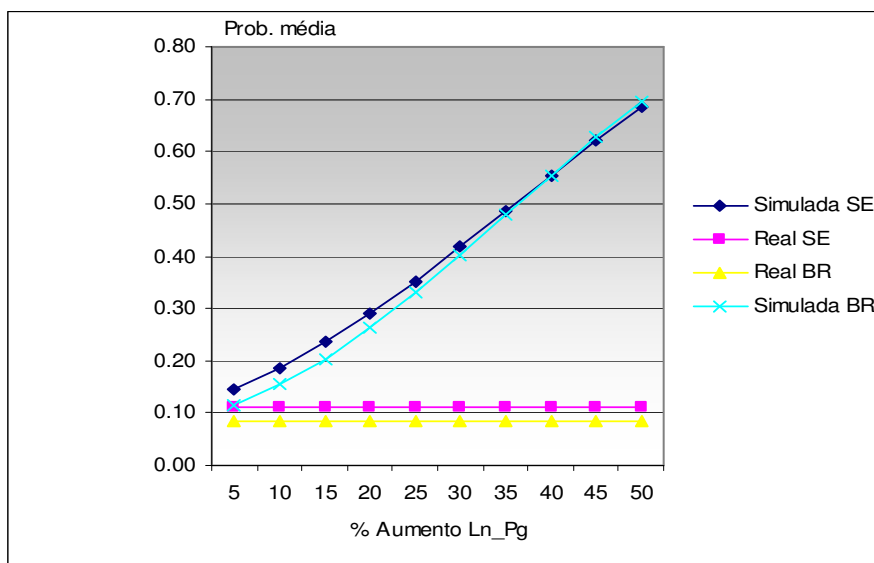


Figura 9. Alteração na probabilidade média de consumo do álcool combustível após diferentes acréscimos percentuais no preço médio da gasolina, para Brasil e região Sudeste.

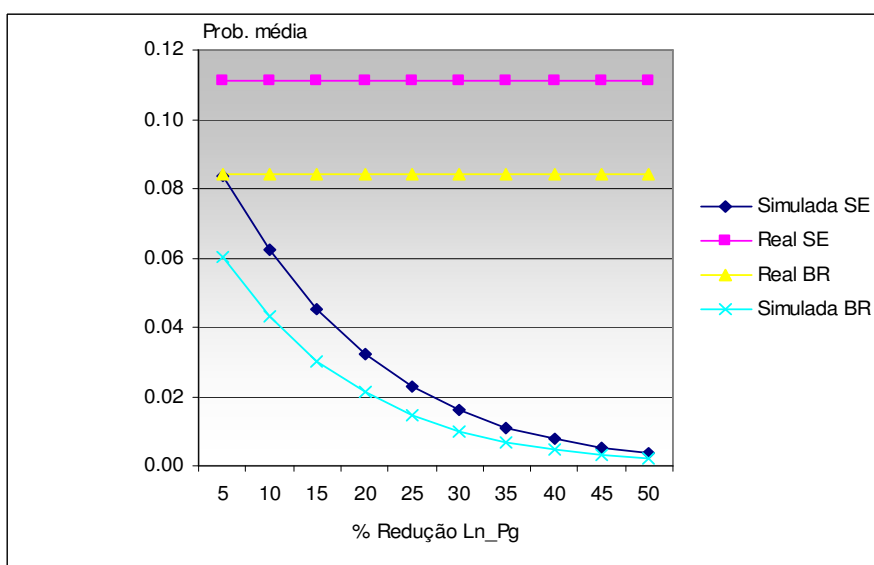


Figura 10. Alteração na probabilidade média de consumo do álcool combustível após diferentes reduções percentuais no preço médio da gasolina, para Brasil e região Sudeste.

Nota-se ainda que o alcance das reduções nas probabilidades simuladas estimadas é maior para modificações no preço da gasolina do que no preço do álcool, como examinado para Brasil. Assim, redução de 5% no preço da gasolina origina efeito cerca de 2,4 vezes maior na probabilidade de não consumo do álcool na região Sudeste do que semelhante aumento no preço do álcool. Estas diferenças apresentam taxas

decrecentes para a região Sudeste e Brasil. Entretanto, neste caso, a dimensão dos efeitos é levemente menor. A figura 11 exibe os efeitos das variações consideradas que geram redução da probabilidade de consumo do álcool, aumento do preço do álcool e redução do preço da gasolina, para Brasil e região Sudeste. De maneira distinta, tem-se, para Brasil, que reduções no preço da gasolina entre 5 e 25% implicam em reduções na probabilidade em cerca de duas vezes mais do que semelhantes percentuais de aumento no preço do álcool.

Observa-se que para situações em há aumento da probabilidade as dimensões das probabilidades simuladas sofrem mudanças mais expressivas segundo os intervalos de variação percentuais considerados. Assim, para aumentos no preço da gasolina, tem-se efeitos maiores no aumento da probabilidade para variações dos preços entre 5 e 30%, ou seja, taxas crescentes, e taxas decrescentes para alterações acima desse valor. No entanto, para reduções no preço do álcool nota-se que a probabilidade aumenta a taxas crescentes para os intervalos de variação analisados. Estas condições são observadas para os resultados encontrados para Brasil e região Sudeste. Além disso, tem-se, de modo geral, que para os intervalos de variações considerados aumentos no preço da gasolina implicam aumentos em torno de três vezes maiores na probabilidade de consumo do álcool em relação a reduções no preço do álcool (Figura 12).

