

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA
CURSO DE MESTRADO EM ECONOMIA**

FELIPE LACERDA DINIZ LEROY

**INDICADORES DE PREFERÊNCIA REVELADA E DECLARADA PELO USO
DO GNV EM JOÃO PESSOA/PB**

JOÃO PESSOA / PB

2008

FELIPE LACERDA DINIZ LEROY

**INDICADORES DE PREFERÊNCIA REVELADA E DECLARADA PELO USO
DO GNV EM JOÃO PESSOA/PB**

**Dissertação apresentada ao Curso de
Mestrado em Economia do Programa de
Pós-Graduação em Economia da
Universidade Federal da Paraíba
(UFPB), como requisito final para
obtenção do grau de Mestre em
Economia. Área de Concentração:
Economia de Empresas**

ORIENTADOR: PROFº. DR. LUCIANO MENEZES BEZERRA SAMPAIO

CO-ORIENTADOR: PROFº. DR. IGNÁCIO TAVARES DE A. JÚNIOR

JOÃO PESSOA / PB

2008

L619i	Leroy, Felipe Lacerda Diniz. Indicadores de preferência revelada e declarada pelo uso do GNV em João Pessoa/PB /Felipe Lacerda Diniz Leroy. – João Pessoa, 2008. 81p. : il Orientador: Dr. Luciano Menezes Bezerra Sampaio Co-orientador: Dr. Ignácio Tavares de Araújo Júnior Dissertação (mestrado) – UFPB/CCSA. 1. Pesquisa Econômica 2. Modelos de escolha direta 4. Modelo Logit Binomial
UFPB/BC	CDU : 338.984(043)

FELIPE LACERDA DINIZ LEROY

**INDICADORES DE PREFERÊNCIA REVELADA E DECLARADA PELO USO
DO GNV EM JOÃO PESSOA/PB**

Dissertação de mestrado submetida ao Curso de Mestrado em Economia do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal da Paraíba como requisito final para obtenção do grau de Mestre em Economia, tendo como área de concentração Economia de Empresas.

Dissertação aprovada em ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luciano Menezes Bezerra Sampaio
CCSA - UFPB
Orientador

Prof. Dr. Sinézio Fernandes Maia
CCSA – UFPB
Examinador Interno

Prof. Dr. Erik Alencar de Figueirêdo
CCSA - UFRN
Examinador Externo

A Providência Divina,
A minha mãe Maria Nazaré,
Aos meus irmãos Ronaldo, Fernanda e Laryssa,
À minha noiva, Danielle,
A toda minha família.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas dádivas divinas e pela inspiração, pois, sem ele nada somos.

À minha mãe que sempre acreditou na minha capacidade intelectual, e que durante os momentos difíceis não desanimou, dando o melhor de si para a educação dos filhos.

A minha querida avó “Haidêe” que independentemente dos problemas enfrentados nunca mediu esforços e sempre contribui ao longo desta caminhada.

Ao Doutor Carlos Feitosa e Doutora Jocely Feitosa, pela confiança, incentivo e auxílio em minha formação intelectual e pessoal, não medindo esforços para a realização deste trabalho.

A minha noiva e futura esposa Danielle Dias Feitosa, pelo companheirismo e amor incondicional, sempre otimista. E acima de tudo “Deus”, o seu e o nosso porto seguro.

Pela simpatia, eficiência e amabilidade agradeço a Secretaria do curso Terezinha Polari. Aproveito para transmitir todo o meu carinho aos demais funcionários da Universidade Federal da Paraíba com os quais tive o prazer de conviver. Foram e são indispensáveis ao meu bem viver.

Ao amigo e professor Dr. Luciano Menezes Bezerra Sampaio, mestre dentro e fora da sala de aula, pelo excelente trabalho de orientação, por sua ajuda e incentivo em todas as fases deste trabalho e, sobretudo, pela confiança em mim depositada.

Ao professor Dr. Ignácio Tavares de Araújo Júnior, pelas sugestões, que foram imprescindíveis para a conclusão deste.

Aos professores Dr. Sinézio Fernandes Maia e Dr. Guilherme de Albuquerque Cavalcanti, pelos comentários e sugestões que contribuíram para o aprimoramento deste trabalho.

A todos os professores do mestrado que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta dissertação.

Pelo financiamento indispensável, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

Agradeço aos meus colegas, com os quais mantive relação de sinceridade e harmonia. Alguns foram especiais, e com estes, não faltarão oportunidades para retribuições.

A Companhia Distribuidora de Gás da Paraíba pelo fornecimento dos dados necessários.

As pessoas que por falha humana não me recordo, mas que foram imprescindíveis para a realização deste trabalho.

Há homens que lutam um dia e são bons. Há outros que lutam um ano e são melhores. Há os que lutam muitos anos e são muito bons. Porém, há os que lutam toda a vida. “Esses são os imprescindíveis.”

Bertolt Brecht.

RESUMO

Os modelos de escolha discreta tem sido amplamente utilizados para modelar o comportamento dos consumidores em diversos mercados. Estes modelos tem sido aplicados na maioria dos trabalhos empíricos que retratam a realidade de mercados de produtos e serviços. O presente trabalho aplica uma metodologia baseada em modelos de escolha discreta com insumos de dados de preferência revelada (PR) e preferência declarada (PD) para analisar as preferências dos usuários de combustíveis da cidade de João Pessoa/PB, com enfoque no gás natural veicular (GNV). A metodologia aplicada possibilitou a obtenção dos dados para estimação das funções de utilidade de preferência revelada e declarada. Os resultados encontrados foram satisfatórios, onde alguns atributos como: segurança do kit de GNV e disponibilidade de postos tiveram um maior peso sobre a decisão do indivíduo na escolha de um veículo dada a possibilidade de utilização do GNV. As elasticidades de substituição assumidas, possibilitaram a mensuração da sensibilidade do usuário de GNV a uma dada variação nos preços dos combustíveis substitutos.

Palavras-Chave: Preferência revelada, preferência declarada, gás natural veicular, modelos de escolha discreta, modelos Logit Binomial.

ABSTRACT

The models of discrete choice has been widely used to model the behavior of consumers in various markets. These models have been applied in most of the empirical work that portray the reality of markets for products and services. This paper applies a methodology based on models of discrete choice with inputs of data on revealed preference (PR) and declared preference (PD) to examine the preferences of the users of fuel from the city of Joao Pessoa /PB, with a focus on natural gas vehicular (NGV). The methodology applied has to obtain the data for estimation of the functions of the utility preference revealed and declared. The results were satisfactory, where some attributes as: security of kit of NGV and the availability of filling station have had a greater weight on the decision of the individual in choosing a vehicle give possibility of use the NGV. The elasticities of substitution assumed, allowed for the measurement of the sensitivity of the user of NGV to a given variation in the prices of fuel substitutes.

Keywords: Preference revealed, preference declared, natural gas vehicular (NGV), models of discrete choice, models Logit Binomial.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Redução de emissões com o uso do GNV em relação ao óleo diesel.....	18
Tabela 2 Redução de emissões com o uso do GNV em relação à gasolina e álcool	18
Tabela 3 Estimativa dos custos médios diretos de utilização da gasolina, do álcool e do GNV para três capitais brasileiras, em março de 2007.....	19
Tabela 4 Tempo de retorno do investimento (Payback) da conversão do veículo e uso do GNV	20
Tabela 5 Principais mercados de GNV no mundo, em julho de 2003.....	23
Tabela 6 Evolução da frota à GNV no Brasil, 1993-2005.....	24
Tabela 7 Participação dos Estados na frota nacional.....	25
Tabela 8 Número de veículos inspecionados na cidade de João Pessoa/PB	27
Tabela 9 Evolução da frota de veículos movidos a GNV.....	28
Tabela 10 Comparação entre os dados de preferência revelada e de preferência declarada.....	40
Tabela 11 Frequência dos tipos de veículos da amostra dos dados de preferência revelada.....	52
Tabela 12 Opinião com respeito ao quesito segurança dos veículos a GNV	52
Tabela 13 Nível de escolaridade dos entrevistados	53
Tabela 14 Frequência dos postos de combustíveis preferidos pelos entrevistados	53
Tabela 15 Resultados das estimações dos modelos com dados de PR.....	57
Tabela 16 Resultados das estimações dos modelos com dados de PD.....	59
Tabela 17 Estimativas dos dados de preferência revelada	61
Tabela 18 Estimativas das frações de renda gastas com gasolina e GNV.....	61
Tabela 19 Variações sobre as frações de renda após elevação no preço da gasolina	62

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 1 Cadeia de distribuição do gás natural na Paraíba.....	26
Figura 2 Gasoduto Nordesteão	26
Figura 3 Estrutura de margens na cadeia de distribuição do GNV	29
Figura 4 Modelo das cinco etapas do processo de compra do consumidor.....	31
Figura 5 Renda média do grupo familiar dos entrevistados	54
Gráfico 1 Evolução do número de inspeções realizadas pelos organismos de inspeção veicular	28

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AFPR	Axioma fraco da preferência revelada
ANP	Associação nacional do petróleo
BEN	Balanço energético nacional
BNDES	Banco nacional de desenvolvimento econômico e social
CONAMA	Conselho nacional do meio ambiente
CNE	Comissão nacional de energia
CTB	Código de trânsito brasileiro
CTGÁS	Centro de tecnologia do gás
CTN	Conselho de trânsito nacional
CC	Custo com combustível
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Gás carbônico
DETRAN	Departamento de trânsito
DE	Desempenho específico
DP	Disponibilidade de postos
EB	Espaço no bagageiro ou carroceria
ENARGAS	Ente nacional regulador del gás
ENGVA	European natural vehicle association
ERPM	Estação de redução de pressão e medição
ETEVEPA	Empresa de tecnologia veicular da Paraíba
GL	Graus de liberdade
GN	Gás natural
GNV	Gás natural veicular
HC	Hidrocarboneto
IEO	International energy outlook
IPVA	Impostos sobre propriedade de veículos automotores
MEC	Ministério da educação
MMC	Milhões de metros cúbicos
MNL	Modelo Logit Multinomial
MP	Material particulado
NO _x	Óxido de nitrogênio

OI	Organismo de inspeção
OIVE	Organismos de inspeção veicular
OIVES	Organismo de inspeção veicular do Senai
PC	Preço do combustível
PROCONVE	Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores
PD	Preferência declarada
PLANGAS	Plano nacional de gás natural
PMU	Preço médio unitário
PR	Preferência revelada
SG	Segurança
TPC	Trilhões de pés cúbicos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. <i>Justificativa.....</i>	15
1.2. <i>Objetivos.....</i>	16
2. ASPECTOS RELEVANTES DO GNV	17
2.1. <i>Vantagens ecológicas</i>	17
2.2. <i>Vantagens financeiras.</i>	19
2.3 <i>O uso do GNV no mundo</i>	21
2.4 <i>O uso do GNV no Brasil.....</i>	23
2.5 <i>Mercado de GNV em João Pessoa/PB</i>	25
3. TEORIA COMPORTAMENTAL DO CONSUMIDOR.....	30
3.1. <i>Determinando as preferências dos consumidores.....</i>	32
3.2. <i>Preferência revelada e declarada</i>	36
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	42
4.1 <i>Modelos de escolha binária.....</i>	42
4.2 <i>Estimação e inferência em modelos de escolha binária.....</i>	46
4.3 <i>Pesquisa de campo</i>	50
4.4 <i>Caracterização da amostra</i>	51
4.5 <i>Funções de utilidade.....</i>	54
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
5.1 <i>Modelos com dados de preferência revelada</i>	57
5.2 <i>Modelos com dados de preferência declarada.....</i>	58
5.3 <i>Estática comparativa.....</i>	60

6. CONCLUSÕES.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXOS	71

1 Introdução

O gás natural (GN) ingressou como atividade econômica no cenário mundial no início do século XX, desenvolvendo-se de forma irregular nas diversas regiões do planeta. A construção de extensos gasodutos na Europa e na América do Norte e, sobretudo, as altas do petróleo no mercado internacional realçaram as vantagens econômicas e ecológicas deste energético (SILVA, 2003).

No Brasil até os anos 1990, o mercado de GN concentrava-se principalmente nos Estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Bahia. Além de não serem representativas, as reservas eram pouco exploradas e geralmente estavam concentradas em alto mar, com o acúmulo de gás associado à produção de petróleo, ou seja, era mais para complementar e auxiliar a produção deste do que para suprir o mercado (SILVA, 2003).

Com a crescente demanda pelo energético, o mercado de GN passou por grandes mudanças e seu consumo saltou da ordem de 4,21 bilhões de metros cúbicos em 1991, para cerca de 15,12 bilhões de metros cúbicos, em 2002, com crescimento de aproximadamente 359% no período (BEN, 2003).

Grande parte da demanda por GN vem do segmento de gás natural veicular (GNV). O uso de GNV em veículos apresentou notável expansão nos últimos anos. Segundo dados do Bndes Setorial (2006), as conversões de veículos leves para uso do gás natural chegaram a 224.337 em 2005, o que fez a frota nacional de veículos leves movidos a gás natural alcançar a cifra de um milhão, isto é, cerca de 5,3% da frota brasileira de veículos leves, em 2005, contra 0,88%, em 2000.

O aumento da quantidade demandada de GNV esteve ligado ao seu preço competitivo, em relação aos seus substitutos (considerando os respectivos rendimentos em km/litro). A vantagem financeira foi conseguida com apoio do governo que desenvolveu políticas de incentivo, promovendo a redução do imposto sobre propriedade de veículos automotores (IPVA) para carros convertidos em alguns Estados, como por exemplo, reduções de 25% em São Paulo e 75% no Rio de Janeiro.

O comportamento básico de escolha dos bens pelos consumidores é tratado em livros microeconômicos como Mas-Colell et al (1995). Além do preço do bem, a teoria prevê que variáveis como renda e preço dos bens substitutos podem influenciar nas preferências dos consumidores por determinado bem ou serviço. O consumidor, dada sua restrição orçamentária, procura alocar sua renda na aquisição de produtos e serviços que lhe proporcione o maior nível de satisfação possível.

As preferências dos consumidores por qual combustível utilizar em seus veículos podem ser função do preço do combustível em questão, da renda do indivíduo e do preço dos seus substitutos, além de outras variáveis específicas, as quais, no caso do GNV, incluem segurança, custo de instalação do kit, espaço perdido no bagageiro com a colocação do cilindro, etc.

O objetivo deste estudo é obter informações a respeito do comportamento dos usuários quanto à escolha do combustível a ser utilizado em seus veículos na cidade de João Pessoa/PB, identificando as principais variáveis que influenciam a demanda por gás natural veicular e seus substitutos, procurando responder a seguinte questão:

O que influencia a escolha de gás natural veicular pelos consumidores da cidade de João Pessoa/PB?

1.1 Justificativa

O Estado da Paraíba possui aproximadamente 17.000 veículos convertidos para GNV, representando 5% do total da frota de veículos leves do Estado, segundo dados do Detran-PB (2006). Ainda, segundo a PB-GÁS (2007), o consumo médio de GNV é de aproximadamente 116 mil metros cúbicos/dia, 36% do consumo total de GN no Estado.

Não foram encontrados estudos para o mercado de combustíveis do Estado da Paraíba, além de existirem poucos trabalhos na literatura nacional e internacional que analisaram o comportamento dos consumidores na realização de escolha de um veículo, dadas às possibilidades de opção de vários combustíveis. Brandão Filho (2005) estudou o comportamento dos consumidores da cidade de Caucaia/CE e identificou as principais variáveis que influenciam o mesmo na conversão de seu veículo para GNV. Na literatura internacional, Brownstone, Bunch e Train (1999) identificaram os atributos relevantes para os consumidores de uma cidade da Califórnia na escolha de um veículo com possibilidade de uso de um combustível alternativo.

Seguindo a metodologia destas referências, esta dissertação procura contribuir para um melhor entendimento do mercado e do comportamento dos consumidores de combustíveis da cidade de João Pessoa/PB.

1.2 Objetivos

O objetivo geral é identificar os principais atributos que influenciam a escolha dos consumidores de João Pessoa/PB pelo combustível a ser utilizado em seus veículos.

Os objetivos específicos são:

- Descrever brevemente o mercado de GNV na cidade de João Pessoa/PB;
- Caracterizar os usuários de GNV de João Pessoa/PB;
- Identificar as variáveis que influenciam nas preferências dos consumidores pelo GNV.

2 Aspectos Relevantes do GNV

2.1 Vantagens Ecológicas

De acordo com informações do European Natural Vehicle Association (ENGVA) o GNV é um combustível gasoso cujas propriedades químicas se adaptam bem à substituição dos combustíveis tradicionais para motores que funcionam através da ignição por centelhamento, sejam motores de quatro tempos (Otto) ou motores de dois tempos.

Segundo Moraes (2003), o gás natural é muito menos poluente que o óleo combustível ou qualquer outro combustível fóssil. Trata-se de um combustível mais limpo e ecologicamente correto. A queima do gás natural emite uma quantidade menor de material particulado, pouquíssimo dióxido de enxofre (SO_2) e menos Monóxido de Carbono (CO), hidrocarbonetos e óxido de nitrogênio.

