

SERVIÇOS DE CONSULTORIA

SISTEMA RODOVIÁRIO BA-052

ESTUDOS DE ENGENHARIA E TRÁFEGO

PRODUTO 3 - TOMO III
PESQUISA DE PREFERÊNCIA DECLARADA

VeTec
ENGENHARIA

 **BNDES**

 **IFC**
International
Finance Corporation
World Bank Group

REVISÃO 3 - JANEIRO/2016

SERVIÇOS DE CONSULTORIA
ESTUDOS DE ENGENHARIA E TRÁFEGO

SISTEMA RODOVIÁRIO BA-052

PRODUTO 3
PESQUISAS DE VOLUME E CLASSIFICAÇÃO,
ORIGEM-DESTINO E OPINIÃO/PREFERÊNCIA
DECLARADA (DISPOSIÇÃO A PAGAR)

TOMO III

REVISÃO 3
JANEIRO/2016

Sumário

1. Apresentação.....	5
2. Pesquisa de Preferência Declarada	7
2.1. Aspectos Gerais.....	7
2.1.1. Objetivo e Requisitos das Pesquisas.....	8
2.1.2. Abordagem de Análise e Adequação ao Escopo do Projeto	9
2.1.3. Resultados Esperados.....	10
3. Plano de Pesquisas de Preferência Declarada.....	11
3.1. Localização dos Postos de Pesquisa	11
3.2. Programa de Execução das Pesquisas.....	14
4. Caracterização da Amostra	15
4.1. Aspectos Gerais.....	15
4.2. Características da Viagem	17
4.3. Características do Condutor.....	24
4.4. Características do Veículo	25
5. Metodologia das Pesquisas de Preferência Declarada	27
5.1. Formulários de Pesquisa.....	27
5.2. Atributos e Parâmetros.....	30
6. Determinação do Valor do Tempo	35
6.1. Aspectos Gerais.....	35
6.1.1. Importância do Valor do Tempo nos Estudos de Tráfego.....	36
6.2. Modelo de Escolha Discreta.....	37
6.3. Análise dos Dados Coletados	42
6.4. Definição de Variáveis.....	44
6.5. Configuração Geral dos Modelos.....	45
6.6. Resultados	47
6.6.1. Modelo de veículos leves	47
6.6.2. Modelo de veículos comerciais.....	50

Índice de Figuras

Figura 1 - Localização dos postos de pesquisa de Preferência Declarada	13
Figura 2 - Representatividade da amostra das pesquisas de Preferência Declarada	16
Figura 3 - Repartição das entrevistas de Preferência Declarada por categoria de veículos	17
Figura 4 - Distância média de viagem	20
Figura 5 - Frequência acumulada de veículos, por distância percorrida (km)	20
Figura 6 - Tempo de viagem	21
Figura 7 - Frequência acumulada de veículos, por tempo de viagem.....	21
Figura 8 - Frequência da viagem	22
Figura 9 - Quem paga o pedágio	23
Figura 10 - Motivo de viagem (veículos leves)	24
Figura 11 - Renda mensal do agregado (R\$)	25
Figura 12 - Propriedade do veículo	25
Figura 13 - Número de eixos (veículos comerciais).....	26
Figura 14 - Telas para Veículos Leves e Comerciais: Informações gerais.....	28
Figura 15 - Telas para Veículos Leves: Informações sobre a viagem, o veículo e o motorista	28
Figura 16 - Telas para Veículos Comerciais: Informações sobre a viagem, o veículo e o motorista.....	29
Figura 17 - Telas para Veículos Comerciais: Informações sobre a carga transportada	29
Figura 18 - Telas para um exemplo de entrevista de preferência declarada.....	34
Figura 19 - Relação entre ρ_2 e R_2	41
Figura 20 - Valores do Tempo de referência de outros estudos para o Brasil - Veículos Leves	49
Figura 21 - Valores do Tempo de referência de outros estudos para o Brasil - Veículos Comerciais...	51
Figura 22 - Análise de sensibilidade do valor do pedágio para os veículos leves	52
Figura 23 - Análise de sensibilidade do valor do pedágio para os veículos pesados	52

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Descrição dos postos de pesquisa de Preferência Declarada	14
Tabela 2 - Cronograma de execução das pesquisas de Preferência Declarada	14
Tabela 3 - Número de entrevistas de Preferência Declarada	16
Tabela 4 - Repartição das pesquisas de Preferência Declarada por área de origem e destino	18
Tabela 5 - Top (10) dos Municípios	18
Tabela 6 - Top (10) de pares Origem e Destino.....	19
Tabela 7 - Resultados da escolha entre alternativas nas pesquisas de Preferência Declarada	43
Tabela 8 - Descrição das variáveis utilizadas.....	44
Tabela 9 - Resultados dos modelos testados para veículos leves.....	47
Tabela 10 - Valores padronizados dos coeficientes obtidos	49
Tabela 11 - Resultados dos modelos testados para veículos comerciais.....	50

1. Apresentação

O presente documento tem por objetivo apresentar o Produto 3 – TOMO III – Pesquisa de Preferência Declarada (disposição a pagar), que integra o Produto 3 juntamente com os TOMOS I – Pesquisa de Volume e Classificação e II – Pesquisa de Origem–Destino, contendo a análise dos resultados das pesquisas de preferência declarada realizadas no âmbito dos estudos técnico-operacionais de engenharia do Sistema Rodoviário BA-052, de acordo com o planejamento apresentado no Produto 1B – Engenharia, Tráfego e Ponte.

A *International Finance Corporation* (IFC), entidade vinculada ao Banco Mundial, focada no desenvolvimento do setor privado, conjuntamente com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, uniu esforços com o Estado da Bahia para a estruturação, elaboração de licitação e contratação de uma Concessão/PPP com vista à operação, recuperação e manutenção do Sistema Rodoviário BA-052, composto por trechos rodoviários que promovem a ligação de Feira de Santana, importante polo urbano, econômico, financeiro, político e cultural da Bahia, com o interior noroeste do estado da Bahia.

Para os estudos nas áreas de engenharia e tráfego, a IFC contratou a empresa Vetec Engenharia Ltda., conforme Contrato n.º 8005359. Os trabalhos têm por objetivo principal melhorar as condições das rodovias que integram o sistema, visando maior conforto e segurança aos usuários e redução dos custos de transporte, através da minimização dos tempos de viagem e dos custos operacionais associados (combustível, manutenção dos veículos), bem como da redução do número de acidentes, decorrentes da melhoria das características físicas das rodovias de projeto, contribuindo assim para a dinamização econômica e desenvolvimento regional.

O Sistema Rodoviário BA-052 é composto por quatro segmentos de rodovias estaduais (BA-052, BA-148, BA-160 e BA-432), totalizando aproximadamente 688 km de extensão, para o qual estão sendo desenvolvidos estudos e pesquisas com o propósito de caracterizar a sua situação física, funcional e operacional.

Convém destacar que, atualmente, a BA-160 liga o município de Xique-Xique à margem leste do Rio São Francisco, no município de Barra, sendo a continuidade da travessia realizada através de ligação fluvial por meio de balsas.

Assim, visando garantir melhores condições de escoamento dos fluxos de veículos atuais e futuros neste eixo, desenvolver-se-á, complementarmente, um estudo de viabilidade para a construção de uma ponte rodoviária entre os municípios mencionados.

Serão abordados, neste relatório, os seguintes tópicos:

- Pesquisa de Preferência Declarada (Aspectos Gerais)
- Plano de Pesquisas de Preferência Declarada
 - Localização dos postos e programa de execução;
- Metodologia das Pesquisas de Preferência Declarada
- Caracterização da Amostra (Viagem, Condutor e Veículos)
- Determinação do Valor do Tempo
 - Modelo de escolha discreta
 - Análise dos dados recolhidos
 - Definição de variáveis
 - Configuração geral do modelo
 - Resultados

2. Pesquisa de Preferência Declarada

2.1. Aspectos Gerais

Na área dos transportes, a Preferência Declarada refere-se a um conjunto de técnicas que usam as declarações dos indivíduos sobre as suas preferências para um conjunto de opções de transporte, de situações existentes ou de cenários hipotéticos construídos pelo pesquisador, estimando assim a sua função de utilidade (Kroes e Sheldon, 1988).

Neste estudo, as pesquisas de Preferência Declarada realizadas têm por objetivo a avaliação dos critérios de escolha de caminhos dos usuários que trafegam pelas rodovias do Sistema BA-052, em face de diferentes cenários, reais ou hipotéticos, sobre alternativas a este sistema, atuais e futuras. Na prática, tratou-se de caracterizar a sensibilidade dos motoristas que estejam trafegando no Sistema da BA-052, face a diferentes valores de tarifa de pedágio a cobrar (hipoteticamente) no trecho em uso, por comparação com diferentes condições, de tráfego e de pavimento, nas rotas alternativas.

Tratando-se de um levantamento amostral, foram apresentados aos entrevistados conjuntos de diversos cenários (mesmo que apenas hipotéticos), tão amplos quanto possível, que permitam caracterizar o processo de escolha de caminhos com base em diferentes combinações de tempo e custo de viagem e qualidade de serviço oferecido, buscando traduzir características e decisões subjetivas dos condutores na valoração monetária do tempo destes usuários.

Para tanto, um usuário não deverá responder, exclusiva e especificamente, sobre a sua opção real de viagem, mas sim ser colocado na posição de revelar a sua preferência global face a diferentes cenários de escolha possíveis. Quanto maior e mais diversa for a amostra de respostas recolhida, maior a probabilidade de os resultados obtidos refletirem o comportamento tendencial médio dos diferentes usuários do Sistema, diante de diferentes cenários de alternativas que possam ser colocados à sua disposição.

Ainda que o procedimento de pesquisa de Preferência Declarada seguido seja *standard*, o resultado final obtido reflete sempre as características dos condutores da região onde a pesquisa é realizada, em função da tipologia de viagem, das características da oferta rodoviária e do contexto socioeconômico dessa região.

Os resultados destas pesquisas fornecem eficazmente alguns parâmetros essenciais à modelagem da demanda, como o valor do tempo e a disposição para pagar dos usuários para que se obtenham determinados benefícios (*willingness to pay*). O levantamento desta informação é assim crucial para, nas fases seguintes do Estudo de Tráfego, se estimar o impacto da fuga de tráfego decorrente da futura (eventual) implantação de praças de pedágio no Sistema da BA-052.

2.1.1. Objetivo e Requisitos das Pesquisas

O resultado final que se pretende com esta etapa de Pesquisas de Preferência Declarada é a estimativa do Valor do Tempo associado aos condutores que trafegam no Sistema Rodoviário da BA-052. Este parâmetro é fundamental para a construção de qualquer modelo de alocação para simular a escolha de caminhos dos seus usuários, de forma tão aproximada da realidade quanto possível.

Esta simulação requer a quantificação (em unidades monetárias) do custo global da viagem, incluindo custos objetivos (como o custo operacional dos veículos ou o pagamento de pedágio), bem como aqueles para os quais não há um valor econômico facilmente apreendido, mas que estão implícitos no critério de escolha de alternativas de viagem de cada um dos condutores (como o tempo, o conforto e a segurança).

O Valor do Tempo a ser utilizado (em fases subsequentes do estudo) no modelo de alocação traduz o valor monetário que os condutores do Sistema BA-052 revelaram estar dispostos a pagar para poupar tempo (componente subjetiva). Para a obtenção deste parâmetro, as pesquisas de Preferência Declarada têm sempre que simular a cobrança de pedágio na alternativa que oferece as maiores economias de tempo, mesmo que este custo (real) não venha a existir no futuro.

2.1.2. Abordagem de Análise e Adequação ao Escopo do Projeto

O método de Preferência Declarada é “indiferente” aos tipos de intervenções rodoviárias que estejam (ou não) previstas para a área de estudo. A especificidade desta região é dada pelas preferências reveladas dos usuários do Sistema em análise.

Neste sentido, eventuais indefinições que possam existir nesta fase quanto (i) à cobrança ou não de pedágio no Sistema BA-052 ou (ii) aos níveis de qualidade de serviço oferecido na rede de alternativas, atuais ou futuras, não condicionam o procedimento de pesquisa realizado, mantendo-se válidos tanto o método adotado, como os resultados obtidos.

O levantamento de Preferência Declarada realizado consistiu na escolha discreta do entrevistado por uma alternativa rodoviária dentre duas opções concorrentes apresentadas. Para se proceder à análise entre alternativas de caminhos, foi necessário definir quais os critérios para a sua comparação, ao nível de:

- **Atributos** - Conjunto de características de um caminho que define a sua utilidade para o usuário, e
- **Parâmetros** – Resultado da combinação entre níveis de custo, qualidade e eficiência desse mesmo caminho.

Existem atributos para os quais é possível atribuir um valor monetário, tal como o custo operacional dos veículos ou o pagamento de pedágio. Para outros atributos, como o tempo, o conforto e a segurança, a valoração é subjetiva, ficando por conta de cada usuário a definição do nível de preço que estaria disponível a pagar para usufruir de melhores condições do serviço prestado.

2.1.3. Resultados Esperados

Com a realização de pesquisas de Preferência Declarada pretende-se, efetivamente, se estimar o valor do tempo dos diferentes usuários do sistema, como medida de aferir a captação de custos não objetivos.

Apenas o Valor do Tempo constitui um *output* desta etapa do Estudo de Tráfego, refletindo o comportamento padrão dos condutores da área de estudo. Qualquer outra informação extraída destas pesquisas está condicionada, quer pela amostra considerada (dimensão e segmentação), quer pela comparação de alternativas apresentadas aos condutores nas entrevistas de preferência declarada, mesmo quando hipotéticas.

3. Plano de Pesquisas de Preferência Declarada

3.1. Localização dos Postos de Pesquisa

Visando a obtenção de informações que permitam caracterizar o Sistema Rodoviário BA-052 quanto aos critérios de escolha de caminhos dos seus usuários, foram realizadas pesquisas de Preferência Declarada em sete postos distribuídos nos subtrechos homogêneos do Sistema, em locais coincidentes com os das pesquisas de Origem e Destino.

O número de postos considerado está relacionado com a complexidade do Sistema em análise e com o grau de precisão que se pretende para este estudo, visando:

- i. Detectar os principais fluxos da área de estudo;
- ii. Obter um conjunto de informações relevantes que permitam a caracterização do perfil de usuários do Sistema e a sua disponibilidade para o pagamento de pedágio; e
- iii. Permitir a avaliação do tráfego que poderá ser desviado para a rede rodoviária alternativa, como consequência da possível implantação de praças de pedágio na BA-052.

