

APLICAÇÃO DE UM MODELO DE DIVISÃO MODAL – COMPARATIVO ENTRE AVIÃO E ÔNIBUS

Helena Carolina Medeiros

Mirian Buss Gonçalves

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas

Edson Tadeu Bez

Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI

RESUMO

Neste artigo apresenta-se uma aplicação de um modelo de divisão modal do tipo comportamental (*logit* multinomial), baseado nas preferências dos usuários, para obter a repartição modal entre os modos avião e ônibus entre duas cidades. As preferências dos usuários foram levantadas utilizando técnicas de Preferência Declarada. Foi realizada uma pesquisa com usuários do transporte aéreo e do transporte rodoviário por ônibus do trecho Florianópolis (SC) – Porto Alegre (RS). Com os resultados obtidos na calibração do modelo e utilizando o conceito de elasticidade da demanda em relação à tarifa, foi possível estimar a taxa de transferência da demanda do modal rodoviário para o aéreo.

ABSTRACT

In this article is presented an application of a model of modal choice of the behavioral type (multinomial logit), based on user preferences, to obtain the modal distribution between the airplane and bus modes between two cities. Users' preferences were surveyed using Stated Preference techniques. A survey was conducted among the users of air transport and highway bus transport in the passage Florianópolis (SC) – Porto Alegre (RS). From the results obtained in calibration of the model and using the concept of elasticity of demand in regard to the fare, it was possible to estimate the rate of transfer of demand from the highway modal to the air modal

1. INTRODUÇÃO

O conjunto de dados para alimentar os modelos de escolha discreta, em geral, é obtido através de técnicas de Preferência Declarada (PD), baseadas em “entrevistas”, nas quais apresenta-se ao usuário um conjunto de opções que podem ser cenários reais ou alternativas hipotéticas, construídas pelo pesquisador (Almeida e Gonçalves, 2001). O entrevistado, mediante um leque de opções, registra suas preferências. Os dados coletados são processados por modelos estatísticos, permitindo, entre outras análises, a identificação dos atributos mais relevantes e dos *tradeoffs* entre os diferentes níveis de serviço (Lima e Gonçalves, 2000).

Para a aplicação da pesquisa de Preferência Declarada, foram escolhidos usuários da ligação Florianópolis (SC) – Porto Alegre (RS) nos segmentos aéreo e rodoviário por ônibus. Com os resultados dessa pesquisa de campo pretende-se estimar a transferência do modal rodoviário para o modal aéreo. Além da pesquisa de PD foi aplicado um questionário para levantar o perfil sócioeconômico dos usuários.

O artigo é estruturado como segue. Na seção 2 são apresentados o Modelo *Logit* Multinomial e as equações de elasticidade da demanda em relação à tarifa utilizadas no estudo. Nas seções 3 e 4 são descritos o delineamento do experimento de preferência declarada e a pesquisa de campo,

respectivamente. Na seção 5 tem-se a calibração do modelo e análise dos resultados. Finalmente, na seção 6 são apresentadas as considerações finais do trabalho.

2 MODELO DE DIVISÃO MODAL

A divisão modal pode ser definida como a divisão proporcional das viagens realizadas pelas pessoas, entre diferentes modos de transporte.

Diante disso, os modelos de divisão modal são usados para analisar e prever as escolhas dos indivíduos ao selecionar os modos de transporte (Caliper, 1996 apud Lopes Filho, 2003).

Os fatores que influenciam a escolha do modo, segundo Ortúzar e Willumsem (1994), estão divididos em três grupos: características sócioeconômicas do usuário (renda, estrutura domiciliar, posse de veículos e etc.), características da viagem (motivo da viagem, hora do dia em que ela é realizada e etc.) e características do sistema de transporte (tempo de viagem, custo, conforto e etc.).

Dentre as metodologias disponíveis para o desenvolvimento de modelos de escolha modal, os modelos de escolha discreta são os mais usuais. Esses modelos têm como hipótese básica que a probabilidade de um indivíduo escolher uma determinada alternativa é função da atratividade da alternativa escolhida em relação à atratividade das alternativas disponíveis (Ortúzar e Willumsem, 1994).