Segundo dados da Cetesb (2005), os veículos pesados movidos a gás natural emitem 38% de Monóxido de Carbono (CO) e 13% de Hidrocarboneto (HC) do total das emissões de veículos movidos a diesel. A emissão de Material Particulado (MP), dióxido de enxofre (SO_2) e dióxido de nitrogênio (NO_x) são consideradas desprezíveis pelos veículos movidos a gás, enquanto que para os veículos movidos a gasolina e álcool as emissões já são mais elevadas.

Neste contexto, Knight e Young (2006) citam três categorias nas quais as externalidades negativas da poluição resultam da combustão do diesel:

- Efeitos nocivos à saúde humana: a exposição ao material particulado, em níveis elevados, causa mortes prematuras e doenças do aparelho respiratório;
- Efeitos nocivos locais, como redução da visibilidade, “Smog” (quando os hidrocarbonetos reagem com o dióxido de nitrogênio em presença de radiação solar), chuva ácida (derivada da emissão de óxido de enxofre e de nitrogênio que se transformam na atmosfera em ácidos sulfúrico e nítrico, sulfatos e nitratos); e
- Efeitos ambientais globais, como alterações do clima, quando o nível de emissão de Gás Carbônico (CO_2) é elevado.

Com a utilização do GNV, os níveis atingidos de poluição tendem a cair acentuadamente. A tabela 1 apresenta as reduções nas emissões de alguns poluentes na utilização do GNV, por veículos usados relativas ao óleo diesel (BEER, et al., 2001).

Tabela 1 Redução de emissões com o uso do GNV em relação ao óleo diesel

POLUENTE	ÓLEO DIESEL
Monóxido de Carbono (CO)	55,6%
Dióxido de Nitrogênio (NO_x)	56,2%
Dióxido de Azoto (NO_2)	93,3%
Material Particulado (MP)	90,2%

Fonte: BEER et al (2001).

As reduções variam de 55,6% a 93,3%. Beer et al (2001) realizaram um estudo comparativo entre emissões de veículos pesados movidos a diesel e a GNV na Austrália, chegando a resultados que evidenciam uma redução de cerca de 10% de emissão de CO_2 dos veículos a GNV em comparação aos movidos a diesel.

Observa-se na tabela 2 que as reduções nas emissões de poluentes com o uso do GNV relativas à gasolina e álcool variam de 11,20% a 91,70%.

Tabela 2 Redução de emissões com o uso do GNV em relação à gasolina e álcool

POLUENTE	REDUÇÃO	
	GASOLINA	ÁLCOOL
Monóxido de Carbono (CO)	91,70%	11,20%
Hidrocarboneto (HC)	56,50%	59,30%

Fonte: CETESB (2004) e CTGÁS (2004).

Obviamente, uma análise comparativa de fontes distintas pode gerar distorções nos resultados. No entanto, os valores apresentados na tabela 1 e 2 apontam à mesma direção do que é encontrado na literatura nacional e internacional. Knight (2006) apresenta em seu trabalho resultados semelhantes a estes da tabela 2.

No Brasil, a preocupação com a contaminação atmosférica por fontes móveis (veículos automotores), levou o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) a criar um Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), cujo objetivo principal é reduzir os níveis de emissões de poluentes por veículos automotores e incentivar as pessoas para uma maior utilização de combustíveis ecologicamente corretos, o que consequentemente estimulou o consumo de gás natural veicular.

2.2 Vantagens Financeiras

Um dos aspectos mais atraentes percebidos pelos usuários é a economia gerada pelo uso do GNV em relação aos combustíveis substitutos. A tabela 3 apresenta os valores de custos médios por quilômetro dos três combustíveis em três capitais brasileiras. Para tanto, foram considerados os desempenhos médios e os preços médios de cada combustível segundo dados da ANP.

Tabela 3 Estimativa dos custos médios diretos de utilização da gasolina, do álcool e do GNV para três capitais brasileiras, em março de 2007

Combustível	Desempenho Médio	João Pessoa		Salvador		Belo Horizonte	
		PMU*	Custo Médio	PMU	Custo Médio	PMU	Custo Médio
Gasolina	10 Km/L	2,73	0,273	2,67	0,267	2,47	0,247
Álcool	08 Km/L	1,7	0,213	1,68	0,210	1,74	0,218
GNV	12Km / m ³	1,45	0,121	1,36	0,113	1,50	0,125

Fonte: ANP (2007).

* PMU → Preço médio unitário.

Observa-se um custo médio menor por quilômetro percorrido para veículos movidos a gás natural veicular. Em João Pessoa têm-se uma redução de 88,5% no custo médio direto na conversão de um veículo à gasolina para GNV, e 17% para veículos a álcool convertidos nesta mesma capital. Em Belo Horizonte estas reduções percentuais são menores chegando a 65% para veículos a gasolina e 16% para veículos movidos a álcool, quando convertidos.

Outro aspecto não considerado na análise acima que atrai os usuários a utilizarem o GNV em seus veículos é a redução nos custos com manutenção e lubrificação. Segundo Santos (2002), os custos de manutenção podem ser reduzidos em até 40%, para veículos movidos a GNV.

Contudo, o cálculo da viabilidade deve incluir o custo de conversão do veículo, ou seja, a instalação do kit gás que permite o uso do GNV alternativamente ao do combustível convencional (álcool ou gasolina).

Como exemplo, considere um cenário para a cidade de João Pessoa, na qual o preço médio da gasolina, do álcool e do GNV era de R\$ 2,73, R\$ 1,70 e R\$ 1,45, em março de 2007, conforme valores da tabela 2.3 e assumindo que o preço médio do kit,

com um cilindro convencional de 16 m^3 era de R\$ 3.000,00¹. Foram considerados os consumos médios de cada combustível, obtido no CTGÁS, apresentados na tabela 3, e então calculados o tempo de retorno (payback) do investimento para conversão e uso do GNV em relação à gasolina e ao álcool.

Tabela 4 Tempo de retorno do investimento (PAYBACK) da conversão do veículo e uso do GNV

Distância Mensal Percorrida	Tempo de Retorno do Investimento (Payback)			
	Em relação à Gasolina		Em relação ao álcool	
KM	meses	anos	meses	anos
1.000	19	1,58	46	3,83
2.000	10	0,83	23	1,92
3.000	6	0,5	15	1,25
4.000	5	0,41	12	01
5.000	4	0,33	9	0,75
6.000	3	0,25	8	0,66
7.000	3	0,25	7	0,58
8.000	2	0,17	6	0,5

Fonte: Elaboração Própria

Destaca-se que não foram considerados os custos com manutenção, troca de óleo, suspensão, freios, pneus e peças de motor em geral, até mesmo pela dificuldade de mensuração, pois, estes custos variam de veículo para veículo.

Para veículos à gasolina, que percorrem acima de 1.000 Km/Mês, a conversão para GNV mostrou-se economicamente viável, tendo os veículos que percorrem mais de 2.000 quilômetros por mês um payback inferior a um ano.

Para os veículos movidos a álcool, o tempo de retorno do investimento é inferior a um ano apenas quando se percorre acima de 4.000 Km/mês. Embora o tempo de retorno do investimento seja superior para veículos a gasolina do que a álcool, estes últimos não apresentam mudanças notáveis de desempenho, fato que influencia a decisão dos proprietários de veículos a álcool a converterem os mesmos para possibilitarem a utilização de GNV.

¹ O Preço médio foi obtido após pesquisa realizada em 10 oficinas especializadas na cidade de João Pessoa/PB, e corresponde ao preço de conversão com cilindro de capacidade para 16m^3 .

2.3 O Uso do GNV no Mundo

O mercado de gás natural no mundo continua em expansão, mas, alguns países que não são auto-suficientes na produção do energético estão enfrentando problemas de oferta de GN, havendo necessidade de importação de outros países que possuem uma produção excedente como, por exemplo, a Bolívia.

No caso do Brasil, apesar desta instabilidade, o mercado de GN continua em expansão, com comercialização média segundo o relatório anual da Petrobrás (2006) em torno de 38,7 milhões de metros cúbicos/dia às distribuidoras, 7% a mais que no ano anterior.

Para atendimento da demanda, em reforço à produção nacional, a Petrobrás importou, em média, 24,7 milhões de m^3 / dia do produto, representando um acréscimo de 9% sobre o volume de 2005 (BEN, 2006).

Em outros países europeus, o combustível só começou a ter uma maior penetração no mercado após a criação, em 1994, da “European Natural Gas Vehicle Association-ENGVA” que possibilitou o início do processo de regulação e difusão do uso de GNV na Comunidade Européia. Nos Estados Unidos, a utilização do combustível iniciou-se em 1969. Atualmente o país conta com uma frota de 120 mil veículos, um número relativamente pequeno, quando comparado a países pequenos, com frotas de automóveis menores, como a Itália e Argentina.

Destaca-se a experiência argentina, onde o gás natural está ganhando cada vez mais espaço na matriz energética. Segundo Tujeehut (2006), a indústria de gás natural contou em 2004 com 610 bilhões de metros cúbicos de reservas provadas, uma rede de infra-estrutura de gasodutos de transporte de 12.800 Km e 110.000 Km de gasodutos de distribuição. Isto juntamente com a elevada demanda levou a indústria de gás a ser a mais desenvolvida da América do Sul.

A produção de gás atingiu 44,9 bilhões de metros cúbicos em 2004, 9,4% maior em relação ao ano anterior, enquanto o consumo foi 9,5% maior do que em 2003, representando 37,9 bilhões de metros cúbicos (BP STATISTICS, 2004).

Segundo Gwillian (2000), a Argentina possui fontes abundantes de gás natural no seu subsolo, das quais atendem a 50% da demanda por energia primária, além de possuir uma das maiores infra-estruturas do mundo no setor de gás natural, com um total de 1.105 postos de abastecimento no ano de 2004.

A reestruturação da indústria de gás da Argentina foi iniciada em 1992 quando foi criada a entidade reguladora – Ente Nacional Regulador Del Gás (ENARGAS), autarquia que faz parte do Ministério de Economia, visando o melhoramento da qualidade do serviço, aumentando os índices de segurança, além de elaborar um quadro tarifário baseado em um sistema de “price-cap”², enquanto o preço do produtor é negociado livremente. (SCHWYTER, 2001).

As tarifas são divididas da seguinte forma: residencial para serviços em geral, venda interruptível, grande consumidor, automotivo. Cada classe de consumo tem um preço de m^3 diferenciado. O consumidor classificado como serviço geral não precisa ter consumo mínimo contratual, nem contrato, contrariamente a todas as outras classificações.

Diante desta estrutura de formação de preços, o setor que mais se desenvolve é o de Gás Natural Veicular. Segundo Castro et al. (2004), a Argentina passou a deter uma frota com mais de 1 milhão de automóveis a GNV, tendo aumentado o consumo em 70% em apenas um ano. O consumo deste setor cresceu de 760 milhões de metros cúbicos (mmc) em 1993 para 2.640 mmc em 2003, tornando a Argentina um dos países com mercado de GNV mais desenvolvido do mundo. Grande parte dos argentinos converteram seus veículos na tentativa de reduzirem os custos com combustíveis, provocando uma falta de gás no mercado. Em contrapartida o governo adotou uma política de aumento tarifário tentando conter a demanda.

A tabela 5 apresenta os principais mercados de GNV no mundo, por número de veículos convertidos e número de postos de abastecimento. Observa-se que a Argentina é o país que possui o maior número de veículos convertidos, seguido do Brasil onde ambos possuem acima de 500 mil veículos, embora, a Argentina possua quase o dobro de número de postos para abastecimento de GNV. A Itália possui a terceira maior frota de veículos convertidos, seguida do Paquistão, Estados Unidos e Índia.

Em um terceiro bloco a China domina o ranking, possuindo 26% do número de postos para abastecimento comparado à Argentina, tendo a Bolívia como último país do ranking de veículos convertidos a GNV.

² O governo fornece os incentivos necessários para manutenção de um preço mínimo a ser recebido pelo produtor e a diferença de preços entre os vendedores é determinada pelas forças do mercado.

Tabela 5 Principais mercados de GNV no mundo, em Julho de 2003

Veículos Convertidos	País	Postos de Abastecimento
Acima de 500 mil	Argentina	1.043
	Brasil	565
Entre 100 e 500 mil	Itália	414
	Paquistão	366
	EUA	1.250
	Índia	116
Entre 10 mil e 100 mil	China	270
	Venezuela	147
	Egito	75
	Ukraine	130
	Russia	316
	Taiwan	12
	Canada	222
	Japão	224
	Alemanha	337
	Bolívia	30

Fonte: International Association for Natural Gas Vehicles (IANGV), 2003.

2.4 O Uso do GNV no Brasil

O mercado de Gás Natural Veicular no Brasil (GNV) ganhou forças a partir da década de 90, concomitantemente com a queda do mercado de álcool hidratado e elevação dos preços do petróleo. Segundo Almeida (2003), a rede de distribuição cresceu e se desenvolveu e, atualmente, existem no Brasil acima de 500 mil veículos convertidos para uso do GNV, quase 700 oficinas de conversão credenciadas e 568 postos de abastecimento que comercializam 103 milhões de metros cúbicos mensais.

Em meados dos anos 80, a fim de minimizar o impacto dos preços do petróleo no mercado internacional sobre a economia brasileira, criou-se o Plano Nacional de Gás Natural (PLANGAS), desenvolvido pela Comissão Nacional de Energia (CNE), que direcionava o uso do gás natural como substituto do óleo diesel utilizado no transporte de cargas e passageiros, principalmente nos grandes centros urbanos. O óleo diesel representava então, 52% do consumo energético do país.

Estudo realizado pela Agência Nacional do Petróleo (2003) revela que durante o período de 1990 a 1994, a taxa de crescimento anual do mercado brasileiro de GNV foi de 115%. Em termos absolutos o consumo saltou dos 10 milhões de m^3/ano , em 1990,

para 45 milhões de m^3 / ano , em 1994. No ano de 1995, com a estabilização da economia e dos preços dos combustíveis, ocorreu um declínio de 14% na demanda nacional de GNV. Mas, em 1996 o governo por meio do decreto federal 1.787/96 de 15 de janeiro, autorizou o uso do GNV para veículos particulares com o objetivo de estimular as conversões, e expansão de seu uso.

A tabela 6 apresenta a evolução da frota de veículos movidos a GNV no Brasil, a partir de 1993 a 2005. Observa-se um representativo crescimento da frota a partir do ano de 2000. Em 2002, a frota brasileira foi estimada em aproximadamente 380 mil veículos e representava a terceira maior frota mundial, atrás da Itália e Argentina, atingindo, em 2003, mais de 572 mil veículos, ultrapassando a frota italiana.

Tabela 6 Evolução da frota à GNV no Brasil, 1993-2005

Ano	Conversão	Frota
Até 1993	1.792	1.792
1994	1.892	3.684
1995	307	3.991
1996	892	4.883
1997	4.458	9.341
1998	9.400	18.741
1999	24.410	43.151
2000	44.073	87.224
2001	197.527	284.751
2002	95.764	380.515
2003	192.000	572.515
2004	198.000	770.515
2005	216.000	986.515

Fonte: Folha do GNV

A frota brasileira é composta, atualmente, por ônibus de transporte e veículos leves (frotas cativas, transporte alternativo, veículos particulares e principalmente táxis, os quais só foram autorizados a usar o combustível em 1992). De acordo com um estudo realizado por Moraes (2003), o Estado de São Paulo concentra uma parte expressiva da frota de veículos convertidos. O setor de transporte é o segundo no ranking de consumo de energéticos no Estado, perdendo somente para o setor industrial.

Na tabela 7, observa-se que os Estados com maior participação na frota nacional de veículos convertidos para GNV, em 2003, são Rio de Janeiro e São Paulo, sendo que

a frota paulista é composta por um número expressivo de ônibus movidos a GNV. Já a frota carioca é composta principalmente por táxis e veículos de transporte alternativo. O Estado da Paraíba detinha no ano de 2003, uma parcela de 2,5% da frota nacional, sendo a quarta frota no ranking dos Estados do Nordeste.

Tabela 7 Participação dos Estados na frota nacional

Estado	Total	% na Frota
Alagoas	7.079	1,70%
Bahia	15.921	3,80%
Ceará	18.284	4,00%
Espírito Santo	19.420	4,60%
Mato Grosso do Sul	312	0,10%
Minas Gerais	31.707	7,50%
Paraíba	10.404	2,50%
Paraná	13.339	3,20%
Pernambuco	21.000	5,00%
Rio de Janeiro	151.954	36,00%
Rio Grande do Norte	15.965	3,80%
Rio Grande do Sul	10.914	2,60%
Santa Catarina	2.535	0,60%
Sergipe	6.251	1,50%
São Paulo	97.481	23,10%
Total	422.566	100%

Fonte: Folha do GNV, 2003.

2.5 Mercado de GNV em João Pessoa/PB

A frota atual da Paraíba de veículos movidos a GNV é de aproximadamente 17.000, representando um crescimento de 64% comparado ao ano de 2003. Na cidade de João Pessoa, esta frota é estimada, segundo Detran-PB (2006), em 9.583 veículos movidos a GNV, o que corresponde a 56% da frota Estadual.