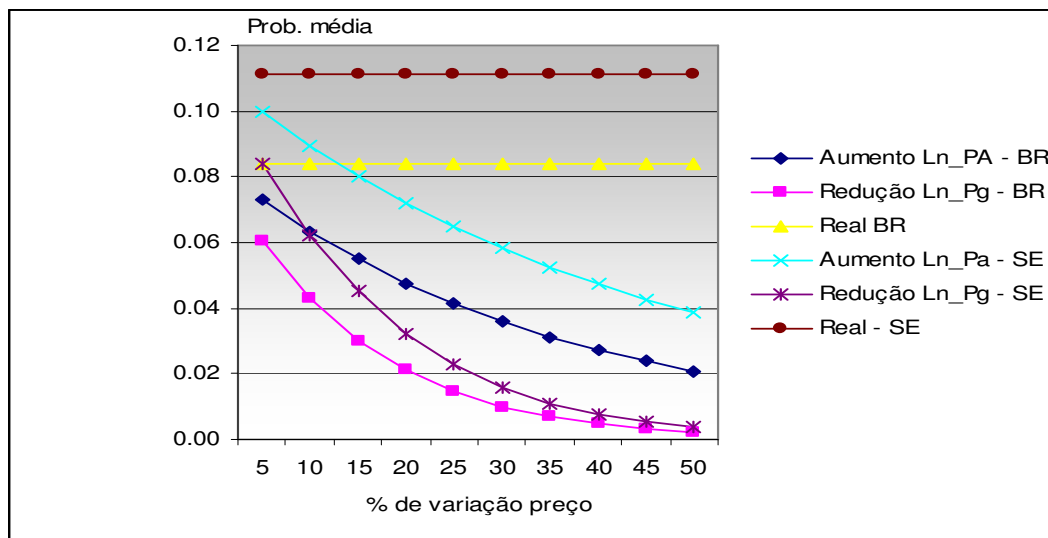


Figura 11. Alteração na probabilidade média de consumo do álcool combustível após diferentes reduções percentuais no preço médio da gasolina e aumentos no preço médio do álcool, para Brasil e região Sudeste.

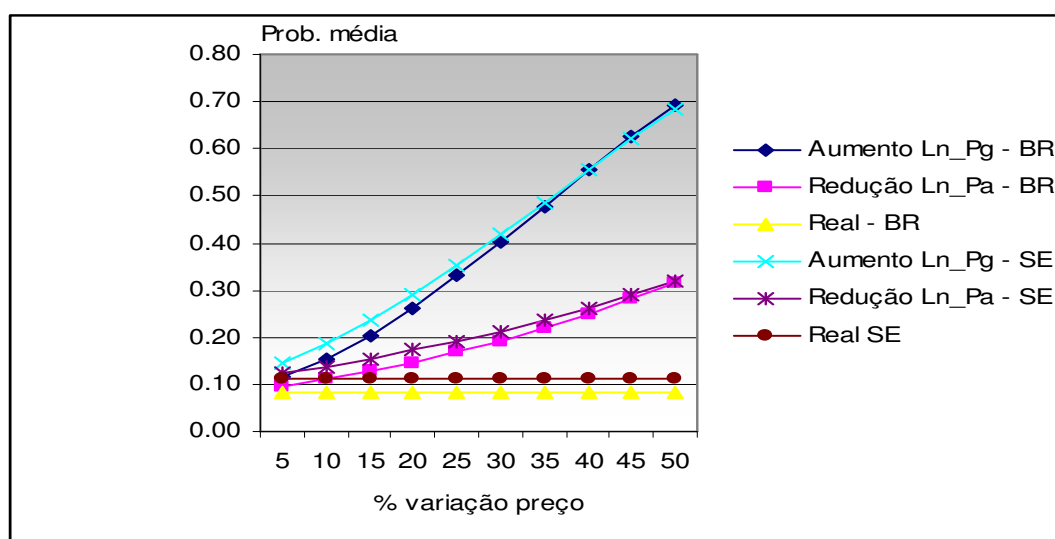


Figura 12. Alteração na probabilidade média de consumo do álcool combustível após diferentes aumentos percentuais no preço médio da gasolina e reduções no preço médio do álcool, para Brasil e região Sudeste.

Portanto, examinando o impacto das variações de maneira diferenciada segundo a variável modificada dentro de cada categoria considerada, ou seja, para Brasil e região Sudeste de maneira isolada, pode-se notar algumas distinções entre os efeitos esperados nas probabilidades estimadas. Os valores estimados mostram que as mudanças apresentam maiores alcances na região Sudeste. E, que variações do preço da gasolina causam maiores alterações nas probabilidades simuladas, tanto para aumento como para redução.

## 5.4 CASO ILUSTRATIVO

O banco de dados criado com as informações da POF (2002-2003) revela uma quantidade total consumida, para álcool e gasolina, de aproximadamente 14.523.050,00 litros, sendo cerca de 10,75% de álcool combustível e 89,25% de gasolina. A distribuição percentual das quantidades de gasolina para as cinco regiões brasileiras, em relação ao Brasil, não sofre significativas mudanças, em torno de 22%<sup>39</sup> (Tabela 32). No entanto, no caso do álcool combustível, essas distribuições manifestam diversificações entre as regiões. A região Sudeste e Centro-Oeste denotam maiores participações, em torno de 33% e 25%, respectivamente. A região Norte a menor, o que corresponde a cerca de 2,34%. As demais regiões indicam percentuais de participação semelhantes ao verificados para o caso da gasolina, em torno de 20%.

Examinado a frota de veículos, os dados indicam um total de 7.874 unidades que consomem um dos dois combustíveis de interesse. Dentre estes, cerca de 90% consomem gasolina e o restante álcool. Considerando as informações referentes a quantidade de combustível consumida e o número de veículos possuídos, pelos domicílios, estima-se o consumo médio anual por veículo, em litros. A tabela 8 apresenta esses valores para o Brasil e as cinco regiões brasileiras, de maneira distinta para gasolina e álcool combustível.

A figura 13 exhibe a evolução da frota de veículos entre os anos de 1990 e 2003 para Brasil e as cinco regiões brasileiras segundo o Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN). A tabela 33 denota essas informações para os anos de 1990, 1998 e 2003, e, ainda, apresenta a participação relativa de cada região no total estimado para Brasil. Observa-se que a região Norte é a que apresenta menores participações ao longo do tempo. Entretanto, é a que possui maior crescimento, entre os anos de 1998 e 2003 esse crescimento foi de cerca de 42,5%, e para o período compreendido entre 1990 e 2003, o crescimento foi de cerca de 226%, ou seja, em 2003 a frota de veículos dessa região era cerca de 2,27 vezes maior do que a de 1990. A região Sudeste é a que exhibe maior participação no total estimado para Brasil, em torno de 60%. Mas, de forma variada do caso anterior, é a que denota menor crescimento da frota. Entre 1990 e 2003 esse crescimento foi de cerca de 82%, e de cerca de 12% para o período compreendido entre os anos de 1998 e 2003. De modo breve, tem-se

---

<sup>39</sup> Exceto para a região Norte, que exhibe percentual de cerca de 11%

que ao longo do período, 1990 e 2003, a frota de veículos do Brasil dobrou, situação similar é verificada para a frota da região Sul. As regiões Nordeste e Centro-Oeste tiveram suas frotas aumentadas em torno de 1,5 vezes.