A localização dos postos de pesquisa foi definida de forma a avaliar os deslocamentos de usuários no Sistema Rodoviário BA-052, considerando:

- i. A complexidade da malha rodoviária da área em estudo, tendo em consideração os entroncamentos ou as interseções do Sistema com outras rodovias importantes dentro do contexto regional;
- ii. A presença de cidades de médio porte na área de influência direta da rodovia ou aglomerados urbanos de menor porte lindeiras à rodovia; e
- iii. A existência de indústrias ou polos geradores que contribuam significativamente para a produção e atração de tráfego local.

Sempre que possível, procurou-se locais onde o fluxo de veículos sofresse menor influência de acessos urbanos, com condições favoráveis à execução das pesquisas, ou seja, locais sem declive, próximos a postos de gasolina ou postos da Polícia Rodoviária Estadual e Federal, promovendo assim as melhores condições de trabalho e de segurança.

A figura e a tabela a seguir apresentam, respectivamente, a localização e a descrição dos postos de pesquisa de Preferência Declarada realizados.

SISTEMA RODOVIÁRIO BA-052 - POSTOS DE PESQUISA DE ORIGEM E DESTINO

LEGENDA

- Rodovias e Estradas Federais
- Rodovias e Estradas Estaduais
- Rios principais
- Municípios
- Oceano Atlântico

Postos de Pesquisa

- Contagem Vol. Classificada e Origem e Destino
- Origem e Destino

Subtrechos da BA-052

- Trecho Homogêneo 1
- Trecho Homogêneo 2
- Trecho Homogêneo 3
- Trecho Homogêneo 4
- Trecho Homogêneo 5
- Trecho Homogêneo 6
- Trecho Homogêneo 7
- Trecho Homogêneo 8
- Trecho Homogêneo 9
- Trecho Homogêneo 10
- Trecho Homogêneo 11
- Trecho Homogêneo 12
- Trecho Homogêneo 13
- Trecho Homogêneo 14
- Trecho Homogêneo 15

Subtrechos da BA-160

- Trecho Homogêneo 16
- Trecho Homogêneo 17

Subtrechos da BA-148 / BA-432

- Trecho Homogêneo 18
- Trecho Homogêneo 19
- Trecho Homogêneo 20
- Trecho Homogêneo 21

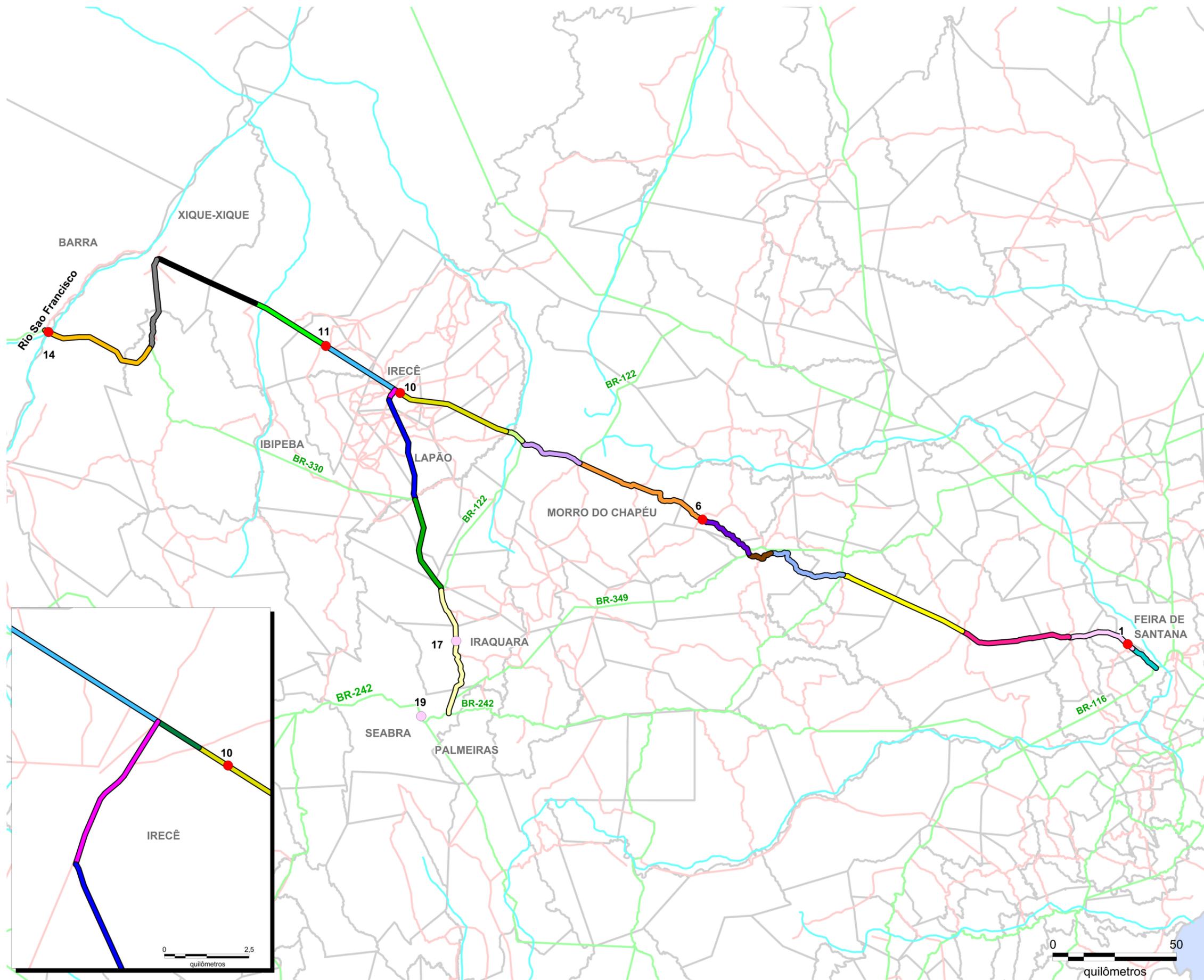


Tabela 1 - Descrição dos postos de pesquisa de Preferência Declarada

Posto	Rodovia	Município	Subtrecho	Local (km)	Descrição
1	BA-052	Anguera	2	14,0	Junto à balança desativada e posto da PRE
6	BA-052	Piritiba	7	211,0	300 metros antes do Posto Barreto
10	BA-052	Irecê	12	349,0	300 metros antes do Posto New Power
11	BA-052	Central	13	384,0	200 metros antes do Posto Conterrâneo
14	BA-160	Xique-Xique	17	83,0	Embarcado nas balsas de travessia do Rio São Francisco
17	BA-432	Iraquara	21	97,0	Junto ao povoado Pau Ferro
19	BR-242	Seabra	-	383,0	Junto ao Posto da Polícia Rodoviário Federal

3.2. Programa de Execução das Pesquisas

As entrevistas de pesquisa de Preferência Declarada ocorreram ao longo de treze dias úteis do mês de agosto de 2015, no período compreendido entre as 7h30 e as 17h30 (período com iluminação natural), com o tempo médio de duração de 4 minutos cada. A seguir, apresenta-se o cronograma de realização destas pesquisas:

Tabela 2 - Cronograma de execução das pesquisas de Preferência Declarada

Posto de Pesquisa	Rodovia	Local aproximado (km)	Dia da semana	Datas
1	BA-052	14,0	quinta-feira	06/08/2015
			sexta-feira	21/08/2015
6	BA-052	211,0	sexta-feira	07/08/2015
			segunda-feira	10/08/2015
			terça-feira	11/08/2015
			quarta-feira	12/08/2015
10	BA-052	349,0	quinta-feira	27/08/2015
			sexta-feira	13/08/2015
11	BA-052	384,0	sexta-feira	21/08/2015
			segunda-feira	24/08/2015
			terça-feira	25/08/2015
14	BA-160	83,0	quinta-feira	13/08/2015
			sexta-feira	14/08/2015
17	BA-432	97,0	segunda-feira	17/08/2015
			terça-feira	18/08/2015
19	BA-242	383,0	segunda-feira	17/08/2015
			terça-feira	18/08/2015

4. Caracterização da Amostra

As pesquisas de Preferência Declarada foram realizadas em conjunto com as pesquisas de Origem e Destino, mas apenas aplicadas a uma parte destes entrevistados. As tabelas e gráficos abaixo apresentam algumas características da amostra considerada para a estimativa do valor do tempo associado aos usuários do Sistema da BA-052.

Como princípio, a definição da amostra das Pesquisas de Preferência Declarada deve garantir que cada um dos segmentos de análise considerados (neste caso, veículos leves e comerciais) esteja representado de forma equitativa (e não relativizado ao peso que cada um destes segmentos representa face ao total).

Por não se respeitar, intencionalmente, o princípio de aleatoriedade da amostra (ao contrário do que acontece nas pesquisas de Origem e Destino), os resultados obtidos nestas pesquisas não devem ser considerados diretamente para a extrapolação ao universo de usuários.

4.1. Aspectos Gerais

No total, foram realizadas 1.238 entrevistas de Preferência Declarada, com uma distribuição bastante equitativa por posto de pesquisa, correspondente, em média, a 177 entrevistas por posto (Tabela 3).

Para as pesquisas de Origem e Destino, garantiu-se uma taxa de amostragem representativa por posto, com um erro máximo de 5% para um intervalo de confiança a 95%.

Já para as pesquisas de Preferência Declarada não está definida explicitamente uma métrica para a definição da sua amostra. Todavia, as boas práticas recomendam que se direcione para pesquisa (i) no mínimo uma percentagem de usuários equivalente à da taxa de amostragem considerada nas Pesquisas de Origem e Destino face ao total das contagens, ou, em alternativa, (ii) uma taxa mínima de 15% face ao total de Pesquisas de Origem e Destino.

Globalmente, a amostra recolhida para as pesquisas de Preferência Declarada deste estudo representa 24% do total de pesquisas de Origem e Destino realizadas, com percentagens relativamente próximas por posto de pesquisa, destacando-se apenas o Posto 6, com uma amostra um pouco mais elevada (Figura 2).

Assim, concluiu-se que em todos os postos foi atendido pelo menos um dos requisitos de boas práticas para este tipo de pesquisas.

Numa análise por categoria de veículos, verifica-se que a repartição por veículos leves e comerciais é bastante equivalente, respetivamente de 56% e 44% (Figura 3).

Tabela 3 - Número de entrevistas de Preferência Declarada

Posto	Rodovia	km	Total	Autos	Caminhões
P01	BA-052	14,0	156	88	68
P06	BA-052	211,0	277	171	106
P10	BA-052	349,0	147	84	63
P11	BA-052	384,0	169	95	74
P14	BA-160	83,0	185	103	82
P17	BA-432	97,0	148	77	71
P19	BR-242	383,0	156	77	79
Amostra total			1.238	695	543

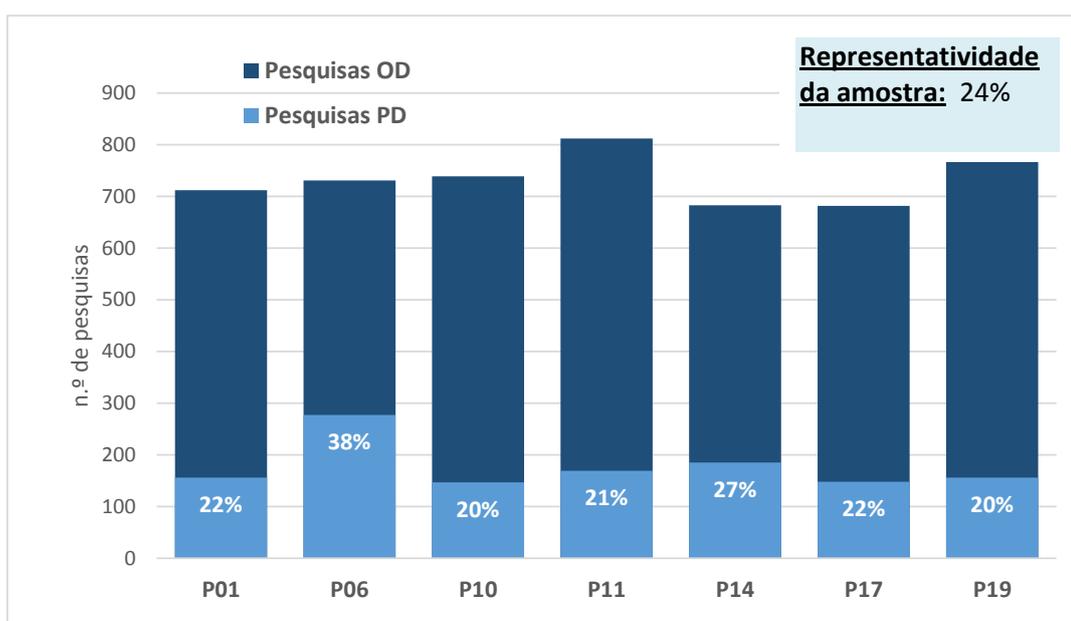


Figura 2 - Representatividade da amostra das pesquisas de Preferência Declarada

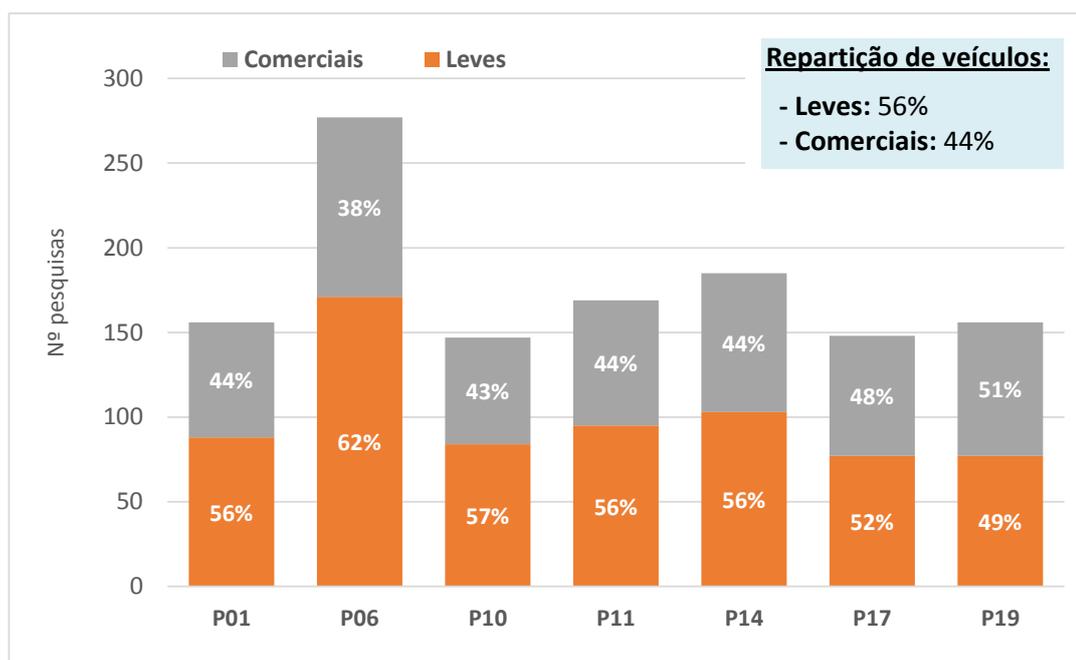


Figura 3 - Repartição das entrevistas de Preferência Declarada por categoria de veículos

4.2. Características da Viagem

Considerando os pontos de origem e de destino da amostra das pesquisas de Preferência Declarada, registra-se que a maioria de viagens (54%) tem início e fim dentro da área de influência direta¹. Cerca de um terço (30%) tem início ou fim nos municípios que integram esta área de influência direta. As viagens de atravessamento do Sistema (origem e destino fora da área de influência direta) são as menos expressivas, representando 17% do total de viagens da amostra considerada (Tabela 4).