A atratividade de uma alternativa é representada através do conceito de utilidade, que é definida pela combinação de variáveis que representam as características das alternativas ou do indivíduo. Os valores desta função utilidade permitem que se estabeleça uma comparação entre a utilidade dos diferentes atributos considerados relevantes.

A forma mais utilizada da função utilidade é a linear aditiva, que pode ser expressa por:

$$U_{in} = \sum_{k=1}^K \beta_k X_{ink} \quad (1)$$

onde: U_{in} = utilidade da alternativa i para o indivíduo n ;

X_{ink} = valor do atributo k para a alternativa i para o indivíduo n ;

β_k = coeficiente do modelo para o atributo k ;

K = quantidade de atributos de cada alternativa.

2.1 O Modelo *Logit* Multinomial (MNL)

Na literatura, o modelo MNL é o mais difundido em análise de escolha discreta. A principal hipótese do modelo MNL é de que os erros aleatórios são independentes e identicamente distribuídos (hipótese iid).

Este modelo assume que fatores negativos de padrões de viagem, tais como o alto custo direto, podem ser compensados pelos fatores positivos, como a duração reduzida da viagem. Pode-se dizer, então, que os indivíduos selecionam um modo de transporte, baseando-se na somatória total das utilidades, positivas ou negativas, que estão associadas aos fatores que influenciam a realização da viagem (Nicholson, 2003).

A forma adotada nesse trabalho é dada por:

$$P_n(i) = \frac{e^{U_{in}}}{\sum_{j \in C(n)} e^{U_{jn}}} \quad (2)$$

onde: $P_n(i)$: probabilidade da alternativa i ser escolhida pelo indivíduo n dentro do conjunto de alternativas existentes $C_{(n)}$ e

U_{in} : função utilidade em sua forma aditiva, dada pela equação 1.

Segundo Train (2003) a forma como o tomador de decisão reage perante os valores de cada atributo depende de suas características sócioeconômicas. Além disso, indivíduos com mesmo perfil ainda podem refletir diferentes preferências, o que faz admitir que a escolha de uma alternativa é uma variável aleatória.

Os modelos MNLs podem ser utilizados para capturar as variações de preferência entre indivíduos, dentro de certos limites. Segundo Train (2003), em particular, preferências que variam sistematicamente com variáveis observadas podem ser incorporadas nos modelos *logit*, enquanto preferências que variam com relação a variáveis não observadas ou puramente aleatórias não podem ser manipuladas. Isso não garante que os termos aleatórios sejam identicamente distribuídos, o que viola a hipótese iid.

A calibração de um modelo de escolha discreta é um processo iterativo em que vários conjuntos de variáveis e estruturas de modelos são testados a fim de identificar o modelo que melhor representa a opção dos indivíduos. No processo de calibração são obtidos os valores dos parâmetros do modelo para posterior aplicação.

2.2 Elasticidade do modelo logit multinomial

Em uma economia de mercado o consumidor constantemente deve decidir como gastar uma quantidade limitada de recursos ou tempo. Suas escolhas, em geral, refletem seu conhecimento, preferências e valores.

O preço geralmente afeta as decisões dos consumidores. Por exemplo, um consumidor pode considerar um produto muito caro no seu preço normal, mas pode adquiri-lo a preços promocionais. Da mesma forma, um acréscimo no preço de um bem ou serviço pode motivar um menor uso ou consumo do mesmo.

Estas decisões são chamadas “marginais” e podem ser afetadas por uma pequena mudança no preço. Embora individualmente estas decisões possam apresentar grande variabilidade e serem difíceis de prever, elas apresentam uma tendência quando agregadas, originando a lei da demanda: “Se o preço diminui o consumo aumenta e se o preço aumenta o consumo diminui”.