Tabela 32 - Quantidade total consumida de álcool combustível e gasolina, número total de veículos de acordo com o tipo de combustível consumido e consumo médio anual por veículo, em litros, para Brasil e regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul, segundo dados da POF (2002-2003).

	Quantidade Total (litros)				Número Total de veículos (unidades)		Consumo médio anual por veículo (litros)	
	Álcool	%	Gasolina	%	Álcool	Gasolina	Álcool	Gasolina
Norte	36.586,88	2.34	1.533.864,60	11.83	22	677	1.663.04	2.265.68
Nordeste	267.791,76	17.16	2.915.958,44	22.50	158	1608	1.694.88	1.813.41
Centro-Oeste	405.228,78	25.97	2.880.905,82	22.23	171	1584	2.369.76	1.818.75
Sudeste	517.431,46	33.16	2.851.550,02	22.00	242	1596	2.138.15	1.786.69
Sul	333.596,00	21.38	2.780.125,60	21.45	180	1636	1.853.31	1.699.34
Brasil	1.560.634,88	100	12.962.404,48	100	773	7101	2.018.93	1.825.43

Fonte: Dados da pesquisa.

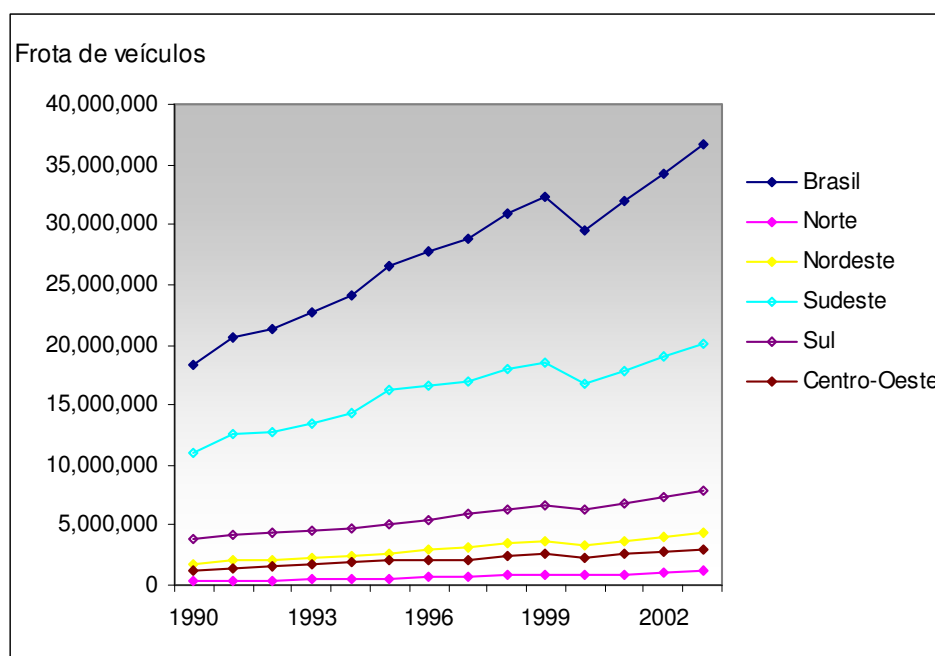


Figura 13. Evolução da frota de veículos, segundo as Grandes Regiões e Brasil.

Fonte: DENATRAN.

Tabela 33- Evolução da frota de veículos, segundo as Grandes Regiões e Brasil, e participação percentual das frotas regionais no total brasileiro para os anos de 1990, 1998 e 2003.

	Frota de veículos					
	1990	%	1998	%	2003	%
Norte	362.499	1.98	831.304	2.69	1.184.259	3.23
Nordeste	1.782.923	9.76	3.427.849	11.08	4.448.287	12.13
Centro-Oeste	1.229.527	6.73	2.360.797	7.63	3.013.952	8.22
Sudeste	10.979.245	60.10	17.996.061	58.17	20.083.423	54.79
Sul	3.913.051	21.42	6.323.455	20.44	7.928.580	21.63
Brasil	18.267.245	100	30.939.466	100	36.658.501	100.00

Fonte: Ministério das Cidades, Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) e Sistema Nacional de Estatística de Trânsito e Departamentos Estaduais de Trânsito (DETRAN)<sup>40</sup>.

A tabela 34 mostra a frota total de veículos estimada para o ano de 2003 pelo DENATRAN e a participação da frota de veículos relacionada à amostra deste estudo. Observa-se que em relação ao total de veículos estimados para Brasil, pelo DENATRAN, 36.658.501, o total de veículos a álcool da amostra corresponde a 0,0021% deste total, os a gasolina representam 0,0194%, e a participação do total da amostra sem a distinção do combustível corresponde a cerca de 0,0215 do total brasileiro. Informações semelhantes as anteriores de maneira diferenciada para as regiões podem ser observadas na tabela 34.

Tabela 34 – Frota total de veículos estimada pelo DENATRAN, frota total de veículos estimada de acordo com informações da POF (2002-2003), em unidades, e distribuição percentual da participação da frota da amostra em relação à frota total, Denatran, segundo dados relativos a Brasil e Grandes Regiões para o ano de 2003.

Áreas de análise	Frota total - Denatran	Frota total da amostra					
		Álcool	%	Gasolina	%	Total	%
Norte	1.184.259	22	0.0019	677	0.0572	699	0.0590
Nordeste	4.448.287	158	0.0036	1.608	0.0361	1.766	0.0397
Centro-Oeste	3.013.952	171	0.0057	1.584	0.0526	1.755	0.0582
Sudeste	20.083.423	242	0.0012	1.596	0.0079	1.838	0.0092
Sul	7.928.580	180	0.0023	1.636	0.0206	1.816	0.0229
Brasil	36.658.501	773	0.0021	7.101	0.0194	7.874	0.0215

Fonte: Ministério das Cidades, Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) e Sistema Nacional de Estatística de Trânsito e Departamentos Estaduais de Trânsito (DETRAN)<sup>41</sup>.