¹ Na Figura 1 do Tomo II pode ser consultada a figura com a delimitação das áreas de influência direta e indireta adotadas neste Estudo.

Tabela 4 - Repartição das pesquisas de Preferência Declarada por área de origem e destino

Origem/Destino	AI Direta - Dentro BA	AI Indireta - Dentro BA	AI Indireta - Fora BA	Total
AI Direta - Dentro BA	54%	12%	2%	68%
AI Indireta - Dentro BA	13%	8%	3%	24%
AI Indireta - Fora BA	3%	2%	3%	8%
TOTAL	69%	23%	8%	100%

AI – Área de Influência; BA - Bahia

Os municípios que promovem maiores fluxos de geração e/ou de atração de viagens para o Sistema BA-052 são Irecê, Feira de Santana, Salvador, Seabra e Xique-Xique, todos no estado da Bahia. No seu conjunto, representam cerca de 40% do total de viagens desta amostra (Tabela 5).

As principais linhas de desejo registradas nas pesquisas de Preferência Declarada estão distribuídas pelos municípios atravessados pelo Sistema da BA-052, reflexo também da distribuição equitativa da amostra pelos diferentes postos de pesquisa (Tabela 6).

Tabela 5 - Top (10) dos Municípios

Top Municípios				
(Nº veículos com origem ou destino em cada município)				
Rank	UF	Município	Veículos	% Total
1	BA	Irecê	199	16,0%
2	BA	Feira de Santana	88	7,1%
3	BA	Salvador	77	6,2%
4	BA	Seabra	76	6,1%
5	BA	Xique-Xique	64	5,2%
6	BA	Barra	56	4,5%
7	BA	Iraquara	51	4,1%
8	BA	Central	50	4,0%
9	BA	Luís Eduardo Magalhães	43	3,5%
10	BA	Morro do Chapéu	39	3,2%
Outros			497	40,1%
Total			1.238	100,0%

Tabela 6 - Top (10) de pares Origem e Destino

Top Pares OD (Município ↔ Município) - Nº veículos nos dois sentidos						
Origem ↔ Destino						
Rank	UF	Município	UF	Município	Veículos	% Total
1	BA	Souto Soares	BA	Iraquara	29	2,4%
2	BA	Barra	BA	Xique-Xique	25	2,1%
3	BA	João Dourado	BA	Irecê	24	2,0%
4	BA	Barra	BA	Irecê	22	1,8%
5	BA	Xique-Xique	BA	Barra	19	1,6%
6	BA	Irecê	BA	Barra	19	1,6%
7	BA	Irecê	BA	Feira de Santana	19	1,6%
8	BA	Irecê	BA	Salvador	19	1,6%
9	BA	Salvador	BA	Irecê	19	1,6%
10	BA	Xique-Xique	BA	Irecê	18	1,5%
Outros					990	82,3%
Total					1.203	100,0%

A distribuição de viagens da amostra por distância percorrida corrobora os resultados anteriores, onde se registra que a distância média de viagem se situa em 336 km (Figura 4); além disso, cerca de 50% dos veículos entrevistados percorreram distâncias inferiores a 200 km e apenas 10% correspondem a viagens com uma extensão global superior a 800 km (Figura 5).

Numa análise por categoria de veículos, registra-se a natural tendência de viagens mais longas para os veículos comerciais do que para os veículos leves, que no caso da amostra recolhida se reflete numa variação de $\pm 30\%$ face à média global.

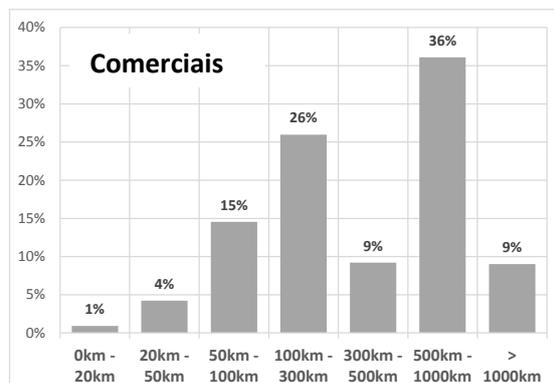
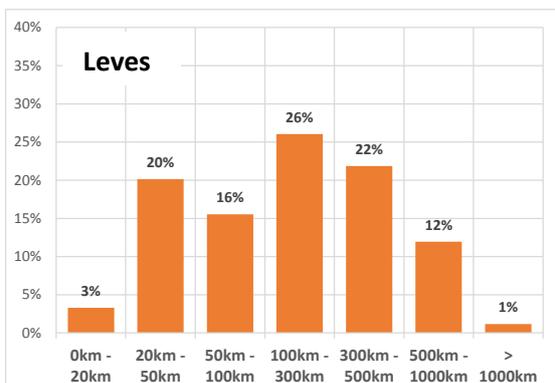
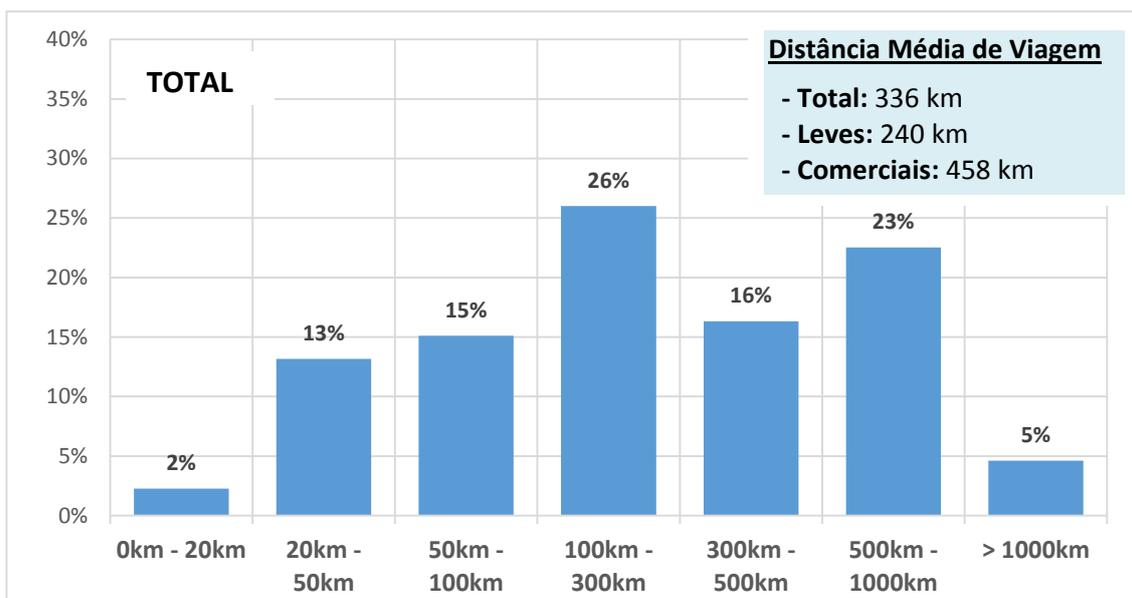


Figura 4 - Distância média de viagem

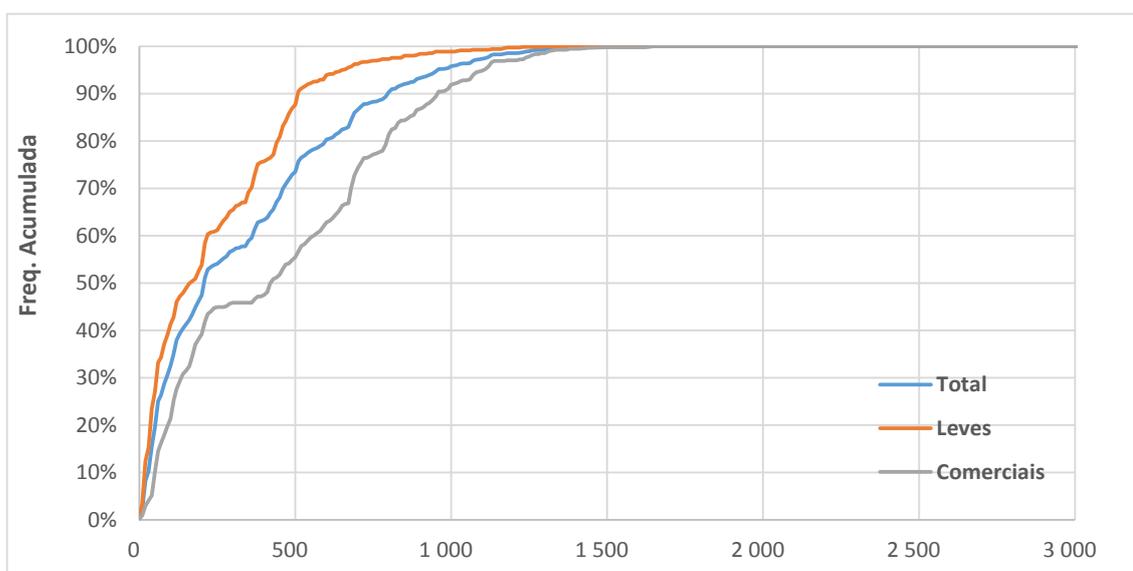


Figura 5 - Frequência acumulada de veículos, por distância percorrida (km)

Os tempos médios de viagem declarados pelos motoristas revelam que mais de metade das viagens (55%) têm uma duração superior a 3 horas, com valores médios na ordem das 5 horas de viagem. À semelhança do registrado para a distância percorrida, também neste indicador se reflete o peso das viagens mais longas para os veículos comerciais, com uma duração média superior a 7 horas e com 50% das viagens com duração superior a 6 horas (Figura 6 e Figura 7).

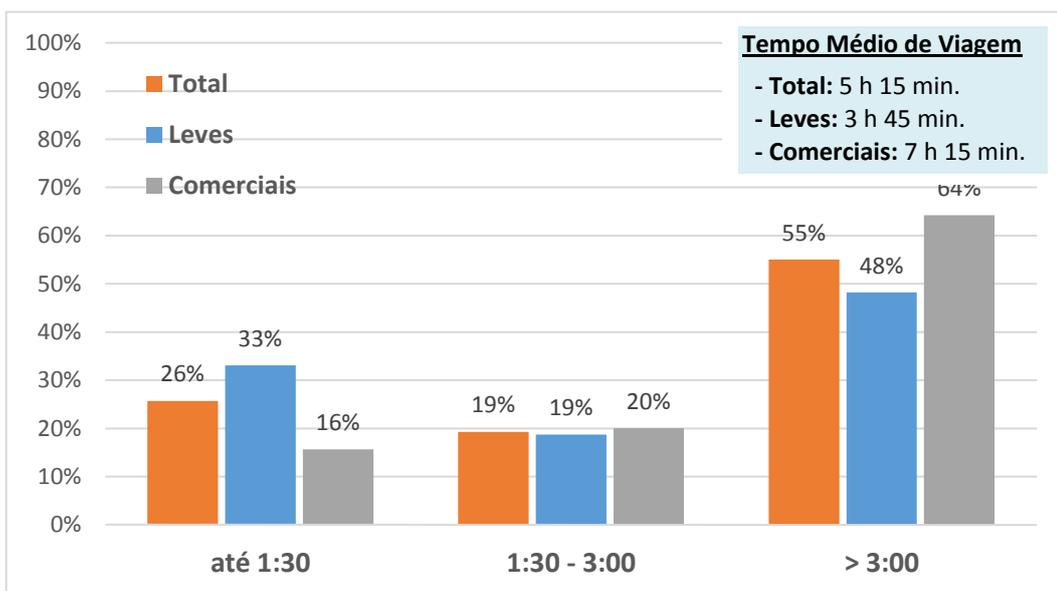


Figura 6 - Tempo de viagem

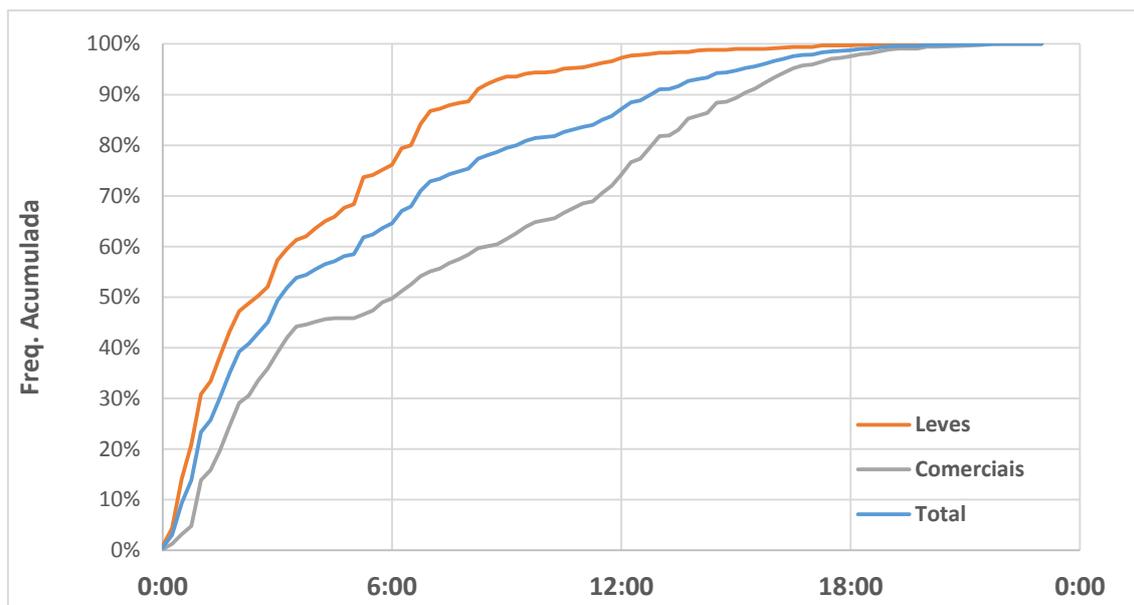


Figura 7 - Frequência acumulada de veículos, por tempo de viagem

Considerando os resultados sobre a frequência com que o motorista realiza a viagem em que foi entrevistado, verifica-se que o segmento mais representativo (29%) repete esta viagem 3 a 10 vezes por mês, correspondendo aos usuários frequentes (que realizam a viagem pesquisada mais de 22 vezes por mês) a parcela menos representativa (7%) (Figura 8).