Em março de 2007, segundo dados da PB-GÁS, o consumo diário de gás natural no Estado da Paraíba chegou a 341 mil metros cúbicos/dia. Destes, 99.341 mil metros cúbicos são consumidos diariamente pelo setor automotivo na cidade de João Pessoa.

Toda a produção de gás natural é transportada através do gasoduto Nordestão pela BR distribuidora, e logo em seguida distribuída para as companhias de distribuição de cada Estado. A figura 1 apresenta a cadeia de distribuição do gás natural na Paraíba.

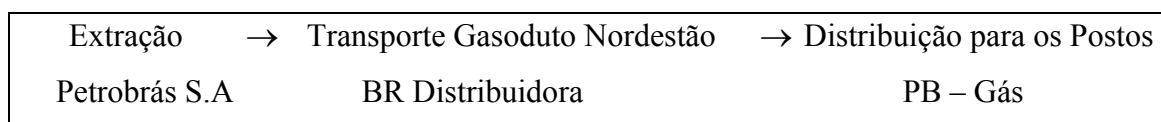


Figura 1 Cadeia de distribuição do gás natural na Paraíba

Fonte: PB-GÁS, 2007.

A extração é de responsabilidade da Petrobrás, realizada em águas profundas na plataforma de Xaréu. O transporte é feito pela BR distribuidora, que leva o GN até as estações de redução de pressão e medição (ERPM) de cada distribuidora, e por fim a distribuição para o mercado consumidor é realizada pelas distribuidoras de cada Estado.

Na figura 2 está ilustrado o gasoduto “Nordestão”, que é a principal rede de distribuição de gás natural na região Nordeste do Brasil.

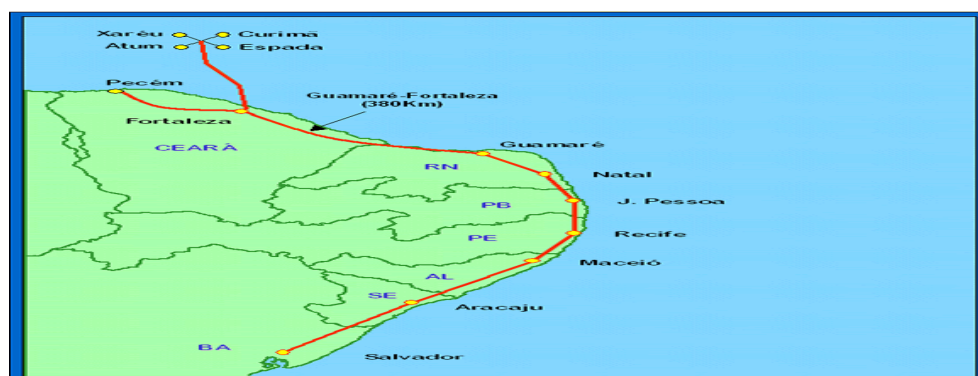


Figura 2 Gasoduto Nordeste

Fonte: Cegas, 2007.

Existem ainda, segundo a PB-GÁS, projetos de expansão no norte e sul do Estado. Para a região norte será implantada uma rede de distribuição que abastecerá os consumidores localizados no município de Santa Rita e no município do distrito industrial de Bayeux, com consumo estimado em $54.000 \text{ m}^3 / \text{dia}$. Na região sul do Estado será feita uma expansão interligando a rede existente a um novo City-gate, objetivando criar um anel na rede de distribuição de gás natural.

Recentemente foi realizada uma ampliação de 170 km da malha de gasodutos para a cidade de Campina Grande que passou a ser abastecida através de um novo City-Gate, além da instalação de uma Estação de Redução de Pressão e Medição (ERPM), em Ligeiro, saída para Queimadas. Existem também caminhões “Fisher” que transportam o GNV até as cidades que não possuem malha de gasodutos.

Em João Pessoa, há 11 postos que possuem a tecnologia para abastecimento de veículos a GNV, do total de 24 postos dotados da mesma no Estado.

A inspeção da frota convertida para GNV é realizada por duas empresas instaladas e autorizadas pelo inmetro na cidade de João Pessoa: i) Empresa de tecnologia veicular da Paraíba (Etevepa); ii) organismo de inspeção veicular do Senai (OIVES). Elas são regulamentadas pela resolução 232 do Conselho de Trânsito Nacional (CTN), artigo 106 do Código de Trânsito Brasileiro (CTB).

Ambas as empresas, também denominadas de organismos de inspeção (OI) emitem o licenciamento para rodagem de veículos convertidos, além de realizarem a inspeção anual obrigatória de todos os veículos que possuem a tecnologia. No Senai é cobrada uma taxa de inspeção de R\$ 65, 00 enquanto que na Etevepa a taxa é de R\$ 75,00, sendo a diferença de preços ligada à característica de cada empresa, pois, o Senai não tem fins lucrativos enquanto a Etevepa é uma empresa privada.

A evolução do número de veículos convertidos e respectivamente inspecionados por cada uma das duas empresas mencionadas é apresentada na tabela 8.

Tabela 8 Número de veículos inspecionados na cidade de João Pessoa/PB

Número de Veículos Inspecionados			
ETEVEPA		SENAI	
2004	Quant.	2004	Quant.
1º semestre	531	1º semestre	396
2º semestre	735	2º semestre	466
Total	1266	Total	862
2005		2005	
1º semestre	946	1º semestre	438
2º semestre	954	2º semestre	463
Total	1900	Total	901
2006		2006	
1º semestre	1.114	1º semestre	1016
2º semestre	1.161	2º semestre	1076
Total	2.275	Total	2092
2007		2007	
1º semestre	945	1º semestre	724
Total Geral	6.386	Total Geral	4579

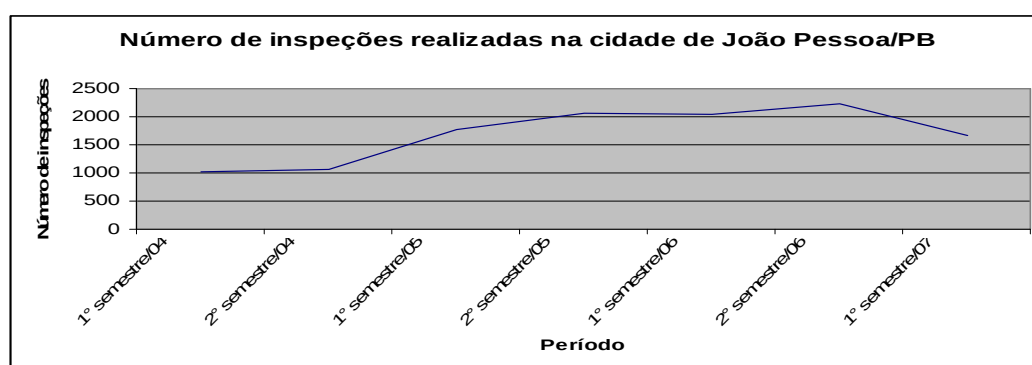
Fonte: Elaboração própria com base nos dados fornecidos pelas empresas

Houve um crescimento de 105% no número de veículos inspecionados no ano de 2006, comparado a 2004, ocasionando um considerável crescimento da demanda pelo

energético, embora, observa-se uma queda de 28% no número de inspeções no primeiro semestre de 2007, comparado ao mesmo período de 2006. Segundo o proprietário da Etevepa, um dos motivos desta queda no número de conversões foi à brusca elevação do preço do GNV neste período.

O gráfico 1 apresenta as inspeções conjuntas dos dois organismos de inspeção da cidade de João Pessoa. Observa-se um crescimento do número de veículos movidos a GNV de 2004 até o segundo semestre de 2005.

Gráfico 1 Evolução do número de inspeções realizadas pelos organismos de inspeção veicular



Fonte: Elaboração Própria com dados das empresas.

Na tabela 9 é apresentada a evolução da frota de veículos separando-se a capital da região metropolitana e do interior do Estado. Em João Pessoa, o crescimento da frota de veículos movidos a GNV foi de 35% de 2004 a 2006.

Tabela 9 Evolução da frota de veículos movidos a GNV

ANO	CAPITAL	REGIÃO		ESTADO
		METROPOLITANA	INTERIOR	
2003	6.555	8.701	3.371	9.926
2004	7.109	9.695	4.224	11.333
2005	7.921	10.988	5.343	13.264
2006	9.583	13.305	7.409	16.992

Fonte: Detran PB 2006

O preço cobrado do m^3 de GNV no Estado da Paraíba é o mais alto em relação a todos os outros Estados brasileiros, prática que pode inibir o crescimento do número de veículos convertidos e, conseqüentemente, a demanda pelo energético no Estado. A Figura 3 mostra a estrutura de margens na cadeia de distribuição do GNV.

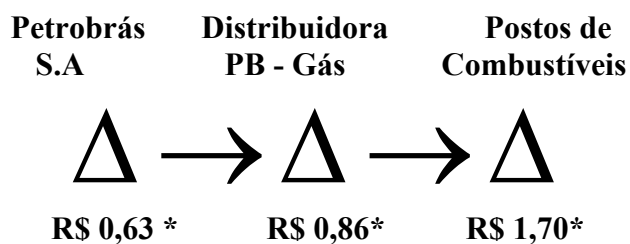


Figura 3 - Estrutura de margens na cadeia de distribuição de GNV

** Preço médio do m^3 em março 2007.*

Fonte: Elaboração própria com base em informações da empresa

Constata-se uma diferença de 83% entre o preço cobrado pela distribuidora PB-GÁS e o preço pago pelo consumidor nos postos de combustíveis. Esta diferença vem gerando constantes discussões entre os agentes econômicos, devido ao nivelamento de preços do GNV entre os postos do Estado.

3 Teoria Comportamental do Consumidor

A expansão do mercado brasileiro de GNV, apresentada na sessão anterior, está associada ao problema de tomada de decisão do consumidor em converter seu veículo para possibilitar o uso deste combustível. A decisão de um indivíduo em converter o seu veículo para gás natural veicular envolve diversos fatores, que podem ser melhor contextualizados pela teoria comportamental do consumidor.

Para Engel, Blackwell e Miniard (2000), o comportamento do consumidor é definido como sendo as atividades diretamente envolvidas em obter, consumir e dispor de produtos e serviços, incluindo os processos decisórios que antecedem e sucedem estas ações.

Os possíveis determinantes que podem supostamente influenciar na escolha do consumidor pelo melhor produto são: i) diferenças individuais; ii) influências ambientais e iii) processos psicológicos. Segundo Engel, Blackwell e Miniard (2000), as principais etapas do processo decisório são:

- Reconhecimento da necessidade: ocorre quando um indivíduo sente uma diferença entre o que ele percebe ser a situação ideal comparada com a situação real em qualquer dado momento. Quando esta discrepância chega a um limiar, o reconhecimento é efetivado. As causas para isto podem ser: i) o tempo; ii) mudança de circunstâncias; iii) aquisição de produto; iv) o consumo do produto; v) diferenças individuais;
- Busca: ativação motivada de conhecimento armazenado na memória ou de aquisição de informação do ambiente;
- Avaliação de alternativa pré-compra: essa etapa exige a determinação de critérios de avaliação pelo consumidor, que nada mais são do que atributos usados de forma particular no julgamento de alternativas de escolha;
- Compra: diversos fatores podem intervir no processo de compra, tais como mudanças de motivações, mudança de circunstância, nova informação, ou indisponibilidade de alternativa desejada. O consumidor se vê obrigado a analisar se compra ou não; quando, o que e onde comprar; e como pagar;
- Consumo: pode ocorrer i) o uso na primeira oportunidade conveniente; ii) o armazenamento de curto prazo em antecipação a oportunidades de uso posterior;

iii) o armazenamento de longo prazo sem uso específico ou antecipado em mente; ou iv) a desistência do consumo, por arrependimento do indivíduo ou por situações ambientais não-previstas;

- Avaliação pós-consumo: pode assumir a forma de satisfação e insatisfação;
- Descarte: há três categorias de descarte, sendo que a primeira é o descarte direto. A outra forma é a reciclagem, que passa a ser obrigatória em muitas regiões. Há também o remarketing, que é a revenda de um item usado, como o que acontece em vendas de automóveis.

O processo de tomada de decisão do consumidor, segundo Kotler (2000), é apresentado na Figura 4.

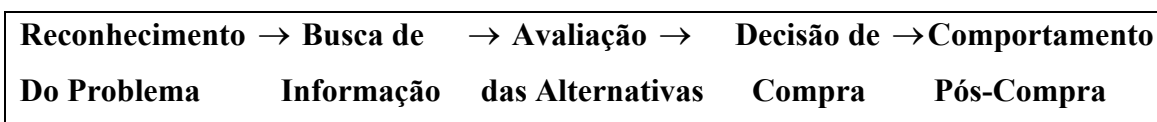


Figura 4: Modelo das cinco etapas do processo de compra do consumidor

Fonte: Kotler, P. Administração de Marketing (2000, p. 201).

Seguindo este processo, a decisão do consumidor do melhor combustível a ser utilizado no veículo, inicia-se pelo reconhecimento do problema, ou seja, pela constatação da necessidade de converter um veículo movido à gasolina ou álcool para GNV, tornando o mesmo bi-combustível. Segue-se a busca das informações a respeito das características do produto, do mercado, se existe uma rede de empresas autorizadas na conversão do veículo, etc. Depois de avaliada a melhor opção, vem à decisão da conversão do automóvel, o que leva ao processo de pós-compra a qual neste caso é um novo processo de compra que é a decisão entre álcool, gasolina e GNV.

Para Semenik e Bamossi (1995), quando os consumidores pensam em uma compra, diversas influências psicológicas e ambientais são levadas em consideração. Uma delas, descrita em Varian (2007), é o efeito de ancoragem, no qual o consumidor é significativamente influenciado por fatores externos a decisão, que serve de âncora para a escolha de um determinado bem. Quanto à decisão do consumidor de converter seu veículo para uso de GNV e em seguida escolher qual o melhor combustível a ser utilizado, podem-se elencar diversas variáveis de influência no processo de escolha do consumidor, como: i) número de postos de abastecimento; ii) preços dos combustíveis; iii) disponibilidade de assistência técnica autorizada para conversão do veículo, etc.

3.1 Determinando as Preferências dos Consumidores

Uma técnica amplamente utilizada para se conhecer e compreender o comportamento dos consumidores de determinado produto ou serviço é a preferência declarada. Segundo Jones (1991), ela possibilita delinear o comportamento futuro do consumidor em relação ao seu comportamento atual.

Outra técnica que subsidia a análise de preferência do indivíduo, e assim de seus comportamentos é a preferência revelada a qual é baseada em dados obtidos através da observação direta ou através de questionamentos acerca de situações reais, já ocorridas (CAMARGO; GONÇALVES; LIMA, 2000).

Para melhor conhecer as técnicas de preferência revelada (PR), baseada em fatos já ocorridos, e preferência declarada (PD), baseada em situações hipotéticas, retoma-se a teoria econômica do consumidor, exposta em livros de microeconomia como Kreps, (1990), Varian (1992) e Mas-Colell et al. (1995). Ela permite esclarecer porque o consumidor escolhe um produto ou serviço em detrimento de outro, levando em consideração a sua restrição orçamentária.

Mas-Colell et al. (1995), expõe a teoria do comportamento do consumidor partindo de alguns pressupostos e definições importantes. Em uma abordagem de preferências-básicas os objetivos dos tomadores de decisões são resumidos em uma relação de preferências, que é denotada por $\succsim$. Tecnicamente, $\succsim$ é uma relação binária em um conjunto de alternativas X , permitindo a comparação de pares de alternativas $x, y \in X$. Lê-se $x \succsim y$ “ x é pelo menos tão bom quanto y ”. Desta $\succsim$, deriva-se duas outras relações importantes em X :

- (i) A relação de preferência estrita, $\succ$, é definida por:

$$x \succ y \leftrightarrow x \succsim y, \text{ mas não } y \succsim x$$

Lê-se $x \succ y$ “ x é preferido a y ”³

- (ii) A relação de indiferença, $\sim$, é definida por:

$$x \sim y \leftrightarrow x \succsim y \text{ e } y \succsim x.$$

³ A literatura às vezes fala de $x \succsim y$ assim “ x é fracamente preferido a y ” e $x \succ y$ “ x é estritamente preferido a y ”.

Lê-se “x é indiferente a y”

As preferências individuais assumem a hipótese de racionalidade que está embutida nas duas suposições básicas sobre a relação de preferência $\succsim$; completeza e transitividade.

Mas-Colell et al. (1995), define que a relação de preferência $\succsim$ é racional e possui duas propriedades:

- (i) Completeza: para todo $x, y \in X$, tem-se que $x \succsim y$ ou $y \succsim x$ (ou ambos).
- (ii) Transitividade: para todo x, y e $z \in X$, se $x \succsim y$ e $y \succsim z$, temos que $x \succsim z$.

A suposição de que $\succsim$ é completa estabelece que o indivíduo tem uma preferência bem definida entre duas possíveis alternativas realizando somente escolhas com certeza.