O comportamento dos usuários de transporte tende a seguir o mesmo padrão. Quando a tarifa aumenta, o número de viagens tende a diminuir. As mudanças na tarifa podem ter uma série de impactos sobre os padrões de viagem, afetando o número de viagens dos usuários, seu destino, rota, modo e tipo de serviço escolhido.

Para medir a sensibilidade dos consumidores em relação ao preço os economistas usam o conceito de elasticidade, que, intuitivamente, é definido como a mudança percentual no consumo de um bem (ou serviço) causada por uma variação de 1 por cento no seu preço.

Para explicar medidas de elasticidade em situações práticas, em particular, num sistema de transporte, a mudança ocorrida deve ser relativa, isto é, deve envolver um acréscimo (ou decréscimo) percentual quantificável no atributo de interesse (tarifa, tempo etc.). As medidas de elasticidade não podem ser aplicadas para descrever a resposta da demanda a um novo sistema, por exemplo, um novo sistema de ônibus (Pratt, 2003).

Pode-se obter facilmente equações para as elasticidades diretas e cruzadas do modelo *logit* multinomial dado pela equação 2.

Usando a definição de elasticidade (Ortúzar e Willumsem, 1994), tem-se:

$$E[P_i, X_{ik}] = \frac{\partial P_i}{\partial X_{ik}} \times \frac{X_{ik}}{P_i}, \quad (3)$$

onde $E[P_i, X_{ik}]$ é a elasticidade da probabilidade de escolha da alternativa i em relação à variação no atributo X_k , considerando o valor de X_k para a alternativa i (X_{ik}).

Substituindo a função utilidade (equação 1) no modelo *logit* multinomial (equação 2), derivando e substituindo na equação 3, obtém-se:

$$E[P_i, X_{ik}] = \beta_k X_{ik} (1 - P_i) \quad (4)$$

De forma análoga, obtém-se a elasticidade cruzada, dada por:

$$E[P_i, X_{jk}] = \beta_k X_{jk} P_j \quad (5)$$

3. DELINEAMENTO DO EXPERIMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA

A montagem de uma pesquisa de Preferência Declarada deve ser elaborada a partir dos critérios metodológicos inerentes da técnica (Brandli, 2004). Para um experimento de PD adequado, Ortúzar e Willunsem (1994) sugerem três fases distintas: estruturação, aplicação e análise.

A fase de estruturação é marcada pelo planejamento da pesquisa, em que se identifica o problema que se deseja examinar, os objetivos e a finalidade da pesquisa. Nessa etapa também são definidos os atributos que serão incluídos na pesquisa e seus níveis de variação.

As dificuldades encontradas pelos entrevistados para avaliar ou expressar valores costumam ser diretamente proporcionais ao número de níveis e atributos. Deve-se ter muita cautela com relação à quantidade de atributos e seus respectivos níveis, e que esses últimos não fiquem muito aquém ou além da experiência corrente e que sejam também passíveis de credibilidade.

Após a definição dos atributos e seus níveis parte-se para a elaboração do projeto estatístico do experimento. Nesta etapa deve ser construído o esquema fatorial, que resultará nos grupos de alternativas a serem submetidas aos entrevistados para o processo de escolha. Combinar uma quantidade elevada de atributos e níveis num experimento estatístico, segundo um fatorial completo, pode tornar o experimento impraticável e de difícil avaliação (Train, 2003).

Como o fatorial completo normalmente envolve um número muito grande de alternativas, o que dificulta sua escolha pelo entrevistado, lança-se mão de técnicas de fracionamento, que reduzem este número. As técnicas de fracionamento possuem como fundamento básico a supressão de alternativas pela junção dos efeitos principais com os efeitos das interações, devido às suposições de que os atributos e seus níveis geram delineamentos ortogonais (Souza, 1999). A maioria das aplicações encontradas em transporte é desta estrutura, ou seja, fatoriais fracionados e as aplicações práticas, por outro lado, têm sido facilitadas pela existência de experimentos padrões, que costumam abranger muitas situações de pesquisa.