<sup>40</sup> <http://www.denatran.gov.br/frota.htm>

<sup>41</sup> <http://www.denatran.gov.br/frota.htm>

Considerando as informações apresentadas anteriormente a respeito do consumo médio de combustíveis, crescimento da frota, do número de domicílios brasileiros que têm posse de veículo<sup>42</sup> e os resultados estimados para as probabilidades reais e simuladas, a idéia é mostrar, de maneira simplificada, por meio de estimativas da demanda, e logo da emissão de carbono, de forma diferenciada para Brasil e região Sudeste, a aplicabilidade dos resultados desse estudo.

Assim, a seguir tem-se breve análise das estimativas encontradas para a demanda total de combustíveis, gasolina e álcool, em litros, e a emissão de carbono, em gramas por litro. Esses valores correspondem aos esperados para um período de cinco anos e impactos na probabilidade para variação nos preços de 5%. Duas alterações que implicam aumento da probabilidade de consumo do álcool e duas que originam redução dessa probabilidade foram analisadas, e comparadas com o caso real.

Deste modo, tem-se que, de modo geral, a demanda total e, conseqüentemente, a emissão de carbono, verificada para Brasil é cerca de 2,5 vezes maior que à da região Sudeste. Entretanto, analisando especificamente a diferença entre os efeitos na emissão devido às alterações na probabilidade, diferença entre os valores estimados para o caso real e os simulados, entre as duas regiões, nota-se algumas divergências. Neste sentido, a maior diferença entre as demandas, e emissão, entre Brasil e região Sudeste ocorre para a redução no preço do álcool. Neste caso, o consumo e emissão estimados para Brasil é cerca de 2,4 vezes maior que o encontrado para a região Sudeste, e o menor, 2 vezes, corresponde à redução no preço da gasolina.

Assim, observa-se que alterações no preço do álcool provocam maiores diferenças entre os efeitos das alterações analisadas, e, logo, entre os valores estimados esperados para Brasil e região Sudeste. Além disso, políticas que implicam mudanças no preço da gasolina tornam as estimativas de demanda e emissão das duas regiões mais próximas, Brasil maior cerca de duas vezes. Isto mostra que uma política de incentivo ao consumo do álcool que fosse feita por meio de mudanças no preço desse combustível provocaria maiores diferenças no impacto das mesmas entre as regiões, Brasil e Sudeste.

---

<sup>42</sup> Domicílios particulares permanentes e moradores em domicílios particulares permanentes por situação do domicílio e existência de serviços e bens duráveis (Existência de serviços e bens duráveis = Automóvel para uso particular). Brasil 14.655.658, região Sudeste 8.200.417 (Fonte: IBGE - Censo Demográfico 2000). <http://www.sidra.ibge.gov.br/cd/cd2000fd.asp?o=9&i=P>



Examinando a diferença entre as estimativas de emissão de carbono<sup>43</sup> esperadas para um comportamento futuro que exibisse a probabilidade real estimada de consumo atual e as probabilidades de consumo estimadas para alterações desse comportamento, via preço, tem-se que para as situações que implicam aumento da probabilidade de consumo do álcool combustível, ou seja, redução do preço desse combustível e aumento do preço da gasolina, reduções em torno de 11.317.443.751 gramas de carbono em cinco anos para o primeiro caso, 0,15%, e 27.466.257.605, 0,37%, para o segundo, o que corresponderia a cerca de 2.263.488.750 e 5.493.251.521 gramas por ano, respectivamente, para Brasil. Para a região Sudeste, redução do preço do álcool originaria redução de cerca de 955.157.843 gramas ano<sup>-1</sup>, e 2.519.134.177 gramas ano<sup>-1</sup> para semelhante percentual de aumento no preço da gasolina, o que corresponderia a reduções de 0,165 e 0,43% no nível de emissões para o período de cinco anos. Nota-se que alterações no preço da gasolina originam impactos em torno de 2,6 e 2,4 vezes maiores na redução de emissão para região Sudeste e Brasil, respectivamente.

Adicionalmente, tem-se os valores estimados para as situações que originam reduções da probabilidade de consumo do álcool e aumento da emissão de carbono. Deste modo, aumento do preço do álcool implica em aumentar o nível de emissão de carbono em cerca de 1.969.810.191 gramas ano<sup>-1</sup> para Brasil, e 8.55.592.817 gramas ano<sup>-1</sup> na região Sudeste. Isto implica em aumentar o nível de emissões em 0,13% para Brasil e 0,15% para a região Sudeste, num período de cinco anos. Para redução no preço da gasolina esse aumento está em torno de 4.168.858.996 e 2.039.403.931 gramas ano<sup>-1</sup> para Brasil e região Sudeste, respectivamente. E, aumentar o nível de emissões em 0,28%, Brasil, e 0,35%, Sudeste, para o período. Como previsto, mudanças no preço da gasolina provocam maiores alterações na demanda e emissão em relação a alterações no preço do álcool, no entanto, para o caso anterior, essa diferença é maior na região Sudeste, 2,4 vezes, do que para Brasil, 2,12 vezes.

---

<sup>43</sup> Gasolina C = 2.164 g/l e álcool = 1.377 g/l (Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 2005. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo foi analisar os fatores determinantes da escolha entre o consumo do álcool combustível e da gasolina nas regiões abrangidas pela POF (2002/2003), e verificar quais aspectos são relevantes para avaliar os efeitos de possíveis políticas energéticas para o setor de combustíveis sobre a decisão dos consumidores.

Os dados exibem baixa preferência pelo álcool no Brasil, abaixo de 10% do total da amostra. A distribuição percentual da escolha de cada região, em relação ao total de domicílios considerados na amostra para Brasil, mostra que a região Norte é a que possui menor participação na distribuição do percentual de frequência de consumo. Isto ocorre em relação à gasolina e ao álcool. Dentre as regiões, a Nordeste é a que possui maior participação no percentual de escolha em relação à gasolina, e a Sudeste em relação ao álcool.