Os axiomas da completeza e transitividade da relação de preferência $\succsim$ têm implicações sobre as relações de indiferença e preferências estritas ($\sim$ e $\succ$). Se $\succsim$ é racional temos:

- (i) $\succ$ são ambos irreflexivos ($x \succ x$ nunca se mantém) e transitiva (se $x \succ y$ e $y \succ z$, tem-se que $x \succ z$).
- (ii) $\sim$ é reflexiva então ($x \sim x$ para todo x), transitiva (se $x \sim y$ e $y \sim z$, tem-se que $x \sim z$), e simétricos (se $x \sim y$, então $y \sim x$).
- (iii) se $x \succ y \succsim z$, então $x \succ z$.

A irreflexibilidade de $\succ$ a reflexibilidade, e a simetria de $\sim$ são propriedades sensíveis para preferência estrita e relações de indiferença. O ponto mais importante desta hipótese é que racionalidade de $\succsim$ implica que ambos $\succ$ e $\sim$ são transitivos. Complementando, a propriedade de transitividade também assegura para $\succ$ quando ele é combinado com uma relação não tão bom quanto, $\succsim$.

Em economia, podemos descrever relações de preferência por meio de uma função de utilidade. Uma função de utilidade $u(x)$ atribui um valor numérico a cada elemento de um conjunto X , ordenando os elementos de X de acordo com as preferências individuais.

Segundo Mas-Colell et al. (1995), uma função $u: X \rightarrow \mathbb{R}$ é uma função de utilidade representando a relação de preferência $\succsim$, se, para todo $x, y \in X$.

$$x \succsim y \leftrightarrow u(x) \geq u(y)$$

De acordo com o autor, a função de utilidade que representa a relação de preferência $\succsim$ não é única. Para algumas funções estritamente crescentes

$f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}, u(x) = f(u(x))$ é uma nova função de utilidade representando as mesmas preferências que $u(\cdot)$; Isto é apenas o ranqueamento das alternativas importantes, portanto a utilidade é ordinal e não tem propriedades cardinais.

O consumidor procura obter o máximo de utilidade possível, ou seja, está implícito o conceito de monotonicidade, embora, esta maximização de utilidade esteja sujeita a uma restrição orçamentária.

O comportamento do indivíduo também pode ser representado no modo de estruturas de escolha. Mas-Colell et al. (1995) indica que a estrutura de escolha $(\beta, C(\cdot))$ consiste de dois elementos:

(i) β é uma família (ou um conjunto) de subconjuntos não vazios de X ; com cada elemento de β sendo um conjunto $B \subset X$. Por analogia com a teoria do consumidor, chama-se os elementos $B \in \beta$ de um conjunto orçamentário. O conjunto orçamentário β é pensado listando todos os experimentos de escolha possíveis, institucionalmente, psicologicamente, ou diante de qualquer outra situação de restrição para o tomador de decisão;

(ii) $C(\cdot)$ é uma regra de escolha (uma correspondente), que mostra um conjunto não vazio de elementos escolhidos $C(B) \subset B$ para todo conjunto orçamentário $B \in \beta$. Quando $C(B)$ contém um único elemento, aquele elemento é uma escolha individual entre as alternativas em B . O conjunto $C(B)$ pode, contudo, conter mais que um elemento. Desta forma, os elementos de $C(B)$ são as alternativas em B que o tomador de decisão pode escolher.

A estrutura de escolha $(\beta, C(\cdot))$ satisfaz o axioma fraco da preferência revelada se as seguintes propriedades são asseguradas:

Se para algum $B \in \beta$ com $x, y \in B$, tem-se $x \in C(B)$, quando para qualquer $B' \in \beta$ com $x, y \in B'$ e $y \in C(B')$, deve-se ter também $x \in C(B')$. O axioma fraco diz que se x é sempre escolhido quando y está disponível, então não pode haver um

conjunto orçamentário contendo ambas as alternativas quando y é escolhido e x não é escolhido. Assim, se $C(\{x, y\}) = \{x\}$, então o axioma fraco diz que não podemos ter $C(\{x, y, z\}) = \{y\}$.

O axioma fraco é satisfeito pela relação de preferência revelada $\succsim^*$ definida sobre o comportamento de escolha em $C(\cdot)$. Dado uma estrutura de escolha $(\beta, C(\cdot))$ a relação de preferência revelada $\succsim^*$ é definida por:

$$x \succsim^* y \leftrightarrow \text{Há alguns } B \in \beta \text{ tais que } x, y \in B \text{ e } x \in C(B).$$

Lê-se $x \succsim^* y$ “ x é revelado no mínimo tão bom quanto y ”. Note que a relação de preferência revelada $\succsim^*$ não necessita dos axiomas de completeza ou transitividade.

Em particular, para que qualquer par de alternativas x e y seja comparável, é necessário que, para algum $B \in \beta$, tem-se que $x, y \in B$ e qualquer $x \in C(B)$ ou $y \in C(B)$, ou ambos, ou seja, tem-se que “ x é revelado preferido a y ” se há algum $B \in \beta$ tal que $x, y \in B$, $x \in C(B)$ ou $y \notin C(B)$.

O axioma fraco restringe o comportamento de escolha em uma forma que é paralela ao uso do axioma da racionalidade por relações de preferência. Isto nos leva a discutir a relação existente entre relações de preferência e regras de escolha. Essa relação pode ser dada através das seguintes suposições:

Suponha que o indivíduo tenha uma relação de preferência racional $\succsim$ em X . Se este indivíduo face a um subconjunto não vazio de alternativas $B \subset X$, tem como comportamento maximizador escolher qualquer um dos elementos neste conjunto:

$$C^*(B, \succsim) = \{x \in B : x \succsim y \text{ para todo } y \in B\}$$

Os elementos do conjunto $C^*(B, \succsim)$ são as alternativas preferidas do tomador de decisão em B . Em principio podemos ter $C^*(B, \succsim) = \emptyset$ para algum B ; mas se X é finito, e respeita as condições asseguradas, então $C^*(B, \succsim)$ será não vazio. Considerando apenas preferências $\succsim$ e famílias de conjuntos orçamentários β tal que $C^*(B, \succsim)$ é não

vazio para todo $B \in \beta$. A relação de preferência racional gera a estrutura de escolha $(\beta, C^*(., \succsim))$, levando a seguinte suposição:

Suponha que $\succsim$ é uma relação de preferência racional. Então a estrutura de escolha gerada por $\succsim$, $(\beta, C^*(., \succsim))$ satisfaz o axioma fraco.

Se $(\beta, C(.))$ é uma estrutura de escolha onde:

- (i) O axioma fraco é satisfeito,
- (ii) β está incluído em todo subconjunto de X para até três elementos.

Então há uma relação de preferência racional $\succsim$ que racionaliza $C(.)$ relativo para β ; que é $C(B) = C^*(B, \succsim)$ para todo $B \in \beta$. Desta forma, esta relação de preferência racional é a única relação de preferência que existe.

3.2 Preferência Revelada e Declarada

A técnica de preferência revelada trata de uma ferramenta que possibilita verificar porque o consumidor, a um dado nível de renda e preços, escolheu determinada cesta de bens x em detrimento de outra cesta de bens, y . A preferência revelada pode ser usada para fazer previsões de curto prazo, quando não se dispõe de uma série histórica do comportamento do consumidor.

A preferência declarada baseia-se em situações possíveis, porém hipotéticas, que são criadas pelo pesquisador. Ela foi desenvolvida no início da década de 70 em pesquisas de marketing, e passou a ser largamente utilizada em estudos de transportes a partir de metade da década de 80, quando o Departamento de Transportes da Grã-Bretanha endossou o valor monetário do tempo de viagem estimado através de técnicas de preferência declarada (CAMARGO; GONÇALVES; LIMA, 2000).

Segundo Goldner e Silva (1996) a técnica de preferência declarada investiga as preferências dos consumidores e baseia-se fundamentalmente em intenções, e não em comportamento observado. Desta forma, fica possível conhecer não apenas as escolhas dos usuários diante de alternativas existentes, como também diante de alternativas que o planejador queira testar, mesmo que estas não façam parte do conjunto de alternativas atualmente disponíveis para os usuários.

Jones (1991) definiu os seguintes aspectos a serem considerados num projeto de estudo com preferência declarada: i) o método da entrevista; ii) a seleção da amostra; iii) a forma e a complexidade do experimento; iv) a medida da escolha; e v) a análise dos dados.

Bates (1991) destacou que, em preferência declarada, os entrevistados estão sendo sempre convidados a escolher ou comparar diferentes alternativas hipotéticas. Assim a abordagem da utilidade é diretamente aplicável aos dados de preferência declarada. Como alternativas de preferência declarada são tipicamente definidas em um número limitado de variáveis, existe a grande vantagem de se saber quais variáveis devem ser incluídas na função utilidade. Todavia, não é possível saber de que maneira elas devem ser incluídas na utilidade.

As técnicas de preferência declarada consistem em fazer uso das respostas dos entrevistados a respeito de suas preferências em relação a um conjunto de opções a eles oferecidas, com o objetivo de ajustar funções de utilidade. Essas técnicas são largamente utilizadas em marketing e são também chamadas de análise conjunta ou, em inglês, de “conjoint analysis” (GUSTAFSSON; EHDAHL; BERGMAN, 1999; COOPER; SCHINDLER, 2000; MALHOTRA, 2001).

Segundo Alfinito (2002), a técnica de preferência declarada é um modelo comportamental baseado na teoria econômica do consumidor no qual as escolhas do indivíduo são orientadas por uma função de utilidade, que define níveis de satisfação, dentro das limitações dos meios que dispõe.

Alfinito (2002) usou a técnica de PD para identificar os principais atributos que influenciam os pais de alunos na escolha de uma instituição de ensino para os filhos no Distrito Federal. Os pais se preocupam primeiramente com o conceito do ministério da educação (MEC) atribuído ao curso, e em segundo lugar com a infra-estrutura oferecida pela instituição. Contudo, se o decisor for o aluno, e ele estiver na faixa etária entre 18 a 24 anos, as prioridades serão invertidas, e a principal preocupação passa a ser a infra-estrutura da instituição.

May (1996) aplicou a técnica de preferência declarada (PD) ao setor hoteleiro de Florianópolis avaliando as preferências dos consumidores entre hotéis quatro e cinco estrelas. Os cinco principais fatores que influenciaram na escolha do turista foram: i) restaurante; ii) instalação; iii) serviços gerais; iv) diária e v) localização. Os atributos com maior utilidade relativa foram serviços gerais e instalação.

Brandli e Heineck (2005) abordaram os modelos de preferência revelada e declarada no processo de escolha habitacional por estudantes universitários. Os atributos selecionados para investigar o processo de escolha dos estudantes foram: tipo de imóvel, valor do aluguel, localização, existência de mobília, conforto e privacidade. Os resultados encontrados enfatizam as diferenças entre os modelos de preferência revelada e declarada, indicando os parâmetros que são similares no processo e os que fazem com que o comportamento real difira das intenções declaradas. O parâmetro obtido no atributo privacidade confirmou a maior utilidade na condição satisfatória do que da condição contrária, ambas nomeadas durante o estudo. O mesmo acontece com o conforto. Estes dois atributos juntos na condição mais favorável tendem a aumentar a utilidade. A localização mais escolhida é a próxima da universidade. Os estudantes escolheram mais habitações com mobília, sendo a utilidade de habitações que incorporam mobília maior. Quanto ao tipo, há um maior número de escolhas por casa e apartamento quando comparado a moradia pensão.

Novaes (1995) desenvolveu um estudo, aplicando preferência declarada (PD), para analisar o transporte intermunicipal de passageiros entre Florianópolis e Blumenau. Na fase preliminar, foram identificados os atributos considerados importantes para os usuários entrevistados: tempo de viagem, tarifa, conforto, condições higiênicas internas do veículo e segurança. Para ajustar as funções utilidades (uma para cada grupo de usuários, conforme motivo da viagem), utilizou-se o método da maximização da função de verossimilhança, em um conjunto com o modelo Logit. Os atributos considerados de maior peso pelos usuários foram tarifa e tempo de viagem.

Lima e Gonçalves (2003) utilizaram a técnica de PR e PD para a previsão de escolhas entre dois modos de transporte num corredor agrícola de exportação. A metodologia utilizada considera que as probabilidades de escolha do modo de transporte são explicadas pelos atributos das diversas alternativas de transporte e por variáveis de atração relacionadas às condições de oferta das referidas alternativas. Utilizou-se o modelo Logit com variáveis de atração, e obteve-se que as probabilidades de variáveis como custo de transporte e tempo de entrega da mercadoria no destino tiveram um grande peso na escolha do meio de transporte.

Schmitz (2001), na mesma área de transportes, desenvolveu um conjunto de procedimentos para avaliar o potencial econômico de uma rodovia em gerar receitas. O diferencial introduzido por Schmitz (2001), em relação aos procedimentos tradicionais de avaliação, foi à incorporação de aspectos comportamentais nas análises para avaliar e

antever impactos sobre a demanda e remuneração do empreendimento para diferentes valores de tarifa. Ele concluiu que a remuneração adequada da concessionária e a capacidade de pagamento do usuário exigida dentro de determinadas tarifas podem ser pensadas como tentativas para o estabelecimento de procedimentos justos entre ambas as partes.

Em outra aplicação, Curtarelli e Shikida (2006) aplicaram a técnica de preferência declarada para tratar do comportamento dos agricultores frente às opções de investir ou não em terras. A pesquisa centrou-se nos agricultores de Santa Helena (PR), com proprietários de áreas iguais ou superiores a 30 (trinta) alqueires. A coleta de dados baseou-se em entrevistas com uma amostra de 40 agricultores. Os atributos mais significativos para o modelo foram: “finalidade do investimento”; “condições de pagamentos” e “capital”. O grupo pesquisado apresentou-se propenso a realizar investimentos em terras devido a: segurança financeira; possibilidade de pagamento a prazo; e opção de utilizar capital próprio para honrar as obrigações.

No mesmo tema deste trabalho, destaca-se estudo mencionado anteriormente, feito com a abordagem híbrida de preferência revelada e declarada, de Brandão Filho (2005). Ele faz uma previsão de demanda por gás natural veicular utilizando dados de PR e PD e modelos de escolha discreta, chamado de GNPREV. Os principais atributos encontrados que levam o consumidor a adquirir um veículo que possibilite a utilização de GNV foram: redução de espaço no bagageiro, preço do GNV e de seus substitutos, disponibilidade de postos para abastecimento, etc; com maior peso para a disponibilidade de postos e redução de espaço no bagageiro com a instalação do kit de GNV.

O estudo internacional de Brownstone et al. (2000), analisou o peso relativo de alguns atributos que influenciaram na escolha de veículos de combustíveis alternativos, considerando variáveis associadas aos veículos, aos combustíveis ou a ambos, e em seguida, faz uma previsão de demanda por veículos de combustíveis alternativos.

Neste estudo, ele faz a comparação das estimações de dois tipos de modelos: mixed logit e nested logit e concluiu que atributos como preço do combustível e preço dos combustíveis substitutos, bem como o preço do veículo influenciou bruscamente as preferências dos usuários no momento de optar por determinado tipo de veículo.

De acordo com Bates (1991), há três estratégias básicas para se obter os dados para uma pesquisa de PD:

1-Rating ou avaliação: usando algum tipo de escala, a resposta é dada para cada alternativa como se ela recebesse uma nota constante na escala. Em alguns casos, a avaliação consiste em se explicitar a preferência relativa a uma ou duas alternativas apresentadas ao entrevistado;

2-Rating ou ordenação: neste caso, um determinado número de alternativas, em blocos ou não, é apresentado simultaneamente ao entrevistado que as ordena da mais preferida a menos preferida;

3-Choice data (ou escolha das alternativas): também chamada de *discrete choice* (escolha discreta). Neste tipo de aplicação, os entrevistados recebem um grupo de alternativas das quais devem escolher apenas uma.

Observa-se que tanto a técnica de preferência revelada como de preferência declarada possui algumas vantagens e limitações. A tabela 10 resume as principais diferenças entre as técnicas de preferência revelada e declarada.

Tabela 10 Comparação entre os dados de preferência revelada e de preferência declarada

Preferência Revelada	Preferência Declarada
Baseia-se no comportamento observado dos indivíduos	Baseia-se em comportamentos hipotéticos
O conjunto de escolhas é ambíguo	O conjunto de escolhas é especificado para o entrevistado
Os atributos estão sujeitos a erros de medidas	Os atributos estão livres de erros de medidas, porém sujeitos a erros de percepção
As regiões dos níveis dos atributos são limitadas	As regiões dos níveis dos atributos podem ser estendidas
Os atributos podem ser altamente correlacionados	As correlações entre os atributos podem ser evitadas ou minimizadas
Existe a dificuldade de se incorporar atributos de mensuração complexa	Pode incorporar atributos normalmente tidos como de difícil mensuração
Não pode fornecer informações diretas sobre novas alternativas	Pode trabalhar com as preferências de novas alternativas (alternativas não existentes)
O indicador de preferência é a escolha do entrevistado (a indicação da alternativa preferida)	Pode trabalhar com qualquer indicador plausível de preferência

Fonte: MORIKAWA (1989 *apud* BASTOS, 1994).