Este padrão global é muito similar ao registrado na categoria dos veículos comerciais, enquanto que no caso dos veículos leves se verifica, por um lado, uma distribuição mais equitativa da amostra pelas diferentes categorias de frequência de viagem e, por outro lado, a percentagem de usuários mais representativa (cerca de um quarto) declarou tratar-se de uma viagem ocasional (até uma vez por semana).

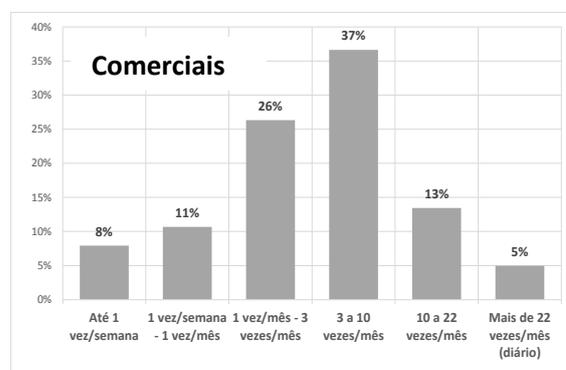
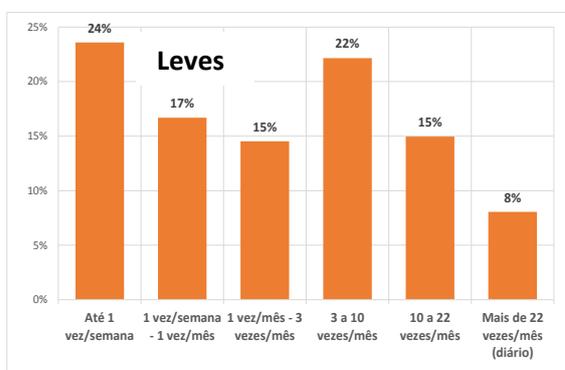
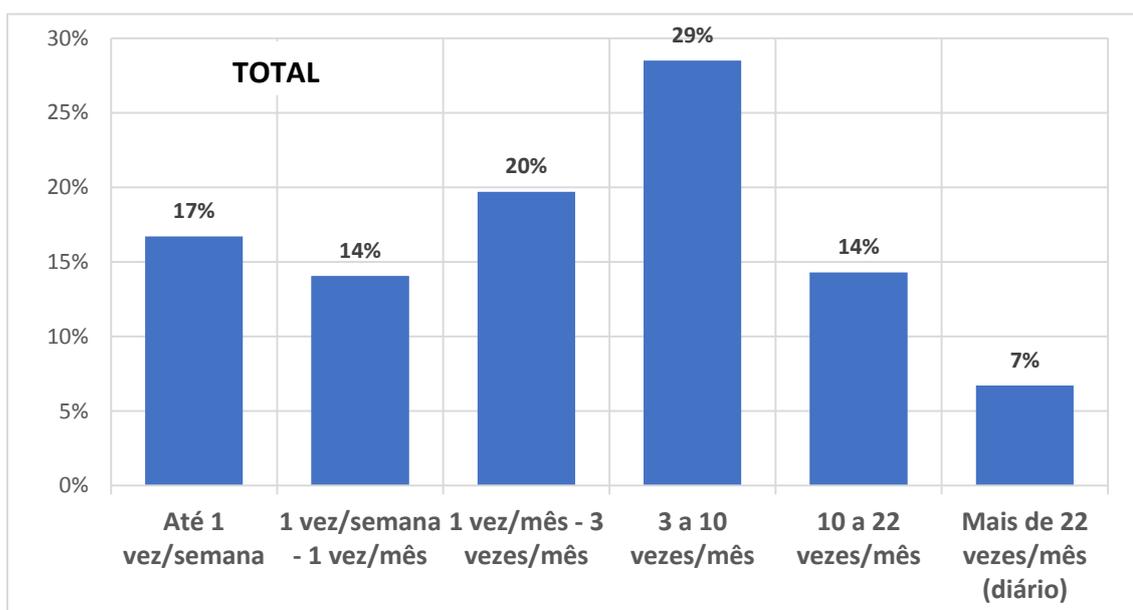


Figura 8 - Frequência da viagem

No caso de a viagem entrevistada fazer o atravessamento de rodovias com cobrança de pedágio, a maioria (89%) dos usuários da amostra considerada revela que o seu pagamento está a cargo do próprio motorista ou dos ocupantes do veículo, ficando apenas em 10% dos casos a cargo da entidade empregadora. Numa análise por categoria de veículos, não se registram alterações significativas face a este padrão global (Figura 9).

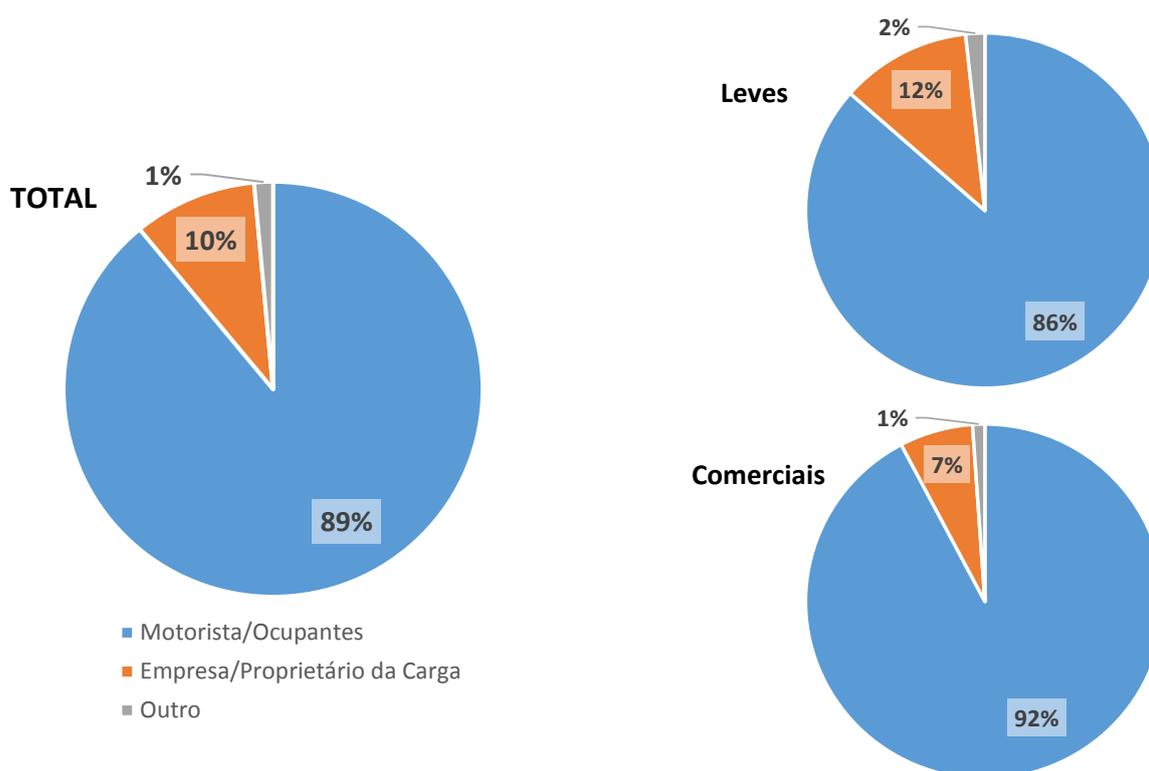


Figura 9 - Quem paga o pedágio

Considerando o motivo de viagem, registrado apenas para os veículos leves, observa-se que os motivos “residência” e “trabalho/negócio” são os que justificam a maior parte das viagens (44% e 33%, respectivamente). Os motivos “passeio/visita” e “comércio/serviços” têm alguma expressão (7% cada), mas são claramente secundários face aos dois primeiros.

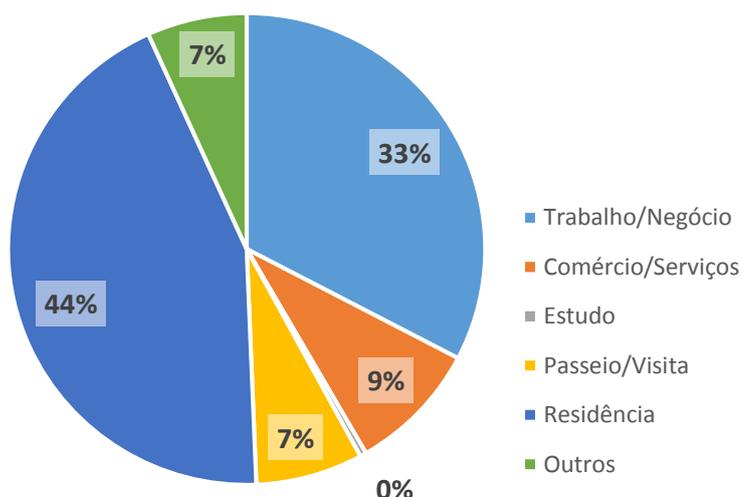
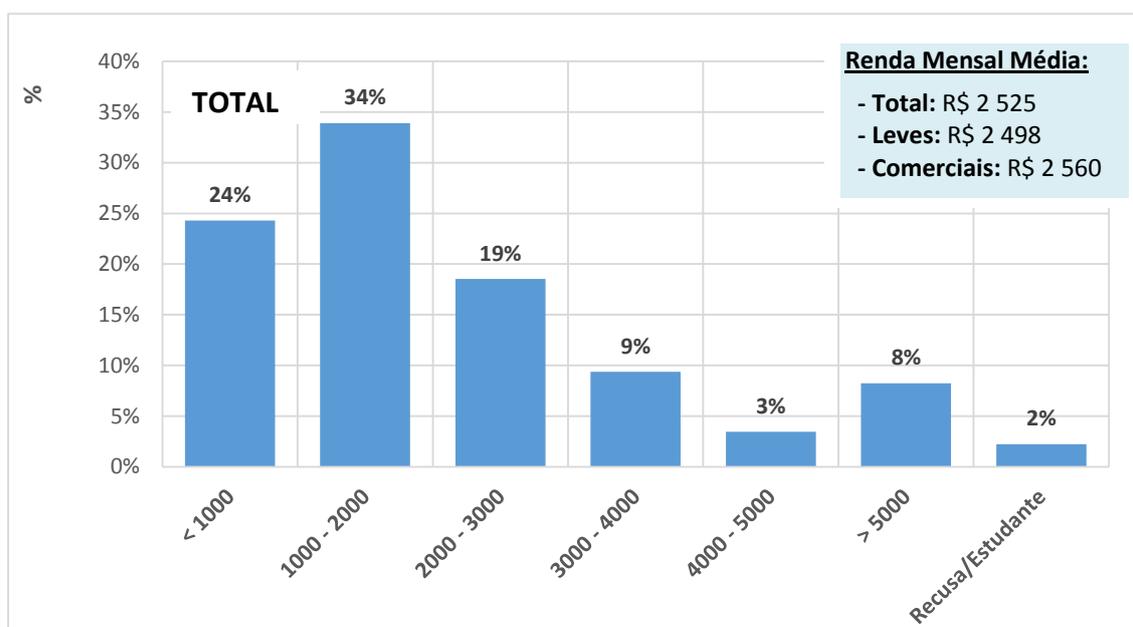


Figura 10 - Motivo de viagem (veículos leves)

4.3. Características do Condutor

A observação da distribuição dos entrevistados por classe de renda familiar do agregado declarada indica que mais de metade dos entrevistados (58%) se enquadra numa faixa de renda abaixo dos R\$ 2.000 mensais, sendo de salientar que para os usuários de veículos leves a classe mais representativa (41%) auferem menos de R\$1.000/mês (Figura 11).



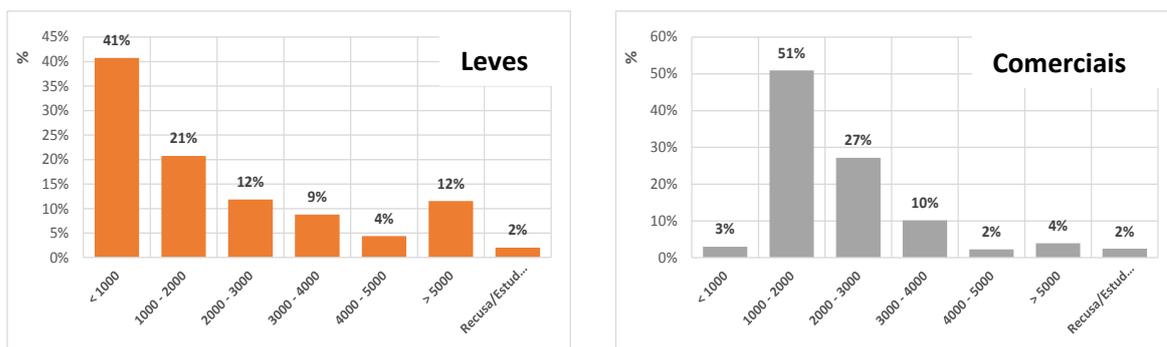


Figura 11 - Renda mensal do agregado (R\$)

4.4. Características do Veículo

Com relação à propriedade do veículo e considerando os resultados para o total dos veículos, 53% dos entrevistados declaram serem proprietários do veículo onde circulam. No caso dos veículos leves, esta percentagem aumenta substancialmente (76%), com redução do peso relativo da categoria “empresa/proprietário/particular” (Figura 12).