O modelo ajustado indica que a probabilidade de consumo do álcool tende ser maior para domicílios com menores rendas, efeito marginal negativo da renda sobre a probabilidade de consumo do álcool. Isto evidencia o fato de a renda média dos domicílios que apresentam frequência de consumo do álcool ser menor que a dos domicílios que preferem consumir gasolina. E, ainda, que, para consumidores com maiores rendas, o combustível pode não ser um diferencial no momento da aquisição do automóvel, ou seja, essa característica não mostra relevância na preferência pelo tipo de combustível. Esses resultados confirmam os apresentados por RAMANATHAN (1999). Este autor mostra que a demanda por gasolina aumenta de forma significativa com o aumento da renda. Adicionalmente, os resultados alcançados por KAYSER (2000) indicam que alterações no preço do combustível causam maior impacto sobre o comportamento de indivíduos com menor nível de renda. ASSIS & LOPES (1980) apresentam o mercado brasileiro com baixa sensibilidade a variações na renda para o consumo de gasolina.

De acordo com o modelo, alterações no preço da gasolina e do álcool possuem grande relevância na probabilidade de consumo do álcool. A razão entre os efeitos marginais desses preços, com demais variáveis fixas, mostra um efeito marginal líquido negativo da probabilidade de escolha do álcool, ou taxa marginal de substituição, entre o preço do álcool e o da gasolina, negativa. O consumidor considera o preço do álcool menos oneroso do que o preço da gasolina.

É relevante observar que os resultados deste estudo apontam diferentes aspectos relacionados à preferência por álcool e gasolina, em relação aos de outros estudos, como no caso de DAHL & STERNER (1991), RAMANATHAN (1999) e RAMOS (1984). Esses autores verificaram que a elasticidade-preço é inelástica para o curto e longo prazo para a gasolina. Outros estudos exibem baixas estimativas para as elasticidades-preço da demanda por combustíveis, para a gasolina (KAYSER 2000), e para a gasolina e o óleo diesel (ASSIS & LOPES 1980). Contudo, esses autores fizeram uso de dados agregados e, além disso, não é possível comparar esses resultados com os obtidos por meio da estimativa de probabilidades de aquisição, ou da preferência.

Com respeito às variáveis que consideram o período de aquisição, observa-se que houve queda acentuada na participação dos veículos a álcool entre o período que compreende a década de 90 e os anos de 2000/2002, havendo um leve aumento dessa participação entre o período 2000/2002 e o ano de 2003. Dentre as três classes analisadas, os consumidores que pertencem à classe “ANO 2000” são os que promovem maior redução da probabilidade de consumo do álcool. Entretanto, apesar dessas características reduzirem a probabilidade, a relacionada ao ano de 2003 causa menor redução nessa probabilidade do que nos demais casos analisados. Isto pode estar refletindo a participação dos veículos *flex* no mercado, que teve início em 2003. Mas, os dados não permitem afirmar a real participação desses veículos na amostra.

Em relação às probabilidades reais estimadas, a região Sudeste apresenta efeitos superiores aos alcançados para Brasil, aproximadamente 1,3 vezes maior. Os resultados encontrados em relação a acréscimos no preço do álcool combustível mostram, de maneira similar à verificada para Brasil, maior sensibilidade da redução da probabilidade para acréscimos entre os intervalos de variação de 05 e 20%.

Observa-se que modificações que implicam redução no preço do álcool combustível geram efeitos positivos na probabilidade de consumo. Esses efeitos aumentam a taxas crescentes. Adicionalmente, tem-se que reduções próximas aos intervalos de variação de 5 e 20% produzem alterações semelhantes na probabilidade de consumo para Brasil e região Sudeste, sendo que a maior diferença verificada nos efeitos dessa simulação entre as duas regiões é a que considera redução de 5%.

Variações no preço da gasolina de forma a aumentar o preço desse combustível causam maior diferença entre a probabilidade real e a simulada, aumento, do que reduções no preço do álcool. Para a região Sudeste, o impacto na probabilidade em virtude de aumentos no preço da gasolina é cerca de três vezes

maiores do que os verificados em consequência de reduções no preço do álcool. Aumentos no preço da gasolina causam menores diferenças nos impactos estimados para as probabilidades de consumos entre Brasil e região Sudeste. Assim, tem-se que acréscimos em torno de 20% desse preço geram semelhantes aumentos da probabilidade para Brasil e região Sudeste, apresentando acima desse percentual brando aumento para as probabilidades estimadas para Brasil.

Os resultados encontrados para as simulações que consideram reduções no preço da gasolina para a região Sudeste mostram que em torno de 40% de aumento nesse preço a probabilidade estimada aproxima-se de zero. Para Brasil, essa condição corresponderia a valores próximos a 35% de redução no preço desse combustível. Entretanto, de maneira geral, nota-se que os efeitos dessas modificações são maiores na região Sudeste. De maneira distinta, tem-se, para Brasil, que reduções no preço da gasolina entre 5 e 25% implicam em reduções na probabilidade em cerca de duas vezes mais do que semelhantes percentuais de aumento no preço do álcool.

Os resultados indicam que para situações em que há aumento da probabilidade, as dimensões das probabilidades simuladas sofrem mudanças mais expressivas segundo os intervalos de variação percentuais considerados. Assim, para aumentos no preço da gasolina, tem-se efeitos maiores no aumento da probabilidade para variações dos preços entre 5 e 30%, ou seja, taxas crescentes, e taxas decrescentes para alterações acima desse valor. No entanto, para reduções no preço do álcool, nota-se que a probabilidade aumenta a taxas crescentes para todos os intervalos de variação analisados. Estas condições são observadas para os resultados encontrados para Brasil e região Sudeste. Além disso, tem-se que para os intervalos de variações considerados, aumentos no preço da gasolina implicam aumentos em torno de três vezes maiores na probabilidade de consumo do álcool em relação a reduções no preço do álcool. Portanto, os resultados mostram que as mudanças apresentam maiores alcances na região Sudeste e que variações do preço da gasolina causam maiores alterações nas probabilidades simuladas, tanto para aumento como para redução.

As estimativas encontradas para a demanda total de combustíveis, gasolina e álcool, em litros, e a emissão de carbono, em toneladas por litro, esperados para um período de cinco anos e impactos na probabilidade para variação nos preços de 5% mostram, de modo geral, que a demanda total e, conseqüentemente, a emissão de carbono verificada para Brasil é cerca de 2,5 vezes maior que a da região Sudeste. Entretanto, analisando especificamente a diferença entre os efeitos na emissão devido às alterações

na probabilidade, diferença entre os valores estimados para o caso real e os simulados, entre as duas regiões, nota-se algumas divergências. Neste sentido, a maior diferença entre as demandas, e emissão, entre Brasil e região Sudeste ocorre para a redução no preço do álcool. Neste caso, o consumo e emissão estimados para Brasil é cerca de 2,4 vezes maior que o encontrado para a região Sudeste, e o menor, 2 vezes, corresponde à redução no preço da gasolina.