Uma das limitações da PR é permitir apenas previsões de curto prazo, não sendo possível a criação de situações hipotéticas como na técnica de preferência declarada que permite fazer previsões de longo prazo dado que é possível incorporar atributos que podem compor cenários futuros.

Na preferência revelada os atributos estão sujeitos a erros de medida, por que, o consumidor pode responder algo ocorrido de forma equivocada, enquanto que na técnica de preferência declarada os atributos estão livres de erros de medidas, em virtude do pesquisador já disponibilizar para o entrevistado as alternativas, contudo podem ocorrer erros de especificação.

Na sessão 4 apresenta-se o modelo teórico utilizado posteriormente na estimação das funções de utilidade dos consumidores. Os modelos são estimados com utilização de dados de preferência revelada e declarada na seção 5.

4 Procedimentos Metodológicos

Este capítulo apresenta uma descrição geral dos modelos de escolhas discretas, e em maiores detalhes os modelos de escolha binária. Também descreve-se como foi realizada a pesquisa de campo e a amostra utilizada.

O fenômeno que se quer modelar é discreto, ou seja, o fato do indivíduo escolher ou não um determinado veículo que possibilita a utilização de um ou mais combustíveis é característico de modelos de escolha discreta, nos quais se atribui 1 caso se escolha um veículo movido a GNV e 0 caso contrário.

Nos modelos de escolha discreta, a variável dependente é sempre qualitativa e assume os valores 0,1,2,...n., e portanto, não pode ser estimada pelo métodos de regressão linear clássico. Em todos os casos o método de estimação é de máxima verossimilhança, visto que se trata de uma estimação não linear.

A seguir são abordados modelos de escolha discreta, partindo para um caso específico que é utilizado na estimação dos modelos da sessão 5.

4.1 Modelos de Escolha Binária

Os modelos de escolha discreta podem ser divididos em duas classes, binomiais e multinomiais. Neste estudo, utiliza-se modelos de escolha binária, haja visto que, a variável dependente assume valores 1 ou 0, ao contrário dos modelos de escolhas multinomiais onde a variável dependente pode assumir valores 0,1,2,...n.

Na modelagem do comportamento do consumidor de escolha ou não de um veículo movido a GNV, atribui-se um valor de $U=1$ quando um veículo que possibilita o uso do GNV e $U=0$, caso contrário, onde U é utilidade do consumidor. No entanto, uma série de fatores pode influenciar esta decisão, como: disponibilidade de assistências técnicas autorizadas, número de postos disponíveis para abastecimento de GNV, redução no espaço do bagageiro promovida pela instalação do Kit, preço do GNV e de seus substitutos, etc. Todos estes fatores foram representados em um vetor $\mathbf{x}$, onde:

$$\begin{aligned} \text{Pr ob}(Y = 1) &= F(\mathbf{x}, \boldsymbol{\beta}) \\ \text{Pr ob}(Y = 0) &= 1 - F(\mathbf{x}, \boldsymbol{\beta}) \end{aligned} \quad (1)$$

O vetor de parâmetros β reflete o impacto que x tem sobre a probabilidade. Por exemplo, pode-se inferir o efeito marginal de variações no número de postos disponíveis para abastecimento de GNV na escolha de um veículo que possibilita a utilização deste energético e a conseqüente influência sobre a utilidade do indivíduo. Levantado este ponto, o problema é como expor em um modelo adequado o lado direito da equação.

Greene (1999) apresenta a possibilidade de representar em um modelo de regressão linear:

$$F(x, \beta) = \beta'x$$

ou seja $E[Y|x] = F(x, \beta)$, podemos construir o seguinte modelo de regressão:

$$\begin{aligned} y &= E[y|x] + (y - E[y|x]) \\ &= \beta'x + \varepsilon \end{aligned} \quad (2)$$

Segundo Greene (1999), este modelo de probabilidade linear apresentado em (2), tem vários problemas. O primeiro problema que surge é que ε apresenta heterocedasticidade dependente de β . Como $\beta'x + \varepsilon$ há de ser igual a 0 ou 1, ε há de ser igual a $(-\beta'x)$ ou a $(1-\beta'x)$, com probabilidades respectivas $1 - F$ e F . Portanto, é fácil comprovar que:

$$\text{Var}[\varepsilon|x] = \beta'x(1 - \beta'x) \quad (3)$$

Não podemos restringir $\beta'x$ ao intervalo $[0,1]$. Ele origina tanto variâncias negativas como probabilidades impossíveis. Portanto, um modelo que proporcione previsões consistentes com a teoria subjacente a:

$$\begin{aligned} \text{Prob}(\text{ocorrer sucesso } j_i) &= \text{Prob}(y = j) \\ &= F[\text{efeitos relevantes: parâmetros}] \end{aligned} \quad (4)$$

Para um vetor de regressores dado, espera-se que:

$$\lim_{\beta'x \rightarrow +\infty} \text{Prob}(y=1) = 1$$

Representando no limite, $\beta'x$ tendendo a $(+\infty)$ a probabilidade da variável dependente (Y) ser igual a 1 é 1, e que:

$$\lim_{\beta'x \rightarrow -\infty} \text{Prob}(y=1) = 0$$

No limite inferior, $\beta'x$ tendendo a $(-\infty)$ a probabilidade da variável dependente (Y) ser igual a 1 é 0.

Em princípio, basta com que seja uma função de distribuição definida sobre a reta real. Em muitas análises tem-se utilizado a distribuição normal, dando lugar ao modelo **probit**.

$$\begin{aligned} \text{Prob}(Y=1) &= \int_{-\infty}^{\beta'x} \phi(t) dt \quad (5) \\ &= \Phi(\beta'x) \end{aligned}$$

A função de distribuição normal padrão é representada habitualmente como $\Phi(\cdot)$. Em muitas aplicações se tem utilizado também, em parte por suas boas propriedades matemáticas, a distribuição logística,

$$\begin{aligned} \text{Prob}(y=1) &= \frac{e^{\beta'x}}{1 + e^{\beta'x}} \\ &= \Phi(\beta'x), \quad (6) \end{aligned}$$

A função de distribuição logística é representada $\Phi(\cdot)$. Este modelo denomina-se Logit. Se tem sugerido outras distribuições, mas os modelos Logit e Probit tem sido praticamente os únicos que se tem utilizado nas aplicações econométricas (GREENE, 1999).

É natural perguntar qual das distribuições deve ser usada. A distribuição logística é similar à distribuição normal, exceto por suas caldas: são mais pesadas na distribuição logística. (Esta parece mais com a distribuição t com sete graus de liberdade). Portanto, as duas distribuições tendem a dar probabilidades muito similares aos valores intermediários de $\beta'x$ (mais ou menos, valores entre -1,2 e 1,2). A distribuição logística tende a dar probabilidades maiores que a distribuição normal de evento $y=0$ quando $\beta'x$ é muito pequeno (e probabilidades menores que a distribuição normal $y=0$ quando $\beta'x$ é muito grande). Para extrair uma regra geral, seria necessário conhecer o valor de β . Cabe esperar que os modelos originem previsões diferentes se a amostra contém: i) poucas respostas afirmativas (valores de y iguais a 1) ou poucas respostas negativas (valores de y iguais a 0); e ii) grande variação em uma variável independente de importância, especialmente se também cumpre (i). Para simplificar os cálculos podem

existir razões práticas para preferir uma ou outra distribuição, mas, do ponto de vista teórico, é difícil justificar a escolha. Na maioria das aplicações, parece que se chega aos mesmos resultados escolhendo uma ou outra distribuição (GREENE, 1999).

O modelo de probabilidade é um modelo de regressão:

$$E[y|x] = 0 [1 - F(\beta'x)] + 1[F(\beta'x)] \quad (7)$$

$$= F(\beta'x)$$

Segundo Greene (1999), seja qual for a distribuição que se utilize, é importante observar os parâmetros do modelo, como os de qualquer outro modelo de regressão não linear. Não são necessariamente os efeitos marginais que costumam-se analisar. Em geral,

$$\frac{\partial E[y | X]}{\partial X} = \left\{ \frac{dF(\beta'X)}{d(\beta'X)} \right\} \beta$$

$$= f(\beta'x)\beta \quad (8)$$

onde, X ; β' e β são vetores. Sendo $f(\cdot)$ a função de densidade associada à distribuição cumulativa $F(\cdot)$. Se utilizarmos a distribuição normal, esta equação (8) resulta em:

$$\frac{\partial E[y | X]}{\partial X} = \phi(\beta'x) \beta, \quad (9)$$

Sendo $\phi(t)$ a função de densidade normal padrão. Utiliza-se a distribuição logística,

$$\frac{d\Lambda(\beta'X)}{d(\beta'X)} = \frac{e^{\beta x}}{(1 + e^{\beta x})^2} \quad \text{sendo, } X; \beta \text{ e } \beta \text{ vetores.}$$

Resultando no modelo Logit,

$$\frac{\partial E[y | X]}{\partial X} = \square(\beta'x) [1 - \square(\beta'x)] \beta \quad (10)$$

Obviamente, os valores variam com os valores de x , que é um vetor das variáveis que podem influenciar a variável dependente (Y), que assume valores iguais a 1 em caso afirmativo e 0 em caso contrário. Para interpretar o modelo estimado, é útil

calcular os efeitos marginais com os vários valores de $\mathbf{x}$: por exemplo, as médias dos regressores ou em outros pontos de interesse. Vale a pena descrever que, fixado $\mathbf{x}$, o fator de escala que relaciona o coeficiente do modelo com a variável dependente é o mesmo para todos os componentes do vetor β . Considerando a decisão do indivíduo entre adquirir um veículo que possibilita a utilização de um ou mais combustíveis, basta manter fixas as variáveis independentes que podem influenciar a utilidade do mesmo, e calcular os efeitos marginais tomando $\mathbf{x}$ como médias amostrais dos dados.

4.2 Estimação e Inferência em Modelos de Escolha Binária

Seguindo o método de estimação e inferência exposto por Greene (1999), todos os modelos de escolha binária, exceto o modelo de probabilidade linear, são estimados habitualmente pelo método de máxima verossimilhança.

A máxima verossimilhança é um método de estimação pontual com propriedades mais fortes que a do método dos mínimos quadrados ordinários (GUJARATI, 2006). Portanto, segundo Greene (1999), cada observação é considerada com uma realização individual de uma variável aleatória com distribuição Bernoulli (quer dizer, binomial com $n=1$). A probabilidade conjunta, ou função de verossimilhança, de um modelo com probabilidade de sucesso $F(\beta' \mathbf{x})$ e observações independentes é:

$$\text{Prob} (Y_1 = y_1, Y_2 = y_2, \dots, Y_n = y_n) = \prod_{y_i=0} [1 - F(\beta' \mathbf{x}_i)] \prod_{y_i=1} F(\beta' \mathbf{x}_i) \quad (11)$$

Podemos reescrever (11) como:

$$L = \prod_{i=1}^n [F(\beta' \mathbf{x}_i)]^{y_i} [1 - F(\beta' \mathbf{x}_i)]^{1-y_i} \quad (12)$$

Esta é uma função de verossimilhança para uma amostra de n observações. Tomando logaritmos obtém-se:

$$\ln L = \sum_{i=1}^n [y_i \ln F(\beta' \mathbf{x}_i) + (1 - y_i) \ln (1 - F(\beta' \mathbf{x}_i))] \quad (13)$$

As condições de primeira ordem do problema de maximização requerem que:

⁴ Em distribuições simétricas $1 - F(\beta' \mathbf{x}) = F(-\beta' \mathbf{x})$. Definindo $q = 2y - 1$, então $\ln l = \sum_i \ln F(q_i \beta' \mathbf{x}_i)$.

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \beta} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{y_i f_i}{F_i} + (1 - y_i) \frac{-f_i}{(1 - F_i)} \right] \mathbf{x}_i = 0 \quad (14)$$

Em (14), e no que se segue, utiliza-se o subíndice i para indicar que a função se avalia em $\beta' \mathbf{x}$. Ao seleccionar uma forma concreta para F_i se obtém um modelo empírico (GREENE, 1999).

A menos que se utilize o modelo de probabilidade linear, as equações contidas em (14) são não lineares e podem ser resolvidas com um método iterativo. No modelo Logit, substituindo (6) e (10) em (14), após pequenas manipulações obtém-se como condições necessárias:

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \beta} = \sum_{i=1}^n (y_i - \Phi) \mathbf{x}_i = 0 \quad (15)$$

Observe que se $\mathbf{x}_i$, contém termo constante, de uma das condições de primeira ordem se deduz que a média das probabilidades estimadas pelo modelo há de coincidir com a proporção de alguns que tenha na amostra. Estas equações guardam também certa semelhança com as equações normais de mínimos quadrados quando se interpreta o termo $y_i - \Phi_i$ como resíduo (GREENE, 1999). Com a distribuição normal, a função de verossimilhança logarítmica resultante é:

$$\ln L = \sum_{y_i=0} \ln[1 - \Phi(\beta' \mathbf{x}_i)] + \sum_{y_i=1} \ln \Phi(\beta' \mathbf{x}_i) \quad (16)$$

As condições de primeira ordem que se obtém ao maximizar L são:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln L}{\partial \beta} &= \sum_{y_i=0} \frac{-\phi_i}{1 - \Phi_i} \mathbf{x}_i + \sum_{y_i=1} \frac{\phi_i}{\Phi_i} \mathbf{x}_i \\ &= \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_i \phi(q_i \beta' \mathbf{x}_i)}{\Phi(q_i \beta' \mathbf{x}_i)} \right) \mathbf{x}_i \\ &= \sum_{i=1}^n \lambda_i \mathbf{x}_i = 0 \end{aligned} \quad (17)$$

onde:

$$q_i = 2y_i - 1$$

Nos modelos, os estimadores dos parâmetros podem ser calculados utilizando o método de Newton. Do modelo Logit também é fácil de obter as derivadas segundas a partir de (13):

$$\mathbf{H} = \frac{\partial^2 \ln L}{\partial \beta \partial \beta'} = - \sum_i \pi_i (1 - \pi_i) \mathbf{x}_i \mathbf{x}_i' \quad (18)$$

Posto que as variáveis aleatórias y_i não aparecem nas derivadas segundas, os resultados são os mesmos tanto no modelo Logit, quanto no método de Newton e no método de Tanteo. Observe que o hessiano sempre é uma matriz definida negativa, por que a verossimilhança logarítmica é globalmente côncava. O método de Newton geralmente converge ao máximo da verossimilitude logarítmica com muito poucas interações, salvo com um conjunto de dados muito específicos (GREENE, 1999).

No modelo Probit o cálculo é mais complexo. Utilizando a variável $\lambda(y_i, \beta' \mathbf{x}_i) = \lambda_i$, definida em (17), se consegue uma notável simplificação. As derivadas segundas podem ser obtidas para qualquer z :

$$\frac{d\phi(z)}{dz} = -z\phi(z)$$

Com isso se obtém:

$$\mathbf{H} = \frac{\partial^2 \ln L}{\partial \beta \partial \beta'} = \sum_{i=1}^n -\lambda_i (1 - \lambda_i) \mathbf{x}_i \mathbf{x}_i' \quad (19)$$

Esta matriz é também definida negativa seja qual for o valor de β . A demonstração é menos óbvia que no modelo Logit, com a parte escalar do somatório sendo $1 - \text{Var}[\varepsilon | \varepsilon < \beta' \mathbf{x}]$ quando $y=1$ e $1 - \text{Var}[\varepsilon | \varepsilon > -\beta' \mathbf{x}]$ quando $y=0$. Em todos os casos, a variância está entre 0 e 1.

A matriz de covariância assintótica do estimador de máxima verossimilhança pode ser estimada a partir da inversa do hessiano baseada no estimador de máxima verossimilhança. Podem ser utilizados também outros estimadores (GREENE, 1999). O estimador de Berndt, Hall, Hall e Hausman, que seria:

$$\mathbf{B} = \sum_i g_i^2 \mathbf{x}_i \mathbf{x}_i', \quad (20)$$

sendo $g_i = (y_i - \square_i)$ no modelo Logit, e $g_i = \lambda_i$ no modelo probit. O terceiro estimador se obteria a partir do valor esperado do hessiano. O modelo Logit do hessiano não depende de y_i , por que $\mathbf{H} = E[\mathbf{H}]$. Portanto, não ocorre no modelo probit por ser λ_i função de y_i . Amemiya (1981) demonstrou que no modelo probit:

$$E\left[\frac{\partial^2 \ln L}{\partial \beta \partial \beta'}\right]_{probit} = \sum_{i=1}^n \lambda_{0i} \lambda_{1i} \mathbf{x}_i \mathbf{x}_i' \quad (21)$$

Novamente, a parte escalar desta expressão (21) sempre é negativa. O estimador da matriz de covariâncias assintótica do estimador de máxima verossimilhança é, portanto, menos a inversa da matriz que se utiliza para estimar o hessiano esperado. O mais habitual é utilizar o hessiano observado, posto que este se utiliza geralmente nas interações. Para certos contrastes de hipóteses, o estimador **BHHH** é uma escolha melhor (GREENE, 1999, pág. 760).