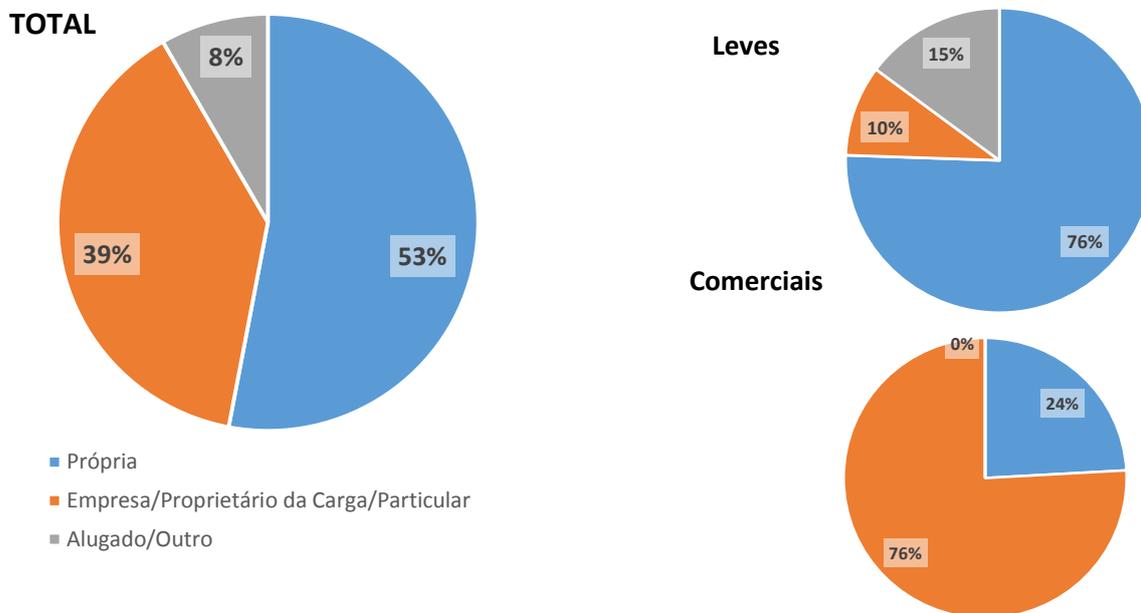


Figura 12 - Propriedade do veículo

Para o caso dos veículos comerciais, registra-se uma grande concentração (60%) de veículos entrevistados com 2 a 3 eixos, correspondendo a um valor médio de 4 eixos para o total de veículos comerciais entrevistados (Figura 13).

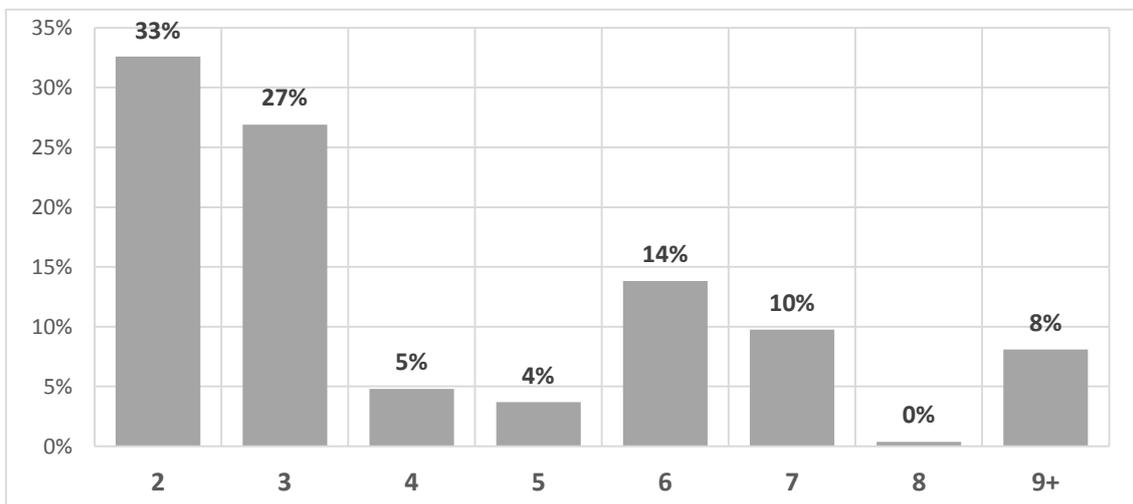


Figura 13 - Número de eixos (veículos comerciais)

5. Metodologia das Pesquisas de Preferência Declarada

A realização das entrevistas em campo foi feita em conjunto com as pesquisas de Origem e Destino, mas aplicada apenas a uma parte destes entrevistados. Para o efeito foram utilizados computadores portáteis tipo “*tablet*”, para os quais foi desenvolvido um *software* específico para a pesquisa. A entrevista realizada está organizada em duas partes:

- 1ª parte: o motorista é questionado sobre a sua situação econômica e sobre a viagem que realiza; e
- 2ª parte: o entrevistado revela a sua opinião quanto à opção por duas alternativas de percurso, variando entre si o custo de circulação, o tempo de viagem, as condições de conforto e de segurança rodoviária oferecidas (advindas do estado do pavimento, condições de sinalização viária, faixas adicionais, existência de serviços de auxílio ao usuário, como socorro mecânico, serviços médicos, entre outros).

5.1. Formulários de Pesquisa

A título ilustrativo, as figuras abaixo mostram a forma de apresentação das questões incluídas na primeira parte do questionário, relativas à caracterização da viagem, do veículo e do motorista (para veículos leves e comerciais):



Figura 14 - Telas para Veículos Leves e Comerciais: Informações gerais

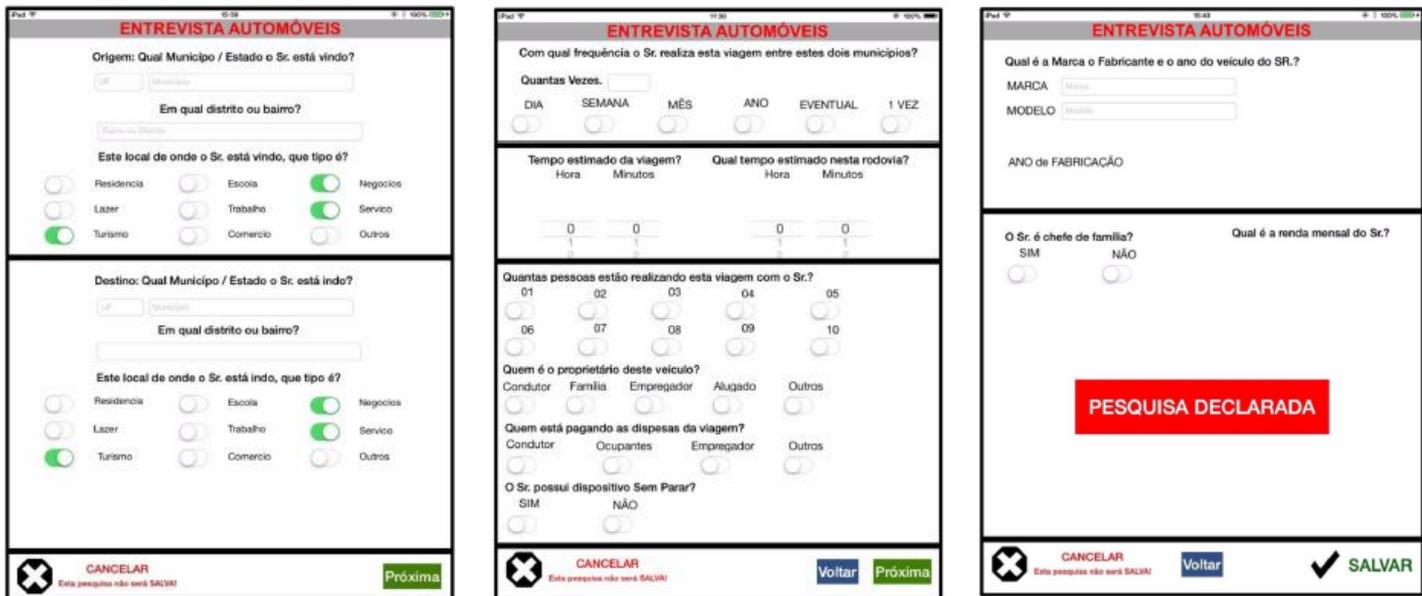


Figura 15 - Telas para Veículos Leves: Informações sobre a viagem, o veículo e o motorista

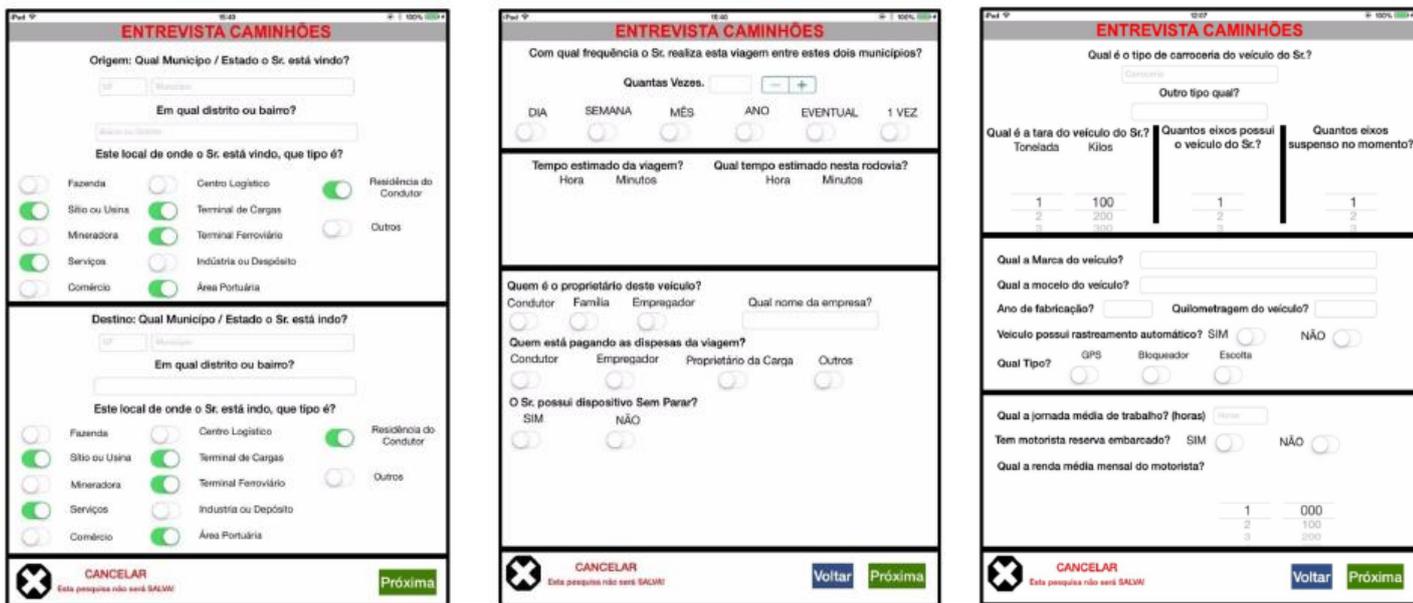


Figura 16 - Telas para Veículos Comerciais: Informações sobre a viagem, o veículo e o motorista



Figura 17 - Telas para Veículos Comerciais: Informações sobre a carga transportada

A segunda parte do questionário de Preferência Declarada inicia-se com uma breve explicação sobre o processo de pesquisa, conforme abaixo apresentado:

“Para finalizar, o senhor imagine a hipótese desta rodovia receber melhorias, tais como recapeamento e sinalização viária, com manutenção permanente. Eu vou apresentar uma sequência de comparações entre esta rodovia melhorada e outras rodovias alternativas. Para cada uma das comparações, o senhor vai responder qual delas vai preferir para realizar esta viagem”.

Em seguida, é apresentada ao condutor uma sequência de cartões ilustrando as duas opções alternativas de percurso a considerar para a mesma viagem, variando entre si a combinação de atributos que lhes estão associados:

- **Alternativa A:** rodovia atual, melhorada, em bom estado de conservação e com pedágio; e
- **Alternativa B:** rodovia alternativa, sem cobrança de pedágio, sempre com piores condições de circulação do que a anterior e com um acréscimo do tempo de viagem e/ou com degradação da qualidade do serviço prestado.

5.2. Atributos e Parâmetros

Os **atributos** considerados para a via pedagiada (Alternativa A) são o valor da tarifa, enquanto para a via alternativa (Alternativa B) correspondem ao acréscimo de tempo de viagem (face à rota pedagiada) e ao tipo e estado de conservação do pavimento (qualidade de serviço oferecido na rota alternativa).

Atendendo à extensão do Sistema BA-052, considerou-se importante que os **parâmetros** considerados atendessem ao tempo global de viagem (função direta da extensão média da viagem), separando entre:

- Viagens curtas (até 1h30);
- Viagens médias (de 1h30 a 3h00); e
- Viagens longas (acima de 3h00).

A tipologia de viagem (curta, média ou longa) foi atribuída a cada usuário em função da extensão global de viagem efetivamente realizada por cada usuário, conforme declarado em cada entrevista. Como resultado final, obteve-se a seguinte combinação de parâmetros para cada um dos atributos (pedágio, tempo adicional de viagem e qualidade da alternativa), por tipologia de viagem (curta, média ou longa):

- Parâmetros para o atributo Pedágio no Sistema BA-052 (Alternativa A):

Viagens Curtas	Viagens Médias	Viagens Longas
R\$ 2,00	R\$ 5,00	R\$ 10,00
R\$ 4,00	R\$ 9,00	R\$ 17,00
R\$ 6,00	R\$ 12,00	R\$ 24,00

- Parâmetros para o atributo Acréscimo de Tempo de Viagem (Alternativa B):

Viagens Curtas	Viagens Médias	Viagens Longas
10 min.	15 min.	30 min.
20 min.	30 min.	60 min.
25 min.	35 min.	90 min.

- Parâmetros para o atributo Qualidade da Alternativa (Alternativa B):

<p>Estrada com asfalto de média qualidade (com defeitos na faixa de rolamento):</p> 	<p>Estrada com asfalto ruim (graves problemas na faixa de rolamento):</p> 
<p>Estrada de terra em boas condições:</p> 	<p>Estrada de terra ruim:</p> 

O intervalo de parâmetros considerado para cada um dos atributos admitido foi definido com base nas seguintes considerações:

- **Valor do pedágio na Alternativa A:** considerando como extremos os valores de tarifa por quilômetro máximo e mínimo de um conjunto (significativo e representativo) de concessões rodoviárias brasileiras (fonte ABCR), correspondentes, respectivamente, a 0,09 e 0,04 \$R/km, por referência a veículos leves de dois eixos; e
- **Tempo de viagem adicional na Alternativa B:** considerou-se um incremento da ordem dos 25%, face ao tempo de viagem na Alternativa A.