Assim, observa-se que alterações no preço do álcool provocam maiores diferenças entre os efeitos das alterações analisadas, e, logo, entre os valores estimados esperados para Brasil e região Sudeste. Além disso, políticas que implicam mudanças no preço da gasolina tornam as estimativas de demanda e emissão das duas regiões mais próximas, Brasil maior cerca de duas vezes. Isto mostra que uma política de incentivo ao consumo do álcool que fosse feita por meio de mudanças no preço desse combustível provocaria maiores diferenças no impacto das mesmas entre Brasil e região Sudeste.

Examinando a diferença entre as estimativas de emissão de carbono esperadas para um comportamento futuro que exibisse a probabilidade real estimada de consumo atual e as probabilidades de consumo estimadas para alterações desse comportamento, via preço, tem-se que para as situações que implicam aumento da probabilidade de consumo do álcool combustível, ou seja, redução do preço desse combustível e aumento do preço da gasolina, reduções em torno 0,15% para o primeiro caso, e 0,37%, para o segundo, para Brasil. Para a região Sudeste, redução do preço do álcool originaria redução de cerca de 955,16 toneladas ano<sup>-1</sup>, e 2.519,13 toneladas ano<sup>-1</sup> para semelhante percentual de aumento no preço da gasolina, o que corresponderia a reduções de 0,165 e 0,43% no nível de emissões para o período de cinco anos. Nota-se que alterações no preço da gasolina originam impactos em torno de 2,6 e 2,4 vezes maiores na redução de emissão para região Sudeste e Brasil, respectivamente.

Adicionalmente, tem-se os valores estimados para as situações que originam reduções da probabilidade de consumo do álcool e aumento da emissão de carbono. Deste modo, aumento do preço do álcool implica em aumentar o nível de emissão de carbono em cerca de 1.969,81 toneladas ano<sup>-1</sup> para Brasil, e 855,60 toneladas ano<sup>-1</sup> na região Sudeste. Isto implica em aumentar o nível de emissões em 0,13% para Brasil e 0,15% para a região Sudeste, num período de cinco anos. Para redução no preço da gasolina esse aumento no nível de emissões será de cerca de 0,28%, para Brasil, e 0,35%, Sudeste. Como previsto, mudanças no preço da gasolina provocam maiores alterações na demanda e emissão, em relação a alterações no preço do álcool.

No entanto, para o caso anterior, essa diferença é maior na região Sudeste, 2,4 vezes, do que para Brasil, 2,12 vezes.

Esses resultados apresentam semelhança aos verificados por Train (1986). A conclusão geral dos resultados simulados, de acordo com as projeções feitas em relação às características dos veículos e dos preços dos combustíveis, é de que os veículos movidos à gasolina continuarão a dominar o mercado, mesmo com a introdução de veículos que consomem combustíveis alternativos. Os resultados do modelo base e os simulados mostram que programas políticos que promovam maior eficiência, autonomia, da gasolina possuem maior probabilidade de reduzir seu consumo do que no caso de programas que incentivem o consumo de combustíveis alternativos, como células de hidrogênio, biodiesel, álcool, gás natural e eletricidade.

Um dos combustíveis alternativos para o futuro é o hidrogênio, a ser utilizado em células a combustível. A tecnologia não é nova, mas a possibilidade de uso em veículos e a alteração das frotas urbanas representam grande inovação, possível somente nas próximas décadas e de forma gradativa. A emissão de poluentes na atmosfera é zero, pois o carro emite somente água. Mas, é uma tecnologia de alto custo, por ser produzida a partir de materiais caros e por ter ainda pequena escala de produção. O Brasil não produz células de hidrogênio. No entanto, o Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares (Ipen), em São Paulo, desenvolve pesquisas para fabricar a célula, que podem ser feitas utilizando-se a platina ou material cerâmico, por exemplo.

Como no caso do hidrogênio, os carros elétricos ou movidos a baterias ainda precisam de maior desenvolvimento tecnológico para atingirem uma condição de operacionalidade e competitividade econômica comparadas aos atuais. Atualmente, o biodiesel parece apresentar melhores vantagens em relação aos outros combustíveis alternativos, principalmente por sua aplicabilidade, pois pode ser implementado com maior facilidade, sem a necessidade de atualização tecnológica ou ajuste do motor que equipa o setor de transportes coletivos, cargas e insumos. Entretanto, apesar de o biodiesel não ser um combustível verde e sua tecnologia não ser de baixo custo, por meio dele pode-se desenvolver atividades agrícolas em regiões carentes do Brasil.

Há ainda pesquisas que analisam a utilização de óleos de fritura como fonte para produção de combustível alternativo ao diesel convencional. O óleo, depois de usado, é reciclado como biocombustível alternativo, que não apenas retira do meio ambiente um poluente, mas permite a geração de uma fonte alternativa de energia. A

produção de biocombustível, a partir de óleos vegetais, tem sido alvo de diversos estudos. Os principais óleos em teste são os derivados de macaúba, pinhão-manso, indaiá, buriti, pequi, linhaça, mamona, soja, babaçu, soja, cotieira, tinguí e pupunha.

O gás natural é menos poluente que o diesel de petróleo, mas suas reservas são finitas e sua utilização em motores do ciclo diesel exige adaptações que podem dificultar a implementação de um programa de utilização em larga escala. Além disso, é uma fonte não renovável e sua eficiência energética e emissões de gases nitrogenados não são irrelevantes.

Logo, hoje, a alternativa que apresenta-se mais viável é o motor "Flex Fuel", esta tecnologia pode beneficiar o consumo do álcool combustível. A tendência futura é que esses veículos tenham alta participação do total da produção da indústria automobilística brasileira. A experiência brasileira na produção de álcool e a infra-estrutura existente para toda a cadeia produtiva, os benefícios sociais, econômicos e ambientais de sua produção e consumo, faz com que ele seja a melhor opção hoje existente, não apenas no Brasil como em todo o mundo. Entretanto, há pontos negativos nessa opção, como os de saúde pública relacionados à sua produção.