As probabilidades previstas $F(\hat{\beta} \mathbf{x}) = \hat{F}$ e o efeito marginal previsto $f(\hat{\beta} \mathbf{x}) \times \beta = \hat{f} \hat{\beta}$ são funções não lineares dos parâmetros estimados. Para calcular os erros padrões utiliza-se o método de aproximação linear (método delta). Para as probabilidades previstas,

$$Asy.Var[\hat{F}] = \left[\partial \hat{F} / \partial \hat{\beta} \right]' \mathbf{V} \left[\partial \hat{F} / \partial \hat{\beta} \right]$$

onde, $\mathbf{V} = Asy. Var \left[\hat{\beta} \right]$.

A matriz de covariâncias assintóticas de $\hat{\beta}$ estimada pode ser uma das três descritas anteriormente. Seja $z = \mathbf{x}' \hat{\beta}$. Então a derivada do vetor é:

$$\left[\partial \hat{F} / \partial \hat{\beta} \right] = \left[d \hat{F} / dz \right] \left[\partial z / \partial \hat{\beta} \right] = \hat{f} \mathbf{x}$$

Combinando os termos obtém-se:

$$Asy.Var [\hat{F}] = \hat{f}^2 \mathbf{x}' \mathbf{V} \mathbf{x}$$

Isto depende, por pressuposto, do vetor $\mathbf{x}$ utilizado. Para o efeito marginal, sendo

$\hat{\gamma} = \hat{f} \hat{\beta}$. Então:

$$Asy.Var[\hat{\gamma}] = \begin{bmatrix} \frac{\partial \hat{y}}{\partial \hat{\beta}'} \end{bmatrix} \mathbf{V} \begin{bmatrix} \frac{\partial \hat{\gamma}}{\partial \hat{\beta}'} \end{bmatrix}'$$

A matriz de derivadas é:

$$\hat{f} \begin{pmatrix} \frac{\partial \hat{\beta}}{\partial \hat{\beta}'} \end{pmatrix} + \hat{\beta} \begin{pmatrix} \frac{d \hat{f}}{dz} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial z}{\partial \hat{\beta}'} \end{pmatrix} = \hat{f} \mathbf{I} + \begin{pmatrix} \frac{d \hat{f}}{dz} \end{pmatrix} \hat{\beta} \mathbf{x}'$$

Para o modelo probit $\frac{df}{dz} = -z\phi$, assim:

$$Asy.Var[\hat{\gamma}] = \phi^2 [\mathbf{I} - (\hat{\beta}' \mathbf{x}) \hat{\beta} \mathbf{x}'] \mathbf{V} [\mathbf{I} - (\hat{\beta}' \mathbf{x}) \hat{\beta} \mathbf{x}']' \quad (22)$$

Para o modelo Logit, $\hat{f} = \Lambda(1 - \Lambda)$, então:

$$\frac{d \hat{f}}{dz} = (1 - 2\hat{\Lambda}) \begin{pmatrix} \frac{d \hat{\Lambda}}{dz} \end{pmatrix} = (1 - 2\hat{\Lambda}) \hat{\Lambda}(1 - \hat{\Lambda})$$

Atribuindo termos se obtêm:

$$Asy.Var[\hat{\gamma}] = [\Lambda(1 - \Lambda)]^2 [\mathbf{I} + (1 - 2\hat{\Lambda}) \hat{\beta} \mathbf{x}'] \mathbf{V} [\mathbf{I} + (1 - 2\hat{\Lambda}) \mathbf{x} \hat{\beta}']$$

Como antes, o valor obtido dependerá do vetor $\mathbf{x}$ utilizado.

4.3 Pesquisa de Campo

Para a obtenção de dados realizou-se uma pesquisa de campo com aplicação de questionários, utilizando a técnica de preferência revelada e preferência declarada.

Inicialmente foram elaborados questionários contemplando os principais atributos que supostamente poderiam influenciar a escolha do consumidor por veículos que possibilitassem a utilização de um ou mais combustíveis. Estes atributos foram obtidos na literatura, tomando como principais referências os estudos realizados por Brandão Filho (2005) e Brownstone e Train (1999).

Após seleção dos atributos, foram confeccionados os questionários⁵ utilizados na pesquisa piloto realizada em uma semana do mês de julho de 2007 na cidade de João Pessoa/PB. O questionário piloto foi aplicado em dois postos de combustíveis da capital, através de entrevista direta com os proprietários de veículos no ato do abastecimento.

Após a pesquisa piloto e subsequente ajuste dos questionários, com uma equipe composta por 05 pesquisadores, aplicaram 242 questionários sócio-econômicos de preferência revelada e 230 cartões de preferência declarada, com posterior eliminação daqueles com respostas incompletas e ou inconsistentes.⁶

A amostra foi definida com base no número de veículos convertidos da cidade, representando aproximadamente 3% do total de 9.583 veículos movidos a GNV que circulam na capital, segundo dados do Detran-PB (2006). A amostra foi subdividida em duas partes, uma com proprietários de veículos particulares e outra com taxistas, visto que, estes consumidores possuem perfis distintos.

Foram montados 04 cartões com duas opções de escolha cada. Os mesmos baseam-se em situações hipotéticas, mas que têm por objetivo identificar os principais atributos que influenciam o comportamento do consumidor na escolha de um veículo.

A partir das informações obtidas nos cartões de preferência declarada, e nos questionários sócio-econômicos de preferência revelada, os dados foram tabulados possibilitando a estimação dos modelos e calibração das funções de utilidade.

4.4 Caracterização da Amostra

Destacam-se as principais características dos usuários de combustíveis entrevistados. A tabela 11 apresenta a frequência dos tipos de veículos. O mais freqüente utiliza gasolina e foi adaptado para GNV, com participação de 62% do total da amostra. O veículo a álcool foi encontrado somente uma vez e o veículo “flex-fuel”, que permite uso de gasolina e álcool, foi encontrado 17 vezes. Os veículos a gasolina corresponderam a 31, representando 13% da amostra.

⁵ Encontram-se no anexo B;

⁶ Encontra-se no anexo A. A diferença entre cartões e questionários, é que este último capta eventos que já aconteceram, ou seja, o entrevistado revela apenas o ocorrido. Nos cartões de preferência declarada são incluídos cenários hipotéticos que nem sempre condizem com a realidade, mas são de interesse para o pesquisador.

Tabela 11 Frequência dos tipos de veículos da amostra dos dados de PR

TIPO DE VEÍCULO	FREQUÊNCIA	PERCENTUAL
Álcool e GNV	17	7,0%
Gasolina e GNV	149	61,6%
Gasolina	31	13%
Álcool	1	0,4%
Gasolina e Álcool	17	7,0%
Gasolina, Álcool e GNV	27	11%
Total	242	100%

Fonte: Dados da pesquisa

A tabela 12 apresenta a frequência das opiniões dos respondentes com respeito ao quesito segurança dos veículos movidos a GNV. Dos entrevistados, 13% disseram não achar o GNV seguro, enquanto a maioria (84%) achou o GNV seguro, e 3% restantes não souberam responder. Declarações do tipo “não me sinto seguro dentro de um veículo a GNV”; “tenho medo que ocorra uma explosão do cilindro” ou “sinto insegurança no momento do abastecimento” foram mencionadas no decorrer do levantamento de dados.

Esta constatação confirma o estudo realizado por Mesquita (2005) que retrata o grande desafio a ser enfrentado pela indústria do GNV, no lançamento de campanhas publicitárias, atacando os pontos negativos deixados pelo energético no início de sua inserção no mercado, visto que, inicialmente as técnicas de conversão não eram tecnologicamente desenvolvidas como as praticadas atualmente, o que provocou a ocorrência de alguns acidentes.

Tabela 12 Opinião com respeito ao quesito segurança dos veículos a GNV

OPINIÃO	FREQUÊNCIA	PERCENTUAIS
Acha seguro	146	84%
Não acha seguro	27	13%
Não sabe	5	3%
Total	178	100%

Fonte: Dados da pesquisa

A tabela 13 apresenta o nível de escolaridade dos entrevistados. Percentual de 36% dos informantes tinha nível médio, seguido de 35% com nível superior e de 12% de pessoas com o nível fundamental completo.

Tabela 13 Nível de escolaridade dos entrevistados

NÍVEL DE ESCOLARIDADE	FREQUÊNCIA	PERCENTUAIS
Fundamental incompleto	12	8%
Fundamental completo	11	12%
Médio incompleto	1	1%
Médio completo	55	36%
Superior incompleto	19	8%
Superior completo	79	35%
TOTAL	177	100%

Fonte: Dados da pesquisa

A tabela 14 apresenta a frequência dos postos de combustíveis preferido pelos entrevistados. Observa-se que 53% dos entrevistados optaram pelo abastecimento no posto de combustíveis Mastergás Eptácio, e 10% optaram pelo abastecimento no posto Oceania BR, com os 37% restantes, pelos demais postos distribuídos pela cidade.

O posto Mastergás Eptácio é o de maior volume de vendas, aproximadamente 40% do volume ofertado pelo mercado, segundo seu proprietário. O posto Oceania está localizado na BR 230, possuindo uma localização privilegiada, perto de dois hipermercados com um grande fluxo de veículos em seu entorno.

Tabela 14 Frequência dos postos de combustíveis preferidos pelos entrevistados

POSTOS DE ABASTECIMENTO	PERCENTUAIS
Mastergás Eptácio	53%
Oceania BR	10%
Outros	37%
TOTAL	100%

Fonte: Dados da pesquisa

A figura 5 apresenta a distribuição dos entrevistados por faixa de renda familiar. A maior parte dos consumidores entrevistados pertence à família com renda entre 1500 e 2000 reais. Aproximadamente 56% das famílias têm renda entre 500 e 2500 reais.

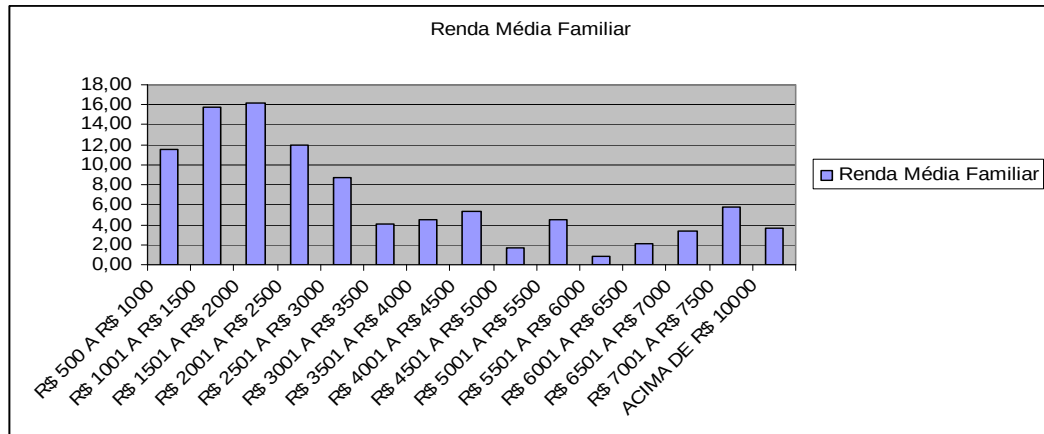


Figura 5 Renda média do grupo familiar dos entrevistados

Fonte: Dados da pesquisa

4.5 Funções de utilidade

As funções de utilidade construídas a partir dos dados de preferência revelada têm a forma:

$$U_i^{PR} = f(CC_i^{PR}, SG_i^{PR})$$

onde U_i^{PR} corresponde a utilidade ordinal da alternativa i , podendo i se referir a seis opções de veículos/combustíveis: gasolina (G), álcool (AL), gasolina e GNV (GGNV), álcool e GNV (AGNV), gasolina e álcool (GAL) e álcool, gasolina e GNV (AGGNV).

As variáveis independentes são o custo do combustível da alternativa i (CC_i^{PR}) e um atributo de segurança de cada alternativa i (SG_i^{PR}).

Assim, como exemplo, a função de utilidade para a alternativa veículo apenas com gasolina é dada por:

$$U_G^{PR} = f(CC_G^{PR}, SG_G^{PR})$$

As funções de utilidade elaboradas a partir dos dados de preferência declarada, são do tipo: $U_i^{PD} = f(CC_i^{PD}, EB_i^{PD}, DP_i^{PD})$, com cada uma das variáveis correspondente à:

U_i^{PD} : Utilidade ordinal da alternativa i do modelo de preferência declarada, podendo corresponder a: gasolina (G), gasolina e álcool (GAL), gasolina e GNV (GGNV) e álcool e GNV (AGNV);

CC_i^{PD} : Custo do combustível da alternativa i do modelo de PD;

EB_i^{PD} : Valor do atributo espaço do bagageiro ou carroceria (variável dummy), da alternativa i do modelo de PD;

DP_i^{PD} : Valor do atributo disponibilidade de postos, da alternativa i do modelo de PD.

Os atributos selecionados para compor os questionários sócio-econômicos de preferência revelada (PR) e de preferência declarada (PD) foram incorporados na estimação das funções de utilidade. Para PR, os atributos escolhidos foram custos com combustível (CC) e segurança (SG), devido à importância dada pelos consumidores aos mesmos. Enquanto para PD, o custo com cada combustível disponível (GNV, gasolina e álcool), espaço bagageiro (EB) e disponibilidade de postos (DP), foram os atributos escolhidos para compor o cenário hipotético, respaldado pela técnica de PD.

O atributo custo com combustível (CC), foi calculado por:

$$CC = DP \times \frac{PC}{DE}$$

em que:

CC: Custo semanal com combustível em R\$;

DP: Distância média semanal percorrida, em km;

PC: Preço do combustível, em R\$/L ou $R\$/m^3$;

DE: Desempenho específico, em Km/L ou Km/m^3 .

Para os combustíveis álcool e gasolina, PC correspondeu aos preços médios unitários praticados no mercado da cidade de João Pessoa/PB, que foram de R\$ 2,48 para a gasolina e R\$ 1,79 para o álcool, em agosto de 2007, segundo dados da ANP.

Para veículos bi-combustíveis foi feito uma média ponderada dos custos por quilômetro rodado. De acordo com o percentual médio de uso de cada combustível, indicado pelo consumidor, foi considerado um fator de ponderação de 10% para a gasolina e de 90% para o GNV, ou seja, para cada 100 km, 90 km são rodados com GNV e o restante com gasolina ou álcool, percentuais estes também verificados no estudo de Brandão Filho (2005).

Quanto ao desempenho, foi utilizado para os veículos movidos à gasolina 10 Km/l, a álcool 08 Km/l e para os veículos movidos a GNV, $12\text{ Km}/m^3$; estes valores tiveram como referência o estudo de Brandão Filho (2005), que utilizou este desempenho baseado em dados do CT Gás 2005.

O atributo segurança (SG) reflete a opinião dos entrevistados quanto à segurança do Kit de GNV nos veículos. Este tipo de variável pode ser quantificada através da

formulação de variáveis artificiais que assumem os valores 1 ou 0, com 1 indicando a presença desse atributo e 0, sua ausência. Neste caso, o 1 indica que o Kit de GNV é considerado seguro para os indivíduos e 0 que o mesmo não é seguro.

Semelhante ao atributo SG, o espaço do bagageiro ou carroceria (EB), é outra variável binária, assumindo o valor 1 quando é promovida uma redução no espaço do bagageiro semelhante a colocação de um Kit de GNV e 0 para a não redução.

Por último, o atributo disponibilidade de postos (DP), que tem por objetivo captar o nível de sensibilidade do usuário quanto ao número de postos disponíveis para abastecimento, é classificada como uma variável categórica assumindo valores de 1 para 100% dos postos disponíveis, 0.50 para 50% e 0.25 para 25%.

Estes valores para DP não foram assumidos aleatoriamente. Gujarati (2006), evidencia que não é absolutamente essencial que as variáveis binárias assumam os valores 1 ou 0. O par (0,1) pode ser transformado em qualquer outro par por uma transformação linear como $Z = a + bD(b \neq 0)$, onde a e b são constantes e onde D=1 ou 0. Quando D=1, temos $Z=a+b$ e quando D=0, temos $Z=a$. Então, o par (0,1) fica sendo (a, a+b). Por exemplo, se a=1 e b=2, a variável binária será (1,3).

5 Resultados e Discussão

Nesta seção analisam-se as estimações para as funções de utilidade obtidas através do modelo Logit Binário que apresentou maior eficiência segundo a análise estatística, procurando minimizar o número de variáveis no modelo em algumas situações com a finalidade de evitar redundâncias e poucas significâncias. A variável dependente é a utilidade do consumidor dada às alternativas de combustíveis disponíveis para a sua escolha e os atributos descritos na sessão 4.5. Cada atributo tem a sua probabilidade de influência sobre a satisfação do usuário de cada combustível separadamente. Foram estimados modelos com dados de preferência revelada e declarada separadamente.