Para o efeito, foram adotados os seguintes **pressupostos de cálculo**:

- Velocidade média de circulação de 60 km/h para os trechos da BA-052;
- Definição da distância máxima percorrida por intervalo de tempo de viagem (curta, média ou longa);
- Distância mínima corresponde a 1/3 da distância máxima;
- Os valores intermédios correspondem, aproximadamente, à média simples dos valores extremos encontrados para cada parâmetro;
- Os parâmetros de pedágio adotados mantêm proporcionalidade entre si, de acordo com o intervalo de tempo de viagem e o fator de equivalência de veículos por número de eixos.

Com base nos atributos e parâmetros apresentados, e utilizando o procedimento ortogonal, foram definidas 4.000 combinações possíveis de cenários de pesquisa de Preferência Declarada (cartões).

Para sua aplicação prática, os cartões foram agrupados em 1.000 questionários (de 4 cartões cada), pois considera-se este o limiar de referência para evitar o desgaste e a confusão do usuário na avaliação racional das opções que lhe estão a ser postas à consideração.

Cada cartão apresenta uma combinação de parâmetros por atributo, e cada questionário tem uma combinação única de quatro cartões, selecionada aleatoriamente na apresentação a cada usuário, em que o entrevistado escolhe uma das alternativas (A ou B).

Como a pesquisa foi feita com o auxílio de *tablets*, o aplicativo utilizou os dados da pesquisa de Origem e Destino, respondida previamente pelo entrevistado, permitindo assim escolher automaticamente qual a combinação de valores de tarifa de pedágio e de acréscimo de tempo compatíveis com o tempo de viagem declarado.

A título ilustrativo, apresenta-se a seguir um exemplo de questionário apresentado aos entrevistados durante o processo de pesquisa, considerando quatro combinações de cartões. O exemplo se refere a uma entrevista onde o motorista tenha declarado ter uma viagem de duração média (entre 1h30 e 3h):



Figura 18 - Telas para um exemplo de entrevista de preferência declarada

6. Determinação do Valor do Tempo

6.1. Aspectos Gerais

Os modelos de escolha discreta aplicados a estudos de tráfego têm como principal objetivo avaliar a interação entre a demanda de viagens e a oferta de transportes, de forma a se estimar os valores econômicos associados à disponibilidade dos usuários a pagar para usufruírem de determinados benefícios que permitam melhorar a prestação dos serviços de transporte e, logo, a qualidade da sua viagem.

As pesquisas de Preferência Declarada realizadas têm por objetivo principal obter dados para a montagem e calibração de modelos focados na compreensão das escolhas de caminhos dos atuais usuários do Sistema. Para esta análise, torna-se necessário definir critérios de comparação entre rodovias alternativas, baseados em níveis de custo, qualidade e eficiência das rodovias em análise.

No caso concreto deste estudo para o Sistema Rodoviário da BA-052, um importante fator que influenciará o comportamento da demanda é a (eventual) cobrança de pedágio nos trechos que o compõem.

As preferências registradas nas pesquisas realizadas correspondem a julgamentos individuais acerca das opções colocadas à consideração dos entrevistados, considerando, por um lado, o Sistema BA-052 melhorado mas com pedágio e, por outro lado, rodovias alternativas sem pedágio, mas às quais estão associadas piores condições de circulação. A definição destes cenários tem como principal objetivo caracterizar o processo de escolha de caminhos com base em diferentes combinações de tempo e custo de viagem e qualidade de serviço oferecido, para a situação atual ou futura, baseado em cenários reais ou hipotéticos.

Quando uma das alternativas proporciona um determinado nível de utilidade, é possível quantificá-lo, identificando a probabilidade de um indivíduo escolher a rota com pedágio para usufruir da sua utilização.

Numa viagem existem atributos para os quais é imediata a atribuição de um custo monetário, como seja o custo operacional dos veículos ou o pagamento de pedágio. Contudo, existem outros atributos, como o tempo, o conforto e a segurança, para os quais não há um valor econômico objetivo, mas que têm implícito um nível de custo que cada usuário está disposto a pagar para usufruir de determinado benefício.

A valoração destes atributos não objetivos constitui o principal desafio na determinação da utilidade de uma viagem. A metodologia de análise adotada, e descrita em maior detalhe nos subitens abaixo, permite não só a identificação da probabilidade de escolha dos caminhos alternativos em consideração, como também estimar a valoração dos atributos não monetários, como é o caso do valor do tempo.

O presente capítulo tem como principal objetivo descrever o processo utilizado na estimativa do valor do tempo dos condutores que circulam no Sistema Rodoviário BA-052, baseado na construção de modelos de escolha discreta que consideram como fonte de informação primordial os resultados das pesquisas de Preferência Declarada realizadas no âmbito deste Estudo.

6.1.1. Importância do Valor do Tempo nos Estudos de Tráfego

O modelo de alocação tem como principal objetivo reproduzir, de forma tão fiel quanto possível, o padrão de viagens de uma determinada região, de acordo com as suas condições socioeconômicas e da oferta rodoviária disponível. Cada usuário deverá optar pelo itinerário que melhor serve os seus objetivos de viagem, de acordo com a sua percepção do custo global dessa viagem.

Nos critérios de decisão de escolha de caminhos, um usuário tem sempre subjacente duas componentes: uma objetiva, relacionada com os custos de combustível, pedágio, manutenção dos veículos, etc., e outra de cariz subjetivo, que respeita à sua disponibilidade para pagar para usufruir de benefícios de redução do tempo de viagem.

No modelo de alocação, o custo de viagem (impedância) é definido por três parcelas: (i) custo de operação da viatura (representado pelo custo do combustível consumido numa determinada viagem), (ii) valor monetário dos pedágios (quando existem) e (iii) valor atribuído ao tempo da viagem.

A ponderação cumulativa destes três parâmetros vai determinar a escolha de caminhos para cada viagem que esteja representada no modelo de alocação, tanto na situação atual, como futura.

A capacidade de o modelo reproduzir a real escolha de caminhos será tanto maior quanto mais fiel foi a mensuração de cada um destes “custos”. Enquanto nos dois primeiros casos (combustível e pedágio) a sua aferição é direta (baseada no custo do combustível praticado na região e no valor de tarifa cobrada por praça de pedágio), no caso do valor do tempo, trata-se de uma estimativa que resulta das preferências declaradas pelos usuários do Sistema nas pesquisas de Preferência Declarada quanto à valorização (monetária) atribuída a otimizações no tempo de viagem.

6.2. Modelo de Escolha Discreta

Por forma a estimar o valor do tempo, foram construídos modelos de escolha discreta que permitiram simular as decisões dos condutores relativamente à sua escolha por uma determinada alternativa:

- Rodovia atual, melhorada, em bom estado de conservação e com pedágio; ou
- Rodovia alternativa, sem cobrança de pedágio mas em piores condições de circulação (em tempo de viagem e/ou qualidade do serviço prestado).

Estes modelos são baseados na teoria microeconômica do consumidor, considerando que cada indivíduo escolhe uma alternativa (discreta), dentro de um conjunto de alternativas possíveis, normalmente designada por C , e que essa escolha está relacionada com as restrições a que cada indivíduo está sujeito, normalmente evidenciadas por *proxies* relacionados com as suas características socioeconômicas e demográficas.

Essas restrições determinam o conjunto de alternativas possíveis, as quais são um subconjunto de C (Ben-Akiva e Lerman, 1985) e são designadas por C_n (n refere-se ao indivíduo). Cada alternativa i tem uma utilidade para o viajante representada por U_{in} .

$U_{in}, i \in C_n$, em que:

U_{in} corresponde à utilidade do indivíduo n para a alternativa i

O modelo considera que cada indivíduo (n) escolhe a alternativa que apresenta a maior utilidade, ou seja, a alternativa que maximiza os seus benefícios. Portanto, para cada indivíduo e alternativa é possível estimar uma **função de utilidade**. Uma vez que esta utilidade não é totalmente conhecida, de acordo com a teoria da utilidade estocástica, esta é considerada como tendo uma componente mensurável V e uma componente aleatória ε (Ortúzar e Willumsen, 2001).

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in}$$

A formulação da componente mensurável V da função de utilidade de um indivíduo (n) é feita com base na seguinte equação:

$$V_i = \alpha_i + \sum_{j \in A} \beta_j X_{ij}, \forall i \in C, \text{ em que:}$$

- i – representa uma alternativa possível do conjunto C ;
- α_i – representa uma constante que é específica para cada alternativa i ;
- A – representa o conjunto de atributos disponíveis para cada alternativa i ;
- β_j – representa o coeficiente da função de utilidade associada ao atributo j ;
- X_{ij} – representa o valor do atributo j , da alternativa i .

Deste modo, um indivíduo escolhe uma determinada alternativa i se, e só se, a sua utilidade for maior ou igual a uma outra alternativa j , tal como indicado pela seguinte expressão (Ben-Akiva e Lerman, 1985):

$$P(i|C_n) = Pr[U_{in} \geq U_{jn}, \forall j \in C_n]$$

Uma vez que os termos de erro (ε) são considerados como sendo independentes e identicamente distribuídos, seguindo uma distribuição Gumbel e com um parâmetro de escala μ (Ben-Akiva e Lerman, 1985; Ortúzar e Willumsen, 2001), o **modelo Logit** é determinado pela seguinte expressão:

$$P_n(i) = \frac{e^{\mu V_{in}}}{\sum_{j \in C_n} e^{\mu V_{jn}}}$$

O modelo *Logit* se configura como um modelo relativo, dado que multiplicando todos os coeficientes e erros das funções de utilidade por uma constante, os resultados não se alteram. Assim, para a avaliação do modelo, o que interessa é a relação entre os coeficientes estimados. Outra consequência desta propriedade (modelo relativo) é que num modelo com n alternativas, só se utilizam, no máximo, $n-1$ constantes específicas (α).

A estimação dos modelos de escolha discreta é comumente feita utilizando o método da máxima verossimilhança, maximizando-se a seguinte função:

$$L^* = \prod_{n=1}^N \prod_{i \in C_n} P_n(i)^{y_{in}}, \text{ em que:}$$

- L^* corresponde ao valor de verossimilhança do modelo estimado;
- P_n , é a probabilidade da alternativa n que é dada pela razão entre o exponencial da função utilidade da alternativa n e o somatório das exponenciais das utilidades de todas as alternativas;
- y_{in} , toma o valor de 1 quando a escolha do correspondente i é a opção n , e zero caso contrário.

Por uma questão de simplificação de cálculo matemático, é prática comum utilizar-se a função logarítmica (\ln) que, por ser uma função crescente, não tem impacto no processo de maximização. Ao aplicar-se a função \ln à expressão anterior, obtém-se:

$$\ln(L^*) = \sum_{i=1}^I \sum_{j \in C_n} y_{in} \cdot \ln(P_n(i)_n)$$

Para a avaliação da significância dos coeficientes das funções de utilidade é normalmente utilizado o teste de significância t , mais conhecido pelo teste estatístico de Wald. Este teste é utilizado para testar a hipótese de um parâmetro estimado diferir de um valor pré-estabelecido. O teste mais utilizado, e que é o mais corrente na maioria dos *softwares* estatísticos, é comparar o valor do coeficiente estimado com zero, o que é o mesmo que dizer se este é relevante na função de utilidade do modelo estimado. A estatística t é dada pela seguinte equação:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_x}{s / \sqrt{n}}$$

Em que:

- \bar{X} corresponde à média da amostra dos valores associados ao parâmetro em análise;
- μ_x corresponde à média da população assumida no teste;
- s corresponde ao desvio padrão da amostra;
- n corresponde à dimensão da amostra considerada.

Para o teste estatístico, são comumente utilizados os níveis de significância de 20%, 10% e 5%, que correspondem a valores de t de $\pm 1,28$, $\pm 1,64$ e $\pm 1,96$.

Para a avaliação do desempenho de um modelo estatístico deste tipo é normalmente utilizado o índice de razão da verossimilhança (ρ^2). Este índice é semelhante ao teste do R^2 nas regressões lineares e corresponde a comparar os valores da verossimilhança do modelo estimado com o valor da verossimilhança de um modelo em que todos os parâmetros são zero:

$$\rho^2 = 1 - \frac{L(*)}{L(0)}, \text{ em que:}$$

- $L(*)$ corresponde ao valor de verossimilhança do modelo estimado;
- $L(0)$ corresponde ao valor de verossimilhança do modelo com todos os parâmetros iguais a zero.

No entanto, como também acontece com o teste do R^2 nas regressões lineares, o valor de ρ^2 pode aumentar com o número de variáveis utilizadas no modelo sem que isso signifique uma melhoria no modelo estimado. Logo, o melhor parâmetro de avaliação de desempenho de um modelo, e que permite a comparação entre vários modelos (com diferente número de variáveis), é o índice de razão de verossimilhança ajustado ($\bar{\rho}^2$), dado pela seguinte equação:

$$\bar{\rho}^2 = 1 - \frac{L(*)-K}{L(0)}, \text{ em que:}$$

- K é o fator de ajustamento que depende do número de parâmetros utilizado.

O valor deste índice varia entre 0 e 1 e é comum aceitar que quanto maior o seu valor, melhor a qualidade do modelo estimado. Não existem limites fixados para afirmar qual o valor do índice suficiente para determinar a qualidade de um bom modelo de escolha discreta, no entanto, existe um modelo empírico (desenvolvido por Domencich e Macfaden, 1975) que faz o paralelismo entre o valor do $\bar{\rho}^2$ e o R^2 e que já tem uma interpretação mais compreensível (Figura 19). Como se pode observar, para valores de $\rho^2 = 0.25$ corresponde um valor de $R^2 = 0.5$, o que representa modelos considerados como muito bons. Dado que o valor do $\bar{\rho}^2$ será sempre igual ou inferior ao ρ^2 , é seguro afirmar que modelos com valores de $\bar{\rho}^2 > 0.25$ são considerados robustos.