Estudos indicam que na época das queimadas as concentrações de monóxido de carbono (CO) e ozônio (O<sub>3</sub>) são bem maiores, degradando a qualidade da atmosfera. A produção de partículas visíveis, conhecidas vulgarmente por carvãozinho ou fuligem, que além de causar incômodos a população contribuem para a piora da qualidade do ar.

Neste contexto, a reestruturação produtiva sucroalcooleira por meio da mecanização do corte da cana-de-açúcar tem sido justificada como uma medida de proteção ao meio ambiente, a população e aos trabalhadores. Análise das mudanças introduzidas na base técnica e no modo de divisão e de organização do trabalho, identificando as cargas laborais inerentes ao processo e a sua tradução em desgaste nos trabalhadores apontam que o uso das colhedoras mecânicas, por um lado, contribui para diminuir as cargas laborais do tipo físico, químico e mecânico, mas, por outro, acentua a presença daquelas do tipo psíquico e fisiológico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, M. A estrutura e o mecanismo de transmissão de um modelo macroeconômico para o Brasil (MEB). **Revista Brasileira de Economia**, v.37, n.4, out./dez. 1993.
- ASSIS, A.N.; LOPES, LBR. A ineficiência da política de preços para conter o consumo de derivados de petróleo. **Revista Brasileira de Economia**, v.34, n.3, p. 417-428, jul/set 1980.
- BARROS, R.P. de; FERREIRA, S.S. **Um modelo econométrico para a demanda de gasolina pelos automóveis de passeio**. Rio de Janeiro: IPEA, 1982. 193p. (Documento preliminar, 7)
- BAUMGARTEN Jr., A.L. Demanda de automóveis no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v.26, n.2, 1972.
- BEM-AKIVA, M.; LERMAN, S. **Discrete choice analysis: theory and application to travel demand**. Cambridge: MIT Press, 1987. 390p.
- BOYD, J.H.; MELLMAN, R.E. The effect of fuel economy standards in the U.S. auto market: an hedonic demand analysis. **Transportation Research-A**, v.14, n.4-5, p.367-378, 1980.
- BROWN, R.I. Um esquema para avaliar impactos de estratégias diversas para etanol, outras substituições e a racionalização na demanda de petróleo em 1985. **Ciência e Cultura**, v.32, n.8, p.1032-1040, ago. 1980.
- BUNCH, D.S.; BRADLEY, M.; GOLOB, T.; OCCHUIZZO, G. Demand for clean-fuel vehicles in California: a discrete-choice stated preference pilot project. **Transportation Research-A**, v.27, p.237-253, 1993.
- BUNCH, D.S.; GOLOB, T.F.; BROWNSTONE, D.; TOROUS,J.; BRADLEY , M.; CRANE, S.S. Comercial fleet demand for alternative-fuel vehicles in California. **Transportation Research-A**, v.31, p.219-233, 1995.
- BUNCH, S.D.; BROWNSTONE, D.; TRAIN, K. Joint mixed logit models of stated and revealed preferences for alternative-fuel vehicles, **Transportation Research b**, v.34, p.315-338, 1997.
- CALFEE, J.E. Estimating the demand for electric automobiles using disaggregated probabilistic choice analysis. **Transportation Research-B**, v.19, p.287-301, 1985.
- CARDELL, N.S.; DUNBAR, F.C. Measuring the societal impact of automobile downsizing. **Transportation Research-A**, v.14, p.423-434, 1980.
- CHERON, E.; ZINS, M. Electric vehicle purchasing intentions: the concern over battery charge duration. **Transportation Research-A**, v.31, p.235-243, 1997.
- CHOW, G. Statistical demand functions for automobiles and their use in forecasting. In: HARBERGER, A.C. (ed.) **The demand for durable goods**. Chicago: University of Chicago Press, 1960.
- COATES, M.V. Política de crédito ao consumidor e desempenho do setor industrial: uma análise da experiência brasileira, 1972-1981. Rio de Janeiro: PUC-RJ, 1985. Dissertação de Mestrado.
- DAHL, C.A. American energy consumption: extravagant or economical? A study of gasoline demand. **Resource and Energy**, v.1, n.4, p.359-373, dec. 1978.
- DAHL, C.A.; STERNER, T. Analysing gasoline demand elasticities: a survey. **Energy Economics**, v.13, n.3, p.203-310, jul. 1991.



EWING, G.; SARIGOLLU, E. A model of car fuel-type choice under travel demand management and economic incentives. **Transportation Research D**, v.3 , n.6, p.175-187, 1998.

FERREIRA, L.R.; MOTTA, R.S. Reavaliação econômica e novos ajustamentos do Proálcool. **Revista Brasileira de Economia**, v.41, n.1, p.117-133, jan./mar. 1986.

FONSECA, R. **Quality change in brazilian automobiles**. Rio de Janeiro: IPEA, mar. 1997. (Texto para Discussão, n.462)

GOLOB, T. F.; KITAMURA, R.; BRADLEY, M.; BUNCH, D. S. Predicting the market penetration of electric and cleanfuel vehicles. **The Science of The Total Environment**, V. 134, P.371-381, 1995.

GREENE, W. **Econometric analysis**. 3.ed. New Jersey: Prentice Hall, 1997.

HESS, A. A comparison of automobile demand equations. **Econometrica**, v.45, n.3, p.683-701, 1977.

HILL, D. Derived demand estimation with survey experiments: commercial electric vehicles. **The Review of Economics and Statistics**, v.69, p. 277-285, 1987.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa de orçamentos familiares 2002-2003**: primeiros resultados: Brasil e grandes regiões. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Índices de Preços, 2004a. 276p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa de orçamentos familiares 2002-2003**: microdados: Brasil e grandes regiões. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Índices de Preços, 2004b. 1 CD-ROM

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2001**: the scientific basis. HOUGHTON, J.T.; DING, Y.; GRIGGS, D.J.; NOGUER, M.; VAN DER LINDEN, P.J.; DAI, X.; MASKELL, K.; JOHNSON, C.A. (Ed.). Cambridge: Cambridge University Press, 2001 a. 881p.

KAYSER, H.A. Gasoline demand and car choice: estimate gasoline demand using household information. **Energy Economics**, v.22, n.3, p.331-348, Jan. 2000.