5.1 Modelos com Dados de Preferência Revelada

Apresentam-se os resultados de quatro modelos na tabela 15. Os parâmetros estimados dos demais foram comprometidos em detrimento da perda de graus de liberdade (GL), ou seja, quanto maior o número de variáveis dummy no modelo maior a perda de GL. Os modelos para utilidade de veículo movido exclusivamente a álcool e aos três combustíveis simultaneamente (álcool, gasolina e GNV) não foram estimados, pois, a amostra possuía somente 01 veículo movido exclusivamente a álcool, e 12 a álcool, GNV e gasolina, sendo um número de observações insuficientes para a obtenção de um modelo com parâmetros eficientes.

Tabela 15 Resultado das estimações dos modelos com dados de PR

	Coeficiente β_1 (CC)		Coeficiente β_2 (SG)	
Modelo 1	0,0034	(-0,6907) *	-3,1376	(-3,0933) *
Modelo 2	0,0019	(1,0651) *	-2,0009	(-4,6016) *
Modelo 3	-		-41,3941	(0,0009) *
Modelo 4	-		-40,5363	(0,0001) *

(*) Nível de significância de 5% ** Nível de significância de 10%

Modelo 1, 2, 3 e 4 correspondem à: utilidade dos usuários de veículos movidos a gasolina; movidos a gasolina e GNV; a álcool e GNV; e gasolina e álcool.

Fonte: Dados da pesquisa

No modelo 1, o atributo segurança (SG) apresentou sinal teoricamente esperado, uma vez que quanto maior a percepção do indivíduo de que o veículo movido a GNV

não é seguro, maior a desutilidade gerada, inibindo a conversão de seu veículo atual a gasolina para bi-combustível gasolina e GNV. Neste caso, a probabilidade de influência é de -3,13% do atributo segurança, na utilidade do indivíduo. Quanto à significância estatística, o coeficiente se mostrou estatisticamente significativo a 5%. A variável custo com combustível (CC) não apresentou sinal teoricamente esperado e não foi estatisticamente significativo a 5%.

Quanto aos usuários de veículos movidos a GNV e Gasolina, representados pelo modelo 2, o atributo segurança (SG) apresentou significância estatística a 5%, e sinal teoricamente esperado, pois, o nível de segurança do kit de GNV ainda é um fator negativo no momento de decidir pela conversão. A probabilidade deste foi de 2% sobre a utilidade dos usuários, o que leva a maior confiança na segurança do Kit pelos indivíduos que já possuem o mesmo. O atributo (CC), não apresentou sinal teoricamente esperado e não revelou significância estatística a 5%.

No modelo 3, foi retirado o atributo (CC), porque havia somente um veículo movido à álcool na amostra dos dados de preferência revelada, não sendo possível a estimação do modelo com este atributo. O atributo (SG) apresentou sinal teoricamente esperado, com uma relação negativa com a utilidade do consumidor, embora não foi estatisticamente significativo a 5%.

Por fim, no modelo 4, que representa os usuários de veículos “flex”, álcool e gasolina, o atributo (CC) foi retirado da estimação por possuir um número insuficiente de observações para estimação. Quanto ao atributo segurança, embora apresente sinal teoricamente esperado, o mesmo não foi estatisticamente significativo.

5.2 Modelos com Dados de Preferência Declarada

A tabela 16 apresenta as estimações dos parâmetros para quatro modelos selecionados, visto que os parâmetros estimados dos demais foram comprometidos em virtude da perda de graus de liberdade (GL). Foi estimado um modelo para cada categoria de consumidores.

Tabela 16 Resultado das estimações dos modelos com dados de PD

	β_1 (CC)		β_2 (EB)		β_3 (DP)	
Modelo 1	0,0006	(0,4488) *	97,2118	(0,0008) *	-54,8378	(0,0004) *
Modelo 2	-0,0008	(-0,6882) *	0,3627	(1,0855) *	5,6016	(5,2539) *
Modelo 3	-	-	42,3956	(0,0008) *	-	-
Modelo 4	0,0107	(3,6850) *	-	-	1,6166	(3,3871) *

(*) Nível de significância de 5%

Modelo 1,2,3 e 4 correspondem à: utilidade dos usuários de veículos movidos a gasolina; movidos a gasolina e álcool ; a gasolina e GNV; e álcool e GNV.

Fonte: Dados da pesquisa

O modelo 1 representa os indivíduos que optaram por veículos movidos exclusivamente a gasolina. Observa-se que as estimações da utilidade destes consumidores é explicada por três atributos distintos. O atributo custo com combustível, não apresentou sinal esperado, e não foi estatisticamente significativo a 5%. O atributo espaço no bagageiro ou carroceria (EB) apresentou sinal positivo, o que era esperado, pois, os indivíduos que optaram por veículos movidos à gasolina são pouco sensíveis à redução no espaço no bagageiro, visto que, o mesmo não apresenta redução, a menos que instale um kit de GNV. O atributo disponibilidade de postos (DP) tem uma elevada probabilidade de influência na utilidade dos consumidores, pois, quanto menor o número de postos maior a dificuldade de abastecimento, gerando uma desutilidade para o consumidor. Este atributo não foi estatisticamente significativo a 5%.

Em seguida, no modelo 2, que representa a utilidade dos usuários de veículos movidos a gasolina e álcool, o atributo (CC) apresentou sinal teoricamente esperado indicando um aumento da “desutilidade” da alternativa com elevação do custo, embora, não foi estatisticamente significativo a 5%. Semelhante ao modelo 1 o atributo (EB) apresentou sinal positivo, sendo que os usuários de veículos “flex” são pouco sensíveis a redução no espaço do bagageiro. Quanto ao atributo disponibilidade de postos (DP), o sinal foi o esperado, pois, os usuários possuem duas alternativas de combustíveis, álcool e gasolina, e portanto o número de postos disponíveis para abastecimento é maior. Este atributo foi estatisticamente significativo a 5%.

No modelo 3, foram retirados da estimação os atributos (CC) e (DP), devido ao número insuficiente de observações. Quanto ao atributo (EB), o mesmo não foi estatisticamente significativo, e apresentou sinal oposto ao esperado.

Por último, no modelo 4, que representa a utilidade dos usuários de veículos movidos a álcool e GNV, o atributo (EB) foi retirado da estimação, visto que, os cartões de preferência declarada não contemplavam este atributo, para veículos movidos a GNV e álcool. O atributo disponibilidade de postos (DP) apresentou sinal esperado uma vez que o usuário tem duas opções de combustíveis a serem utilizados em seu veículo, álcool e GNV e portanto o número de postos disponíveis para abastecimento é maior, proporcionando maior nível de utilidade para o consumidor. Este atributo (DP) foi estatisticamente significativo a 5%. O atributo (CC), significativo a 5%, não teve o sinal do coeficiente estimado esperado teoricamente.

5.3 Estática Comparativa

Nas seções 5.1 e 5.2 foram estimados modelos de preferência revelada e declarada incluindo os atributos de maior importância para a decisão do indivíduo em converter ou não o seu veículo para GNV. Contudo, após a instalação do kit de GNV, o consumidor se depara com outro problema, o de decidir qual combustível utilizar em seu veículo.

O preço do GNV e de seus substitutos são variáveis importantes para a decisão de qual combustível escolher. Para mensurar o impacto de variações nos preços dos combustíveis substitutos sobre a demanda por GNV, faz-se necessário a elasticidade de substituição a qual pode ser estimada econometricamente, o que não foi possível devido à falta de séries temporais do consumo de gasolina e álcool para a cidade de João Pessoa/PB.

Contudo, supondo valores para as elasticidades de substituição que contemplem três cenários, de elasticidade de substituição baixa, média e alta, e ainda utilizando a função de utilidade CES (constant elasticity of substitution), por possuir propriedades atrativas, pode-se, com os valores arbitrários das elasticidades de substituição, obter estimativas da fração da renda destinada ao consumo de combustíveis dos consumidores entrevistados.

Para tanto, além das suposições da utilidade CES e das elasticidades de substituições (nos três cenários), utilizaram-se os dados obtidos nos questionários de preferência revelada para se obter a demanda mensal agregada média, de cada combustível (Gasolina, álcool e GNV) e a renda agregada média dos consumidores de cada combustível (Tabela 17).

Tabela 17 Estimativas dos dados de preferência revelada

Combustíveis	Preço*	Demanda agregada**	Renda agregada***
Gasolina/L	R\$ 2,48	4.960 litros	R\$ 115.513,50
Álcool/L	R\$ 1,79	954 litros	R\$ 47.756,50
GNV/ m^3	R\$ 1,70	29.492 m^3	R\$ 471.806,50

* Preço médio ANP em julho de 2007

** $\sum_{i=k}^n \bar{X}_i$ Demanda agregada mensal, onde i e $n = 1, \dots, k$.

*** $\sum_{i=k}^n \bar{M}_i$ onde, i e $n = 1, \dots, k$.

Substituindo os valores da tabela 17 na função demanda marshalliana

$$x_1 = \alpha_1 \frac{M(P_1)^{\frac{1}{\rho-1}}}{(P_1 + P_2)^{\frac{\rho}{\rho-1}}} \text{ e } x_2 = \alpha_2 \frac{M(P_2)^{\frac{1}{\rho-1}}}{(P_1 + P_2)^{\frac{\rho}{\rho-1}}}, \text{ resultante do problema de maximização}$$

dada a suposição de utilidade CES, apresentado no anexo C, e assumindo por hipótese os valores das elasticidades de substituição para três cenários, $\rho = 0,5$, $\rho = 1,5$ e $\rho = 3,0$, obtêm-se os valores de α_1 e α_2 apresentados na tabela 18:

Tabela 18 Estimativas das frações de renda gastas com gasolina e gnv

Cenários	(α_1) Gasolina	(α_2) GNV
$\rho = 0,5$	0,06	0,18
$\rho = 1,5$	0,51	6,45
$\rho = 3,0$	0,23	1,68

Fonte: Dados da pesquisa⁷

Observa-se que, quando o consumidor tem uma baixa elasticidade de substituição, ele gasta 18% de sua renda com GNV e 6% com gasolina. Quando $\rho = 1,5$, a fração da renda destinada ao consumo de GNV e gasolina apresenta uma grande diferença, onde 51% da renda passa a ser destinado ao consumo de gasolina. Por último, quando assume-se elasticidade de substituição alta ($\rho = 3,0$), há uma queda no percentual da renda destinada ao consumo de gasolina e de GNV.

A partir das frações estimadas na Tabela 18, fez-se o exercício de elevação no preço da gasolina em 50%. Que mudanças ocorreriam com a fração da renda destinada

⁷ Valores calculados baseado nos dados obtidos na aplicação dos questionários de preferência revelada.

ao consumo de ambos os combustíveis? A tabela 19 apresenta os impactos sobre os parâmetros α_1 e α_2 .

Tabela 19 Variações sobre as frações de renda após elevação no preço da gasolina

Cenários	(α_1) Gasolina	(α_2) GNV
$\rho = 0,5$	0,11	0,13
$\rho = 1,5$	0,49	14,07
$\rho = 3,0$	0,28	2,48

Fonte: Dados da pesquisa

Após elevação dos preços, a fração de renda destinada ao consumo de gasolina aumentou consideravelmente. Quando $\rho = 0,5$, a parcela da renda destinada ao consumo de GNV reduziu, e para a gasolina aumentou em 5%. Para uma alta elasticidade substituição ($\rho = 3,0$), o consumidor passa a substituir gasolina por GNV, pois, a fração da renda destinada ao consumo de GNV torna-se proporcionalmente maior que a destinada ao consumo de gasolina.

6 Conclusões

A importância do mercado de combustíveis alternativos pode ser demonstrada com detalhes ao longo deste trabalho. Destaca-se que além do GNV proporcionar vantagens ecológicas, gera vantagens financeiras, sendo esta última o principal estímulo para o crescimento do número de veículos movidos a GNV.

A expansão do mercado foi marcada por constantes intervenções do governo para manter a vantagem econômica ainda proporcionada pelo GNV em relação aos outros combustíveis, como a isenção de impostos.

A existência de estudos que melhor caracterizem o mercado e identifique as variáveis que influenciam o consumidor a adquirir a tecnologia do GNV são importantes para dar respaldo às políticas do setor. Neste contexto, conhecer as preferências dos consumidores e identificar quais variáveis são importantes no seu processo decisório é essencial.

Alguns resultados encontrados nos modelos estimados estão de acordo com o esperado. A probabilidade do atributo segurança apresentou sinal esperado e significância estatística nos modelos 1 e 2 estimados com dados de preferência revelada, variando de -2,0% à -3,0%, ou seja, quanto maior a percepção do indivíduo de que o veículo movido a GNV não é seguro, maior a desutilidade gerada, inibindo sua decisão pela conversão de seu veículo.

A probabilidade estimada do atributo disponibilidade de postos no modelo 4 com dados de preferência declarada foi de 3,38%, revelando que o número de postos disponíveis gera utilidade para os proprietários de veículos movidos a álcool e GNV, como também, para todos os outros indivíduos, pois, quanto maior o número de postos de combustíveis disponíveis na região, maior a satisfação dos usuários.

Ressalta-se que os resultados obtidos com as duas técnicas diferem, pois os dados de preferência revelada baseiam-se em fatos já ocorridos, ao contrário dos de preferência declarada, estes últimos baseados em situações hipotéticas. Os modelos estimados com dados de PD possibilitam fazer previsões de longo prazo, como por exemplo, calcular a probabilidade do atributo espaço no bagageiro ou carroceria (EB) considerado em veículos que não possuem o kit de GNV.

Em geral, é difícil dizer qual destas abordagens é a melhor. A questão continua aberta a investigações empíricas, embora alguns autores destacam que a utilização de dados conjuntos de PR e PD conduz a resultados mais satisfatórios.

Além da análise dos atributos para a decisão do indivíduo em converter ou não o seu veículo para GNV, após a instalação do kit de GNV, o consumidor se depara com outro problema, o de decidir qual combustível utilizar em seu veículo. Supondo valores para elasticidades de substituição e uma função utilidade CES, mensurou-se a sensibilidade do indivíduo que possui um veículo que pode utilizar tanto gasolina como GNV a uma variação no preço da gasolina.

Em resposta aos valores das elasticidades de substituição assumidos, as estimativas pontuais das frações de renda gastas variaram de 0,06 a 14,07. Após elevação dos preços, a fração de renda gasta com o consumo de gasolina aumentou consideravelmente, mas, para uma elasticidade de substituição alta $\rho = 3,0$ o consumidor passa a substituir gasolina por GNV, tornando a parcela de renda destinada ao consumo de gasolina proporcionalmente maior que a de GNV.

Recomenda-se, para estudos posteriores, o uso de outros modelos, como o de escolha discreta, mixed logit ou nested logit, para as mesmas fontes de dados e a comparação dos resultados. Além disso, com a possibilidade de séries temporais dos consumos dos combustíveis substitutos do GNV, pode-se estimar as elasticidades de substituição e assim ter maior poder de prever variações nos gastos dos consumidores dadas alterações nos preços dos combustíveis.

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). Gás Natural Veicular: Mercado em Expansão. Superintendência de Comercialização e Movimentação de Gás Natural. Ministério das Minas e Energia. Agência Nacional de Petróleo. Agosto de 2003. Disponível em <http://www.anp.gov.br/doc/gas/nota_tec_023.PDF> Acesso em: 22 mar. 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). Levantamento de Preços por Estado – 2007. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/i_preco/include/Resumo_Semanal_Index.asp>. Acesso em: mar. 2007.

ALFINITO, Solange. **Determinação de Atributos de Preferência do Consumidor na Escolha de uma Instituição de Ensino Superior no Distrito Federal.** 2002. Dissertação Mestrado (Mestrado em Economia de Empresas)-Universidade Católica de Brasília. Brasília, 2002.

AMEMIYA, T. **Qualitative response models: A Survey.** Journal of Economic Literature. 19, 4, 1981, p. 481-536.

BASTOS, Lia Caetano. **Planejamento da Rede Escolar: Uma Abordagem Utilizando Preferência Declarada.** 1994. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia de Produção)-Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1994.

BATES, J. **Theoretical basis and other Key issues. Introduction to Stated Preference Techniques.** Mimeo: University of Oxford. 1991.

BEER, T. et al. **Fuel-cycle greenhouse gas emissions from alternative fuels in Australian heavy vehicles.** Atmospheric Environment, Pergamon. 2001.

BEN - Balanço Energético Nacional. Ministério de Minas e Energia, Brasília, 2003.

BEN - Balanço Energético Nacional. Ministério de Minas e Energia, Brasília, 2006.

BEN-AKIVA, M; MORIKAWA, T; SHIROISHI, F. **Analysis of Reliability of Preference Ranking Data**. Journal of Business Research, v. 23, p 283-286, 1991.

BRITISH PETROLEUM-BP (on-line). Disponível em: <http://www.bp.com>. Acesso em: maio 2007.

BRANDÃO FILHO, José Expedito. **Previsão de Demanda por Gás Natural Veicular: Uma Modelagem Baseada em Dados de Preferência Revelada e Declarada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes)-Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2005.

BRANDLI, Luciana Londero; HEINECK, Luiz Fernando Mahlmann. **As Abordagens dos Modelos de Preferência Declarada e Revelada no Processo de Escolha Habitacional**. Luciana Londero Brandli, Luiz Fernando Mahlmann. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre, 2005.