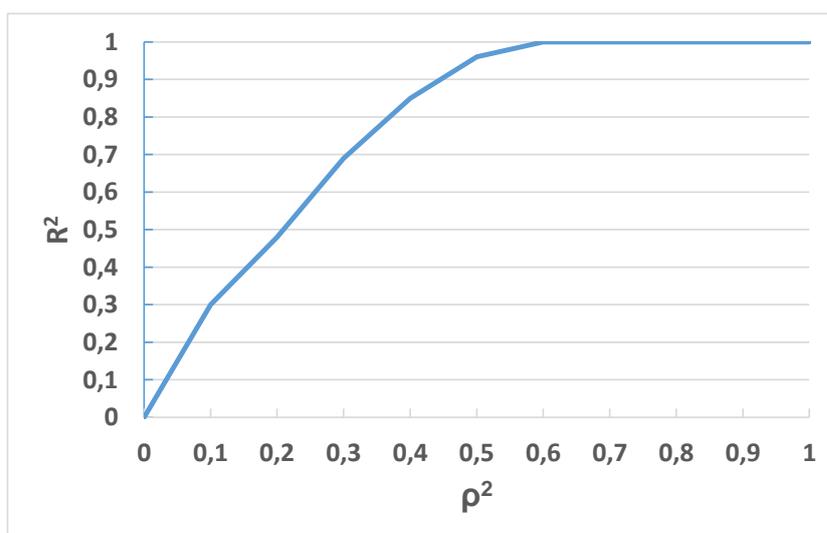


Figura 19 - Relação entre ρ^2 e R^2

6.3. Análise dos Dados Coletados

Conforme indicado anteriormente (vide capítulo 4), as pesquisas de Preferência Declarada foram aplicadas em sete dos postos de pesquisa de Origem e Destino.

A cada entrevistado foram apresentados jogos (cartões) com alternativas de serviços de forma que fosse expressa a alternativa preferencial. Cada jogo é composto pela alternativa representativa da situação atual (Sistema Rodoviário BA-052) com melhor serviço e com pedágio, para a sua comparação com uma alternativa com pior qualidade de serviço e maior tempo de viagem associado.

Os atributos considerados para a caracterização de cada alternativa são:

- Valor do pedágio (cobrança aplicada ao Sistema Rodoviário BA-052 após obras de melhoria e requalificação);
- Condição do pavimento (variação da qualidade de serviço aplicado à rota alternativa),
- Tempo de viagem (acréscimo de tempo de viagem aplicado à rota alternativa).

Para cada atributo foram definidos diferentes parâmetros, posteriormente combinados entre si de forma única em cada entrevista realizada. Assim, foram realizadas 1.238 entrevistas de Preferência Declarada, 695 (56%) correspondendo a veículos leves e 543 a veículos comerciais (44%). A cada condutor foram apresentados quatro cartões com diferentes combinações de parâmetros para os atributos de cada uma das (duas) alternativas, o que corresponde a um total de 4.952 opções de alternativas recolhidas e analisadas.

Na definição da amostra destas pesquisas, procurou-se garantir uma representatividade equitativa de cada segmento de análise (veículos leves e comerciais), não respeitando (intencionalmente) o princípio de aleatoriedade da amostra. Adicionalmente, os cartões que foram apresentados a cada usuário pretendiam simular a sua opção de escolha em face de diversos cenários (reais ou hipotéticos) de rodovias alternativas.

Considerando estas especificidades e, em especial, em consequência das opções de alternativas que foram apresentadas aos entrevistados durante a pesquisa² (cartões), a maioria dos condutores (85%) revelou preferência pela opção de rodovia pedagiada, correspondendo a 78% dos casos de condutores de veículos leves e 93% dos casos de veículos comerciais (Tabela 7).

Cabe ressaltar que esta é apenas uma característica da amostra de usuários entrevistados, e não um resultado global da pesquisa de Preferência Declarada, não podendo por isso ser extrapolada para o universo de usuários do Sistema. Somente a partir do modelo de alocação será possível simular o comportamento dos usuários em face dos cenários de alternativas rodoviárias que têm efetivamente à sua disposição.

A disponibilidade dos usuários para o pagamento de pedágio apenas pode ser determinada após definido o sistema de pedagiamento e a tarifa de pedágio a adotar, devidamente ponderada pelo tipo e qualidade de serviço oferecido nas vias alternativas para cada uma das viagens afetadas³.

Tabela 7 - Resultados da escolha entre alternativas nas pesquisas de Preferência Declarada

Alternativas Rodoviárias	Nº de respostas (%)			
	Veículos Leves		Veículos Comerciais	
Rodovia sem pedágio	600	(21,58%)	147	(6,76%)
Rodovia com pedágio	2.179	(78,38%)	2.025	(93,23%)
Sem escolha	1	(0,04%)	0	(0,00%)
TOTAL	2.780	(100%)	2.173	(100%)

Após uma análise mais detalhada dos dados pesquisados, foram identificados casos onde não foi fornecido pelos condutores informação relativa ao valor da renda familiar (14 de veículos leves e 13 de veículos comerciais). Assim, para os casos em que o modelo de escolha discreta analisado considera variáveis relacionadas a este atributo, estes questionários foram removidos da amostra analisada.

² Que podem não refletir uma situação real para aquele usuário, mas antes cenários hipotéticos para a avaliação de seus critérios de escolha de caminhos.

³ Esta atividade será desenvolvida em fases posteriores do Estudo de Tráfego, correspondente ao Produto 4.

6.4. Definição de Variáveis

A construção de modelos de escolha discreta depende, em parte, de um processo de experimentação onde se testam várias configurações de variáveis nas funções de utilidade. Na tabela a seguir, estão listadas as diferentes variáveis consideradas nos testes realizados, assim como as siglas dos coeficientes e sua descrição:

Tabela 8 - Descrição das variáveis utilizadas

Variável	Descrição	Coeficiente
ASC	(<i>Alternative Specific Constant</i>) Termo independente da função de utilidade da rodovia alternativa (conforme referido na seção anterior, apenas se estima o valor de um dos termos independentes).	α
PEDÁGIO	Valor de pedágio apresentado (R\$).	β_{PED}
ROD1	Variável binária que toma o valor de 1 para os casos em que foi apresentado o cartão de “estrada com asfalto de média qualidade (com defeitos na faixa de rolamento)” e 0 nos restantes casos.	β_{ROD1}
ROD2	Variável binária que toma o valor de 1 para os casos em que foi apresentado o cartão de “estrada de terra em boas condições” e 0 nos restantes casos.	β_{ROD2}
ROD3	Variável binária que toma o valor de 1 para os casos em que foi apresentado o cartão de “estrada com asfalto ruim (graves problemas na faixa de rolamento)” e 0 nos restantes casos.	β_{ROD3}
ROD4	Variável binária que toma o valor de 1 para os casos em que foi apresentado o cartão de “estrada de terra ruim” e 0 nos restantes casos.	β_{ROD4}
RENDA	Valor da renda do agregado familiar do inquirido (R\$).	β_{RENDA}
RESC	Variável categórica do escalão do valor da renda do agregado familiar. Foram utilizados 3 níveis de renda ⁴ : <ul style="list-style-type: none"> ▪ inferior a R\$ 1.500; ▪ entre R\$ 1.500 e R\$ 10.000; ▪ superior a R\$ 10.000. 	β_{RESC}
TEMPO	Valor de tempo adicional na rodovia alternativa apresentado (minutos).	β_{TEMPO}
R_PEDTEMP	Variável calculada através da razão entre a variável PEDÁGIO e a variável TEMPO convertida em horas (R\$/h)	$\beta_{PEDTEMP}$

⁴ Valores baseados nos grupos de renda da população apresentados pela Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE) na publicação “Estratificação Socioeconômica e Consumo no Brasil”, 2014.

6.5. Configuração Geral dos Modelos

Foram estimados modelos distintos para cada uma das categorias de veículos consideradas: leves e comerciais. Adotou-se um modelo *Logit* Binomial, uma vez que esta análise se foca apenas em duas funções de utilidade que representam a escolha entre duas alternativas rodoviárias (rodovia atual com pedágio e rodovia alternativa sem pedágio e com pior desempenho), utilizando a distribuição *Gumbel* no termo do erro aleatório.

Para tal, foi utilizado o *software* BIOGEME⁵, desenvolvido na EPFL (*École Polytechnique Fédérale de Lausanne*) especificamente para a estimação de modelos de escolha discreta, entre os quais o modelo *Logit* Binomial.

A especificação geral das funções de utilidade para cada um dos modelos adotados é descrita pelas seguintes equações:

$$V_{alternativa} = ASC + \beta_{RENDA} \times RENDA + \beta_{RESC} \times RESC + \beta_{TEMPO} \times TEMPO$$

$$V_{Pedágio} = \beta_{PED} \times PEDÁGIO + \beta_{ROD1} \times ROD1 + \beta_{ROD2} \times ROD2 + \beta_{ROD3} \times ROD3 \\ + \beta_{ROD4} \times ROD4 + \beta_{PEDTEMP} \times R_PEDTEMP$$

Dado que o objetivo final desta análise é estimar o valor do tempo dos usuários do Sistema Rodoviário BA-052, todos os modelos testados incluíram sempre (pelo menos) as variáveis TEMPO e PEDÁGIO. Com esta premissa presente, foram desenvolvidos vários testes para verificar qual a combinação de variáveis que resultava em modelos mais aderentes.

Tal como referido anteriormente, o modelo *Logit* tem a propriedade de ser um modelo relativo, sendo indiferente em que função de utilidade são consideradas as variáveis em análise (TEMPO, PEDÁGIO, RENDA, ROD e R_PEDTEMP), tendo-se reflexo apenas no sinal dos coeficientes. Nestes modelos, o que é realmente relevante é a relação entre as funções de utilidade consideradas.

⁵ Bierlaire, M. (2003). BIOGEME: A free package for the estimation of discrete choice models, *Proceedings of the 3rd Swiss Transportation Research Conference*, Ascona, Switzerland.

Neste sentido, cada uma das variáveis selecionadas foi atribuída a uma das funções de utilidade com o objetivo de facilitar a interpretação dos sinais dos coeficientes obtidos.

As especificações e os resultados obtidos para ambos os modelos estimados, assim como os respectivos valores do tempo (VT) apurados, são apresentados a seguir.

O valor do tempo apresentado é estimado através de uma das seguintes expressões:

- Nos casos em que se considera as variáveis PEDÁGIO e TEMPO:

$$VT = \frac{\partial V / \partial TEMPO}{\partial V / \partial PEDÁGIO}, \text{ em que:}$$

- VT é o valor subjetivo do tempo de deslocamento (R\$/ min);
- $\partial V / \partial TEMPO$ é a derivada parcial da componente observada da função de utilidade em função do tempo adicional de deslocamento (β_{TEMPO});
- $\partial V / \partial PEDÁGIO$ é a derivada parcial da componente observada da função de utilidade em função do custo do pedágio ($\beta_{PEDÁGIO}$).

- Nos casos em que se considera a variável R_PEDTEMP:

$$VT = \left| \frac{1}{\partial V / \partial PEDTEMP} \right|, \text{ em que:}$$

- $\partial V / \partial PEDTEMP$ é a derivada parcial da componente observada da função de utilidade em função da razão entre o valor do pedágio e o tempo adicional de deslocamento ($\beta_{PEDTEMP}$).

6.6. Resultados

Foram realizados testes com modelos que incluíram mais combinações de variáveis e estruturação dos dados de *input* para além das que são apresentadas a seguir. Especificamente, foram testadas configurações dos dados de *input* para cada tipo de veículo (leves e comerciais), além de modelos segmentados por classes de renda e por tipo de via alternativa apresentado.

No entanto, não se considerou relevante apresentar estes modelos, não só porque os resultados obtidos não são aceitáveis, mas também porque, dada a dimensão da amostra considerada, a partir de determinados níveis de segmentação conduz-se a resultados estatisticamente inconclusivos.

6.6.1. Modelo de veículos leves

Conforme explicado anteriormente, foram testadas várias combinações de modelos para se estimar o valor do tempo. Na tabela a seguir encontram-se sistematizados, para quatro dos modelos elaborados para veículos leves, os coeficientes apurados por variável considerada, além do índice de razão de verossimilhança ajustado ($\bar{\rho}^2$) e o respectivo valor do tempo estimado em cada modelo (VT). Em anexo podem ser consultados resultados estatísticos complementares para cada um dos modelos apresentados, como sejam o teste t, valor p, erro padrão, entre outros.

Tabela 9 - Resultados dos modelos testados para veículos leves

Modelo	ASC	β_{PED}	β_{ROD1}	β_{ROD2}	β_{ROD3}	β_{ROD4}	β_{RENDA}	β_{RESC}	β_{TEMPO}	$\beta_{PEDTEMP}$	VT	$\bar{\rho}^2$
1	-1.26	-0.0094 ^(d)	-	-	-	-	-	-	-0.004 ^(c)	-	22.63	0.25
2	-	0.0432	-	-	-	-	-	-	-0.018	-	-25.28	0.19
3	-0.88 ^(d)	-0.0090 ^(d)	0.34 ^(d)	0.41 ^(d)	-0.02 ^(d)	0.14 ^(d)	-0.0001	-	-0.003 ^(c)	-	20.22	0.25
4	-	-0.0090 ^(d)	1.22	1.29	0.86	1.01	-0.0001	-	-0.003 ^(c)	-	20.22	0.25

Nota: todas as variáveis são significativas a 100%, exceto nos casos assinalados: (a) - variável significativa a 95%; (b) - variável significativa a 90%; (c) - variável significativa a 80% (d) variável significativa a 70% ou inferior

Para uma primeira análise da qualidade dos resultados obtidos, é preciso atender ao sinal estimado para os coeficientes de cada uma das variáveis, sendo esperado que o modelo reflita as seguintes tendências:

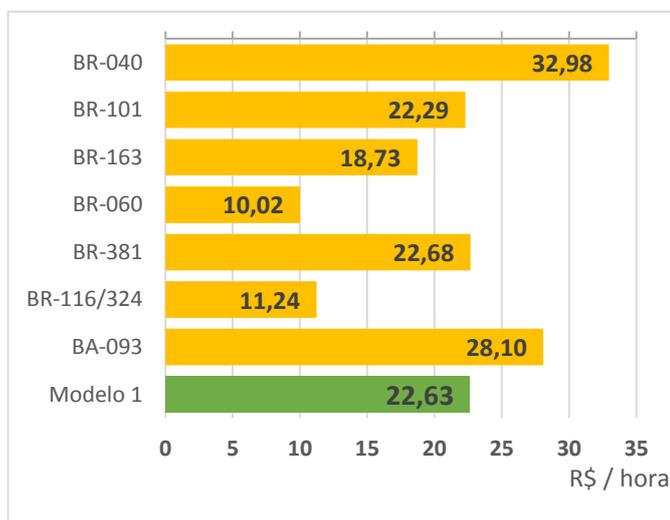
- Um aumento no **valor do pedágio** implica uma redução da escolha da alternativa com pedágio (sinal negativo do coeficiente);
- Uma redução na **qualidade da rodovia** alternativa sem pedágio (valores mais elevados nas variáveis ROD1, ROD2, ROD3 e ROD4) traduz-se em mais usuários que optam pela rodovia com pedágio (sinal positivo do coeficiente);
- Um maior valor da **renda do agregado familiar** aumenta a opção pela rodovia com pedágio (sinal negativo do coeficiente); e
- Um aumento do **tempo de viagem** na rodovia alternativa sem pedágio significa um aumento da opção pela rodovia com pedágio (sinal negativo do coeficiente).