KURANI, K.; TURRENTINE, T.; SPERLING, D. Testing electric vehicle demand in 'hybrid households' using a reflexive survey. **Transportation Research-D**, v.1, p.131-150, 1996.

LAPA, T.M. Modelagem dinâmica para a previsão da demanda de automóveis no Brasil. Florianópolis/SC: UFSC, 1998. Dissertação de Mestrado.

LEVINSOHN, J. **Empirics of taxes on differentiated products: the case of tariffs in the U.S. automobile industry**. In: BALDWIN, Robert E. (ed.) Trade policy issues and empirical analysis. Chicago: University of Chicago Press, 1988.

MADDALA, G. **Limited dependent and qualitative variables in econometrics**. Cambridge: Cambridge University Press, 1983. 401p.

MAISTRO, M.C.M. Ajustes nos mercados de álcool e gasolina no processo de desregulamentação. Piracicaba, 2002. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo.

MCCARTHY, P.S. Market price and income elasticities of new vehicle demands. **The Review of Economics and Statistics**, Aug. 1996.

MEIRA FILHO, L.G. **Fórum brasileiro de mudanças climáticas. Artigos e palestras**. <http://www.forumclimabr.org.br/artigos.htm> (27 out. 2003).

- MILONE, P.C. **A demanda de automóveis no Brasil: 1961-1969**. São Paulo, IPE-USP, 1992.
- MORAES, M.A.F.D. **A desregulamentação do setor sucroalcooleiro do Brasil**. Americana: Caminho Editorial, 2000. 238p.
- MORAES, M.A.F.D. Usinas de Álcool e Açúcar: Novos Mercados e Fontes de Financiamento. **Preços Agrícolas**, p. 3-5, Novembro/Dezembro de 2000.
- MOREIRA, A.R.B. **Modelos para projeção do consumo nacional e regional de óleo diesel**. Rio de Janeiro: IPEA/INPES, 1996. 135p. (Texto para discussão, 443)
- MURTAUGH, M.; GLADWIN, H. A hierarchical decision-process model for forecasting automobile type-choice. **Transportation Research-A**, v.14, p.337-348, 1980.
- NAVARRO, L. Por que revitalizar o PROÁLCOOL? **JornalCana**, Ribeirão Preto, v.3, n.28, p.13, 1995.
- NESBIT, K.A.; KURANI, K.S.; DELUCHI, M.A. Home recharging and the household electric vehicle market: a constraints analysis. **Transportation Research**, v.1366, p.11-19, 1992.
- PELIN, E.R. **Avaliação econômica do álcool hidratado carburante no curto e médio prazos**. São Paulo: IPE/USP, 1985.
- RAMANATHAN, R. Short and long-run elasticities of gasoline demand in Índia: an empirical analysis using cointegration techniques. **Energy Economics**, v.21, n.1, p.321-330, Aug. 1999.
- RAMOS, L.R. Níveis de demanda e necessidade de importação de petróleo e derivados: uma análise prospectiva. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.14, n.3, p.689-722, dez. 1984.
- RASK, K.N. Clean air and renewable fuels: the market for fuel ethanol in US from 1984 to 1993. **Energy Economics**, v.20, n.1, p.325-345, June 1998.
- RECKER, W.W.; GOLOB, T.F. A behavioral travel demand model incorporating choice constraints. **Advances in Consumer Research**, v.3, p. 416-424, 1975.
- ROCHA FILHO, J.P. La alternativa energética brasilenã: costes e beneficios sociales Del alcohol como combustible. Barcelona, 1991. 444p. Tese (Doutorado) – Universidade de Barcelona.
- ROSS, M; DECICCO, J. Recent advances in automotive technology and the cost-effectiveness of fuel economy improvement. **Transportation Research D**, v.1, n.2, p.79-96, 1996.
- SANTOS, M.H.C. **Política e políticas de uma energia alternativa: o caso do proálcool**. Rio de Janeiro: Notrya, 1993. 352p.
- SORDI, J.C. Os efeitos dos custos de transporte na liberação dos preços: o caso do álcool hidratado no Brasil. Maringá, 1997. 159p. Dissertação (M.S) – Universidade Estadual de Maringá.
- SOTERO, A.; CARAZZI, E. De novo a polêmica do álcool. **Agroanalysis**, v.15, n.3, p.15, 1995.
- SOUSA, M.C.S. Evaluation économique du programme national de i' alcool (PNA) au Brésil: une analyse d'équilibre general. Bruxelles, 1984. 301p. Tese (Doutorado). Université Libre de Bruxelles.
- SOUZA, J.Z. de. Proálcool: viabilidade e perspectivas. Ribeirão Preto, 1997. 100p. Monografia (Graduação) – Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo.
- STORCHMANN, KARL. Long-run gasoline demand for passenger cars: the role of income distribution. **Energy Economics**, v.27, p. 25-58, 2005.

SUITS, D. The demand for new automobiles in the United States, 1929-1956. **Review of Economics and Statistics**, v.40, p.273-280, 1958.

SUITS, D. Exploring alternative formulations of automobile demand. **Review of Economics and Statistics**, v.43, p.66-69, 1961.

TOURINHO, O.A.F.; FERREIRA, L.R.; PIMENTEL, R.F. Agricultura e produção de energia: um modelo de programação linear para avaliação econômica do PROÁLCOOL. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v.17, n.1, p.19-64, 1987.

TRAIN, K. **Qualitative choice analysis**. Cambridge, MA.: The MIT Press, 1986.

TRAIN, K.; MACFADDEN, D. The goods/leisure tradeoff and disaggregate work trip mode choice models. **Transportation Research**, v.12, p.349-353, 1980.

VAN WISSEN, L.; GOLOB, T. A dynamic model of car fuel-type choice and mobility. **Transportation Research-B**, V. 26, P.77-96, 1992.

VIANNA, R.L.L. O comportamento da demanda de automóveis: um estudo econométrico. Rio de Janeiro: PUC-RJ, 1988.

VIEIRA, J.R. Reestruturação do Proálcool e continuidade da produção de álcool combustível no Brasil. Viçosa, 1999. 134p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa.

WINSTON, C.; MANNERING, F. Consumer demand for automobile safety. **American Economic Review**, v.74, n.2, p.316-319, 1983.

WISSEN, V.L.J.; GOLOB, T.F. A dynamic model of car fuel type choice and mobility. **Transportation Research**, v. 26B, p.77-96, 1992.