BROWNSTONE, David; TRAIN, K. Forecasting new product penetration with flexible substitution patterns. **Journal of Econometrics**, v. 89, p. 109-129, 1999.

BROWNSTONE, David; BUNCH, David S; TRAIN, Kenneth. **Joint mixed logit models of stated and revealed preferences for alternative-fuel vehicles**. Transportation Research Part B, 34, p. 315-338, 2000.

CAMARGO, Odair; GONÇALVES, Mirian Buss; LIMA, Milton Luiz Paiva. **Comparação entre as estratégias de ordenação e de avaliação em preferência declarada aplicadas ao transporte de soja no oeste paranaense**. Odair Camargo, Mirian Buss Gonçalves, Milton Luiz Paiva Lima. XIV ANPET: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. São Paulo, 2000.

COMPANHIA DE GÁS DO CEARÁ (CEGÁS). Mapa do Gasoduto Nordeste – 2007. Disponível em: < <http://www.egas.com.br/imagens/grafgasnordestao.gif> >. Acesso em: 25 mar. 2007.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB), 2007. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/emissoes/proconve2.asp>. Acesso em: 19/03/2007.

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P.S. (2000) ***Business research methods***. McGraw-Hill: Boston.

CENTRO DE TECNOLOGIA DO GÁS (CTGÁS). **Percentuais de redução de emissão de poluentes do GNV em relação à gasolina**. Informação não publicada, disponível diretamente para o autor em <http://www.ctgas.com.br>. Acesso em: 19 mar. 2007.

CURTARELLI, Leoveraldo; ROCHA JÚNIOR, Weimar Freire. R.; SHIKIDA, Pery Francisco Assis. Modelagem Comportamental pela Técnica da Preferência Declarada Aplicada aos Agricultores de Santa Helena (PR). **Revista de Economia Rural**, Rio de Janeiro, v. 44, n,02, p. 243-262, abr/jun 2006.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DA PARAÍBA (DETRAN-PB) **Frota de Veículos Leves por Combustível no Estado da Paraíba**. Disponível em: <<http://www.detran.pb.gov.br>>. [Acessado em 2007-várias datas].

ENGEL, J.F., BLACKWELL, R.D.M.; MINIARD, P.W. **Comportamento do Consumidor**. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

EUROPEAN NATURAL GÁS VEHICLE ASSOCIATION (ENGVA). **Natural Gas Vehicles and their Impact on Global Warming**. The Netherlands. Disponível em <<http://www.engva.org>> Acesso em: março de 2007.

GÁS BRASIL Sobre GNV: Apresenta as principais características do GNV e uma Breve Explicação do Mercado Atual. Disponível em <<http://www.gasbrasil.com.br/>>. Acesso em: março de 2007.

GASNET. Evolução da Frota à GNV no Brasil. (2007) Disponível em: <<http://www.gasnet.com.br>>. Acesso em: março de 2007.

GOLDNER, L. G. e SILVA, R. H. **Uma análise dos supermercados como Pólos Geradores de Tráfego**. X ANPET: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Brasília, 1996.

GREENE, William. H. **Análisis Econométrico**. 3. ed. Madrid: Pearson Educación, 1999.

GUJARATY, Damodar. **Econometria Básica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2006.

GUSTAFSSON, A.; EHDAHL, F.; BERGMAN, B. **Conjoint Analysis: a useful tool in the design process**. Total Quality Management, v. 10.

GWILLIAM, K. M.. **The Role of Natural Gas in the Transport Sector. Infrastructure**. (2000) Notes, April. Disponível em: <http://www.worldbank.org/transport/publicat/td-ut8.pdf>. Acessado em: maio de 2007.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF NATURAL GAS VEHICLES (IANGV). **Latest International NGV Statistics**. Disponível em <<http://www.iangv.org/default.php?PageID=130>> Acessado em: 21 de março de 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF, 2007.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Biofuel on transport: International Perspective**. France, 2002.

JONES, P. **An overview of stated preference techniques**. PTRC: Course: Introduction to Stated Preference Techniques, 1991.

KNIGHT, Vivian Mac; YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann. **Custo da Poluição Gerada pelos Ônibus Urbanos na RMSP**. Vivian Mac Knight, Carlos Eduardo Frickmann Young. Anpec 2006/ área economia agrícola e do meio ambiente. Fortaleza, 2006.

KOTLER, Philip. **Administração de Marketing: a edição do novo milênio**. 10 ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2000.

KREPS, David. M. **Curso de teoria Microeconômica**. David M. Kreps. McGraw-Hill/interamericana de espana, s.a, Madri, 1995.

LAKATOS, E. M. **Fundamentos da Metodologia Científica**, 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LIMA, M. L. P.; GONÇALVES, M. B. **Um Modelo Comportamental com Variáveis de Atração para Previsão de Escolhas entre Dois Modos de Transporte num Corredor Agrícola de Exportação. Resumo.** Departamento de Materiais e Construção, 2003.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada.** Porto Alegre: Bookman, 2001.

MARQUES, K. W. B. **Preferência declarada aplicada à alocação ótima de alunos às escolas - Um estudo de caso.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia. Universidade Federal do Paraná, 2003.

MAS-COLELL, Andreu. **Microeconomic Theory/** Andreu Mas-Colell, Michael D. Whinston, and Jerry R.Green. Oxford University Press. New York, 1995.

MCFADDEN, D. **Conditional logit analysis of qualitative choice behavior.** In P. Zarembka, ed., *Frontiers in Econometrics*, New York: Academic Press, 1973.

MAY, G. O. **Uma aplicação das técnicas de preferência declarada ao setor hoteleiro de Florianópolis.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.

MESQUITA, C. S. **Perspectiva da Adoção do Gás Natural Veicular: Políticas de Incentivo e Evolução da Demanda em Pernambuco.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, 2005.

MORAES, S. E. G. **O Mercado de Gás Natural no Estado de São Paulo: histórico, cenário, perspectivas e identificação de barreiras.** Dissertação de Mestrado. Programa de Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo-USP, SP, 2003.

NOVAES, A. G. **Técnicas de Preferência Declarada**. Notas de aula. Florianópolis, PPGE/UFSC, 1995.

SANTOS, E.M. **Gás Natural. Estratégias para Uma Energia Nova no Brasil**. Editora Annablume. 1 ed. Rio de Janeiro/RJ: Annablume, 2002.

SCHMIDT, P; STRAUSS, R. **Estimation of models with jointly dependent qualitative variables: A simultaneous logit approach**. *Econométrica*, 43, 1975b, p. 745-755.

SCHMITZ, R. **Uma Contribuição Metodológica para Avaliação da Tarifa de Pedágio em Concessões Rodoviárias**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001

SCHWYTER, A. A. **A Regulação da Distribuição de Gás Natural em São Paulo: Questões e Desafios**. Dissertação de Mestrado. Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia da Universidade de São Paulo-USP, SP, 2001.

SILVA, C. M. T. **Identificação dos atributos para a escolha de serviços bancários sobre a ótica comportamental**. Dissertação (Mestrado em economia de empresas)-Programa de Mestrado em Economia de Empresas. Universidade Católica de Brasília. Brasília, 2002.

SILVA, S. C. **Alternativas para a previsão de demanda de gás natural: um estudo orientado ao Estado do Rio Grande do Sul**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2003.

TERZA, J. Ordinal Probit: A generalization. *Communications in Statistics*, 14, 1985a, p. 1-12.

TUJEEHUT, M. E. **Condicionantes para Formação de um Mercado Spot na Indústria de Gás Natural**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

VARIAN, H. R. **Microeconomic Analysis**. 3. ed. New York: W.W. Norton & Company, 1992.

VARIAN, Hal. R. **Microeconomia: Princípios Básicos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003

Anexo A Cartões de Preferência Declarada

Suponha que o Sr.(a) irá trocar o seu carro e está decidindo entre duas alternativas. Abaixo estão colocados quatro pares de alternativas de veículo, com características que às vezes não correspondem à realidade. Para cada par qual a alternativa que o Sr.(a) considera mais atrativa?

Atributos	Alternativa 1	Alternativa 2
Tipo de Veículo	Somente Gasolina	Bi-Combustível (Álcool e GNV)
Ganho ou Perda Financeira Mensal	Custo de R\$ 150,00	Custo de R\$ 150,00
Quantidade de Postos Disponíveis para Abastecimento	100% dos Postos	25% dos Postos (5 de cada 20)
Espaço do Bagageiro ou Carroceria	Com Redução do Espaço Semelhante à Colocação de um Cilindro de GNV	Sem Redução de Espaço
Escolha		

Atributos	Alternativa 1	Alternativa 2
Tipo de Veículo	Bi-Combustível (Gasolina e Álcool)	Bi-Combustível (Álcool e GNV)
Ganho ou Perda Financeira Mensal	Custo de R\$ 150,00	Custo de R\$ 70,00
Quantidade de Postos Disponíveis para Abastecimento	100% dos Postos	100% dos Postos
Espaço do Bagageiro ou Carroceria	Com Redução do Espaço Semelhante à Colocação de um Cilindro de GNV	Sem Redução de Espaço
Escolha		

Atributos	Alternativa 1	Alternativa 2
Tipo de Veículo	Bi-Combustível (Gasolina e Álcool)	Somente Álcool
Ganho ou Perda Financeira Mensal	Custo de R\$ 70,00	Custo de R\$ 190,00
Quantidade de Postos Disponíveis para Abastecimento	25% dos Postos (5 de cada 20)	100% dos Postos
Espaço do Bagageiro ou Carroceria	Com Redução do Espaço Semelhante à Colocação de um	Sem Redução de Espaço
Escolha		

Atributos	Alternativa 1	Alternativa 2
Tipo de Veículo	Bi-Combustível (Álcool e Gasolina)	Somente Álcool
Ganho ou Perda Financeira Mensal	Economia de R\$ 60,00	Custo de R\$ 30,00
Quantidade de Postos Disponíveis para Abastecimento	50% dos Postos (10 de cada 20)	25% dos Postos (5 de cada 20)
Espaço do Bagageiro ou Carroceria	Sem Redução de Espaço	Com Redução do Espaço Semelhante à Colocação
Escolha		

Anexo B Questionário de Preferência Revelada e de Caracterização Sócio-Econômica

1). Tipo de Veículo Atual

☐ Somente Gasolina

☐ Gasolina e Álcool

☐ Álcool e GNV

☐ Somente Álcool

☐ Gasolina e GNV

☐ GNV, Gasolina e Álcool

2) Marca do Veículo Atual _____ Ano de Fabricação _____

3) Local de Trabalho _____ Local de Residência _____

4) Distância Média Mensal Percorrida no Veículo (km) _____

5) Profissão _____ Escolaridade _____

6) Você acha um veículo movido a GNV seguro? () SIM () NÃO () NÃO SEI

7) Qual Posto da Cidade de João Pessoa você mais abastece?

8) O Sr.(a) teria interesse em converter o seu veículo para GNV? () SIM () NÃO

9) Quais as vantagens ou desvantagens que o Sr.(a) acha de um veículo movido a GNV?

Vantagens _____

Desvantagens _____

10) Renda Média Familiar

() R\$ 500 a R\$ 1000

() R\$ 4.001 a R\$ 4.500

() R\$ 1.001 a R\$ 1.500

() R\$ 4.501 a R\$ 5.000

() R\$ 1.501 a R\$ 2.000

() R\$ 5.001 a R\$ 5.500

() R\$ 2.001 a R\$ 2.500

() R\$ 5.501 a R\$ 6.000

() R\$ 2.501 a R\$ 3.000

() R\$ 6.001 a R\$ 6.500

() R\$ 3.001 a R\$ 3.500

() R\$ 6.501 a R\$ 7.000

() R\$ 3.501 a R\$ 4.000

() R\$ 7.001 a R\$ 7.500

Anexo C Problema do Consumidor

Seja m a quantidade fixa de dinheiro que dispõe um determinado consumidor e $p = (p_1, \dots, p_k)$ o vetor de preços dos bens, $(1, \dots, k)$. O conjunto de cestas acessíveis é o conjunto orçamentário do consumidor, que pode ser representado por:

$$B = \{x \in X : px \leq m\} \quad (1)$$

Em (1), px é a quantidade de dinheiro que o consumidor gasta com os n bens demandados. A restrição orçamentária requer que a quantidade de dinheiro gasta com os n bens não exceda a quantidade total de dinheiro que o consumidor dispõe para gastar.

As cestas de consumo que o consumidor pode adquirir são aquelas cujo custo não exceda m . Esse conjunto de cestas de consumo que o consumidor pode adquirir aos preços $p = (p_1, \dots, p_k)$ e renda m é denominado conjunto orçamentário (VARIAN, 1992).

Contudo, o problema de maximização das preferências pode ser representado da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \max u(x) \quad (2) \\ \text{Sujeito a } px \leq m \end{aligned}$$

sendo, $x \in X$.

A função objetivo (2) é contínua com o conjunto de restrições fechado; o conjunto ótimo de escolha é homogêneo de grau zero, dados os preços e a renda.

Diante do exposto, o problema a ser resolvido é qual a dotação ótima maximizadora de utilidade? Para solução deste problema é preciso especificar uma função objetivo que melhor represente as preferências destes consumidores, e em seguida resolver o problema de maximização.

Maximização da função de utilidade CES (constant elasticity of substitution)

Para a maximização da função de utilidade, para cada categoria, as cestas de consumo serão divididas em duas sub-cestas, adotando a forma (X_1, X_2) , onde X_1 representa o vetor de consumo de gasolina e X_2 o vetor de consumo de GNV. Também, subdividimos o vetor de preços da mesma maneira, em que, P_1 é o vetor de preço médio da gasolina e P_2 é o vetor de preço médio do GNV. Com esta notação o problema de maximização de utilidade pode ser expresso por:

$$\begin{aligned} \text{Max } U(x_1, x_2) &= [\alpha_1 x_1^\rho + \alpha_2 x_2^\rho]^{\frac{1}{\rho}} \\ \text{S.A } p_1 x_1 + p_2 x_2 &= m \end{aligned}$$

Para agregação da função anterior, basta construir um índice de quantidade escalar, X , e um índice de preços escalar, P , que são funções do vetor de quantidade e do vetor de preços, onde:

$$\begin{array}{lll} P = f(p) & Q = f(q) & M = f(m) \\ X = g(x) & Y = f(y) & \end{array}$$

Supõe-se que, P_1 é o preço médio da gasolina e x_1 é a quantidade média consumida de gasolina, P_2 é o preço médio do GNV e x_2 é a quantidade média consumida de GNV. Supondo que $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$, temos que:

$$\begin{aligned} \text{Max } U(x_1, x_2) &= [x_1^\rho + x_2^\rho]^{\frac{1}{\rho}} \\ \text{S.A } p_1 x_1 + p_2 x_2 &= m \end{aligned}$$

A função custo correspondente à tecnologia CES tem a seguinte forma $C(w, y) = (w_1^r + w_2^r)^{\frac{1}{r}}$, sendo que $r = \frac{\rho}{(\rho - 1)}$. Portanto, a função de gasto correspondente à função CES pode ser representada como se segue:

$$e(P, U) = (P_1^r + P_2^r)^{\frac{1}{r}}$$

A função de utilidade indireta se obtém invertendo a equação da função gasto anterior:

$$V(p, m) = (p_1^r + p_2^r)^{-\frac{1}{r}}$$

E aplicando a identidade de Roy, obtém-se as funções demanda:

$$\begin{aligned} X_1(p, m) &= \frac{-\partial v(p, m) / \partial p_1}{\partial v(p, m) / \partial m} = \frac{\frac{1}{r} (p_1^r + p_2^r)^{-\left(1+\frac{1}{r}\right)} m r p_1^{r-1}}{(p_1^r + p_2^r)^{-\frac{1}{r}}} \\ X_1(p, m) &= \frac{p_1^{r-1} \cdot m}{(p_1^r + p_2^r)} & X_2(p, m) &= \frac{p_2^{r-1} \cdot m}{(p_1^r + p_2^r)} \end{aligned}$$

Se $\alpha_1 \neq 0$ e $\alpha_2 \neq 0$ tem-se que:

$$X_1(p, m) = \alpha_1 \frac{p_1^{r-1} \cdot m}{(p_1^r + p_2^r)} \quad X_2(p, m) = \alpha_2 \frac{p_2^{r-1} \cdot m}{(p_1^r + p_2^r)}$$

ou, usando a condição de primeira ordem para maximização de utilidade, sujeito a uma restrição orçamentária, para $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$, tem-se:

Dado: $U(x_1, x_2) = [\alpha_1 x_1^\rho + \alpha_2 x_2^\rho]^\frac{1}{\rho}$, sendo que $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$, tem-se:

$$L(x_1, x_2, \lambda) = [x_1^\rho + x_2^\rho]^\frac{1}{\rho} - \lambda(p_1 x_1 + p_2 x_2 - m)$$

As funções de utilidade de medida monetária correspondente à função de utilidade CES também podem ser obtidas com o uso dos resultados anteriores, desta forma:

$$m(p, x) = (p_1^r + p_2^r)^\frac{1}{r} (x_1^\rho + x_2^\rho)^\frac{1}{\rho}$$