Assim, fica automaticamente excluído desta análise o modelo 2, pois o sinal do coeficiente associado ao pedágio (PED) é incoerente (positivo), resultando numa estimativa de valor do tempo negativo. O modelo 3 fica também excluído por apresentar um valor negativo numa das variáveis relativas à qualidade da rodovia (ROD3).

Outro parâmetro de avaliação dos modelos assenta na coerência dos valores absolutos dos coeficientes associados à qualidade da rodovia alternativa (ROD 1 a 4), ou seja, espera-se que quanto pior a qualidade da rodovia alternativa, maior a probabilidade de um usuário optar pela rodovia com pedágio ($\beta_{ROD1} < \beta_{ROD2} < \beta_{ROD3} < \beta_{ROD4}$). Apesar de os sinais das variáveis estarem de acordo com o esperado, o modelo 4 revela-se incoerência neste ponto, pelo que também ficou excluído desta análise.

Assim, o modelo 1 é o único válido, com um valor de \bar{p}^2 aceitável, obtendo-se uma estimativa do **valor do tempo de R\$ 22,63 / hora**.

Da comparação com os resultados obtidos em outros estudos para rodovias a pedagiado no Brasil, é possível verificar que o valor do tempo agora estimado está em linha com os valores de referência adotados (Figura 20).



Nota – valores nominais (atualizados a set.2015)

Fonte: BNDES/FDTE, LOGIT/ANTT

Figura 20 - Valores do Tempo de referência de outros estudos para o Brasil - Veículos Leves

Uma maneira simplificada de se obter o peso de cada variável na escolha dos entrevistados é através do valor padronizado de cada coeficiente estimado ($\beta \times \bar{x}$), cujos valores são apresentados abaixo:

Tabela 10 - Valores padronizados dos coeficientes obtidos

Coeficiente	Valor	Valor padronizado
β_{PED}	-0.0094 [1/R\$]	-0.0879
β_{TEMPO}	-0.004 [1/min]	-0.1474

Como se pode observar, a variável que tem mais impacto na escolha da alternativa é o tempo adicional na rodovia alternativa e, por outro lado, a que apresenta um menor impacto neste de decisão é, precisamente, o valor do pedágio.

6.6.2. Modelo de veículos comerciais

À semelhança da abordagem seguida para o modelo de veículos leves, também para o modelo de veículos comerciais foram testadas várias combinações de variáveis para se estimar o valor do tempo.

Na tabela a seguir, encontram-se sistematizados, para quatro dos modelos testados, os coeficientes apurados por variável, além do índice de razão de verossimilhança ajustado ($\bar{\rho}^2$) e o respectivo valor do tempo estimado em cada modelo (VT). Em anexo, podem ser consultados resultados estatísticos complementares para cada um dos modelos apresentados (teste t, valor p, erro padrão).

Tabela 11 - Resultados dos modelos testados para veículos comerciais

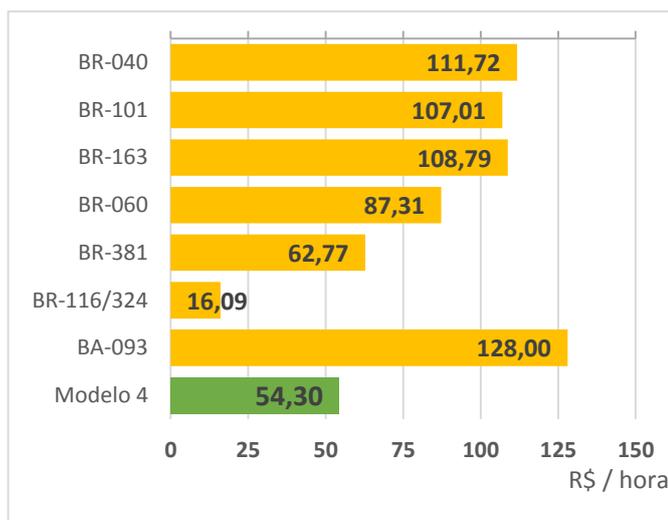
Modelo	ASC	β_{PED}	β_{ROD1}	β_{ROD2}	β_{ROD3}	β_{ROD4}	β_{RENDA}	β_{RESC}	β_{TEMPO}	$\beta_{PEDTEMP}$	VT	$\bar{\rho}^2$
1	-3.49	-0.0605	-	-	-	-	-	-	0.002 ^(d)	-	-1.69	0.65
2	0.00	0.0693	-	-	-	-	-	-	-0.039	-	-33.94	0.52
3	0.00	-0.0615	3.42	3.67	3.37	3.41	-	-	0.001 ^(d)	-	-0.69	0.65
4	-3.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.0184	54.30	0.65

Nota: todas as variáveis são significativas a 100%, exceto nos casos assinalados: (a) - variável significativa a 95%; (b) - variável significativa a 90%; (c) - variável significativa a 80% (d) variável significativa a 70% ou inferior

Replicando as regras de análise atrás descritas (coerência do sinal e consistência dos valores absolutos dos coeficientes estimados – vide seção 6.6), verifica-se que, de todos os modelos testados, apenas o modelo 4 é coerente e com um coeficiente estatisticamente significativo com um nível de confiança de 100%, ao qual corresponde um **valor do tempo para veículos comerciais de R\$ 54,30 / hora.**

Os demais modelos apresentaram coeficientes positivos associados às variáveis PEDÁGIO (PED) ou TEMPO, o que é incoerente.

Da comparação com os resultados obtidos em outros estudos para rodovias a pedagiadas para o Brasil, é possível verificar que o valor do tempo agora estimado está em linha com os valores de referência adotados (Figura 21).



Nota – valores nominais (atualizados a set.2015)

Fonte: BNDES/FDTE, LOGIT/ANTT

Figura 21 - Valores do Tempo de referência de outros estudos para o Brasil - Veículos Comerciais

6.6.3. Análise de sensibilidade ao valor do pedágio

Para se compreender melhor o impacto do valor do pedágio na escolha dos usuários, realizou-se uma análise de sensibilidade a este parâmetro.

Foi então calculada a probabilidade de escolha da rodovia pedagiada de acordo com os modelos estimados para os veículos leves e comerciais, fazendo variar o valor do pedágio e mantendo fixos diferentes tempos de viagem adicional na rodovia alternativa. Os resultados são apresentados nas figuras seguintes

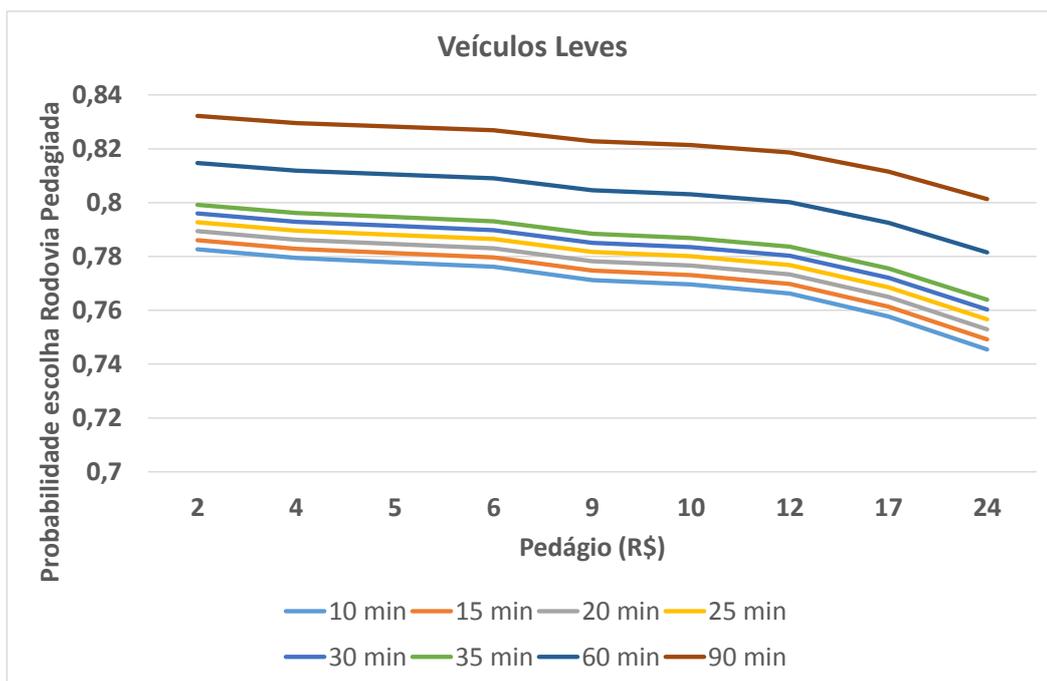


Figura 22 - Análise de sensibilidade do valor do pedágio para os veículos leves

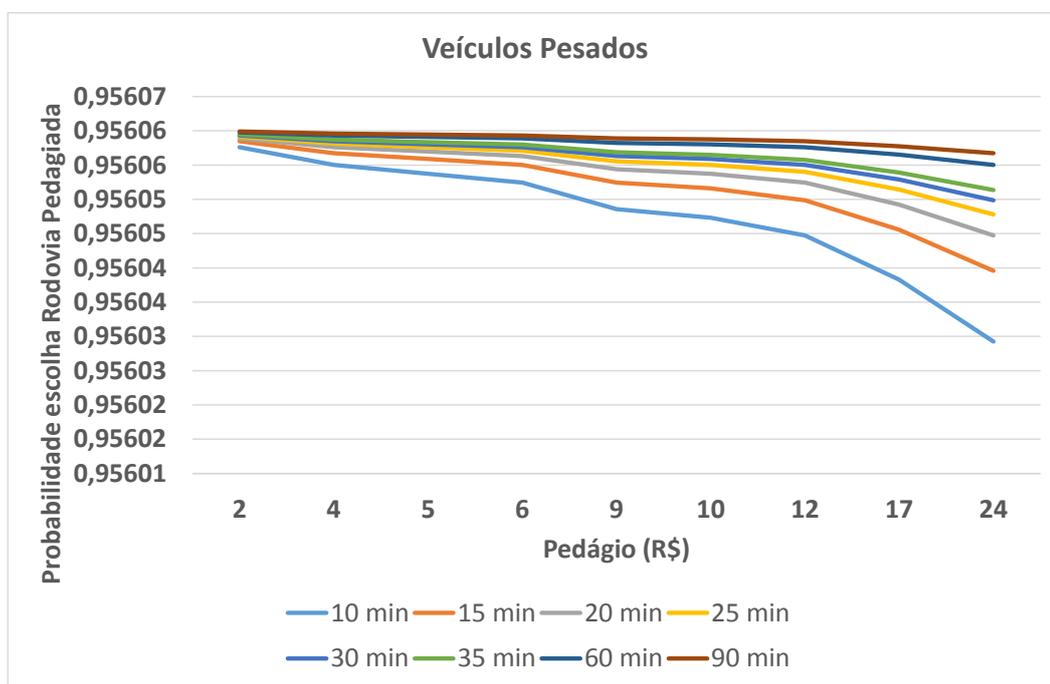


Figura 23 - Análise de sensibilidade do valor do pedágio para os veículos pesados

Como se pode verificar, existe uma maior sensibilidade dos veículos leves ao valor do pedágio, onde se verifica uma tendência decrescente (menor probabilidade) à medida que aumenta o valor de pedágio cobrado. Destacam-se três zonas onde o comportamento dos usuários é semelhante:

- i. Aumentos de tempo de viagem até aos 35 minutos;
- ii. Aumentos de tempo de viagem de 60 minutos;
- iii. Aumentos de tempo de viagem de 90 minutos;

No caso dos veículos comerciais, a diminuição da probabilidade de escolha é menos acentuada e a sua variação absoluta é bastante reduzida.

ANEXO I – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DOS MODELOS LOGIT

Anexo I - Resultados dos Modelos Logit para Veículos Leves e Comerciais

1. Veículos Leves

* N° de observações: 2.780

* Resumo de resultados estatísticos:

Modelo	Teste t (Valor p)								$\bar{\rho}^2$	Logaritmo de máxima verossimilhança
	ASC	β_{PED}	β_{ROD1}	β_{ROD2}	β_{ROD3}	β_{ROD4}	β_{RENDA}	β_{TEMPO}		
1	-14.21 (0.00)	-1.15 (0.25)	-	-	-	-	-	-1.60 (0.11)	0.25	-1448.367
2	-	5.49 (0.00)	-	-	-	-	-	-8.24 (0.00)	0.19	-1556.257
3	-0.00 (1.00)	-1.09 (0.28)	-0.00 (1.00)	-0.00 (1.00)	-0.00 (1.00)	-0.00 (1.00)	-3.36 (0.00)	-1.35 (0.18)	0.25	-1416.361
4	-	-1.09 (0.28)	8.37 (0.00)	10.43 (0.00)	6.62 (0.00)	8.42 (0.00)	-3.36 (0.00)	-1.35 (0.18)	0.25	-1416.361

(nível de significância é igual a 1 – valor p)

* Erro-padrão:

Modelo	ASC	β_{PED}	β_{ROD1}	β_{ROD2}	β_{ROD3}	β_{ROD4}	β_{RENDA}	β_{TEMPO}
1	0.0884	0.00813	-	-	-	-	-	0.00220
2	-	0.00787	-	-	-	-	-	0.00220
3	9.29E+04	9.29E+04	9.29E+04	9.29E+04	9.29E+04	9.29E+04	2.00E+05	0.00225
4	-	0.00831	0.145	0.123	0.130	0.121	2.00E-05	0.00225

2. Veículos Comerciais

* N° de observações: 2.173

* Resumo de resultados estatísticos:

Modelo	Teste t (Valor p)								$\bar{\rho}^2$	Logaritmo de máxima verossimilhança
	ASC	β_{PED}	β_{ROD1}	β_{ROD2}	β_{ROD3}	β_{ROD4}	β_{TEMPO}	$\beta_{PEDTEMP}$		
1	-16.00 (0.00)	-4.73 (0.00)	-	-	-	-	0.48 (0.63)	-	0.65	-524.255
2	-	5.69 (0.00)	-	-	-	-	-9.30 (0.00)	-	0.52	-725.697
3	-	-4.75 (0.00)	12.53 (0.00)	13.60 (0.00)	11.61 (0.00)	14.03 (0.00)	0.19 (0.85)	-	0.65	-523.462
4	-17.61 (0.00)	-	-	-	-	-	-	-2.99 (0.00)	0.65	-516.231

(nível de significância é igual a 1 – valor p)