Segundo Louviere *et al.* (1999), em Preferência Declarada, o bom estabelecimento dos atributos da pesquisa, pode garantir altos níveis de variância explicada. Assim, efeitos principais contribuem com 70 a 90% da variância explicada, efeitos de interações duplas com 5 a 15% e interações de alta ordem com o restante.

O delineamento experimental proposto foi formulado com três atributos por modo, ou seja: tarifa, tempo de viagem e horário de chegada (Medeiros, 2007). No Quadro 1 é apresentada a configuração do delineamento experimental.

Quadro 1: Configuração do delineamento experimental do segundo experimento

| ATRIBUTOS\MODO | AVIÃO | ÔNIBUS |
|--------------------|---|---|
| TARIFA | Alta Média Baixa | Alta Média Baixa |
| TEMPO DE VIAGEM | Alto Médio Baixo | Alto Médio Baixo |
| HORÁRIO DE CHEGADA | Entre 6 e 11 hs Entre 11 e 17 hs Depois das 17 hs | Entre 6 e 11 hs Entre 11 e 17 hs Depois das 17 hs |

Uma forma geral de desenhar o experimento para essas situações está em combinar todos os atributos de conformidade com um fatorial coletivo e selecionar o menor *design* de efeitos principais daquele fatorial (Louviere *et al.*, 1999).

Neste experimento, considera-se M como as escolhas genéricas (avião, ônibus), A o número total de atributos (tarifa, tempo de viagem e horário de chegada), cada qual com um número L de níveis (alto, intermediário e baixo). A fórmula geral para se chegar na quantidade total de alternativas, é dada pela expressão:

$$\text{Conjuntos de escolha} = L^{M \times A} = 3^{2 \times 3} = 3^6 = 729.$$

Considerando que essa quantidade é elevada, optou-se por um delineamento extraído de Kocur *et al.* (1982) e que considera apenas os efeitos principais, através de 27 linhas de combinações aqui chamadas de *choice-sets* (*Master Plan nº 8*, colunas – 1, 2, 5, 6, 7, 10, 11, 12 e 13).

4. DESCRIÇÃO DA PESQUISA DE CAMPO

O experimento foi realizado em duas etapas, onde na primeira foram entrevistados usuários do transporte aéreo e na segunda, usuários do transporte interestadual por ônibus. Os usuários do transporte aéreo foram entrevistados no aeroporto Hercílio Luz localizado em Florianópolis e os usuários do transporte por ônibus foram entrevistados no terminal rodoviário da mesma cidade.

No aeroporto foram entrevistados 45 usuários (gerando 405 observações) entre os dias 25/10 e 10/12 de 2006. Já no terminal rodoviário foram realizadas 39 entrevistas (351 observações) entre os dias 05 e 15 de março de 2007.

4.1 Aplicação da Pesquisa de Preferência Declarada

Para a pesquisa foram desenvolvidos 27 blocos contendo dois cartões em cada. Esses blocos foram divididos em três conjuntos com diferentes cores:

- Vermelha: do bloco 01 ao bloco 09;
- Azul: do bloco 10 ao bloco 18,
- Verde: do bloco 19 ao bloco 27.

Foi apresentado a cada entrevistado um dos conjuntos, resultando em 09 escolhas, uma por bloco. O experimento prevê a distribuição dos conjuntos completos, ou seja, completa-se um ciclo a cada aplicação de três conjuntos.

Na Figura 1 tem-se o choice-set número 04, que foi apresentado ao usuário para realização de trade-offs.

| SET 04 | | |
|--------------------|---|---|
| ATRIBUTOS | Avião | Ônibus |
| TARIFA |  R\$ 160,00 |  R\$ 75,00 |
| TEMPO DE VIAGEM | 02:30 hs | 06:20 hs |
| HORÁRIO DE CHEGADA | entre 06 e 11:00 hs | entre 11 e 17:00 hs |

Figura 1: Bloco de escolha número 04

4.2 Levantamento dos dados sócioeconômicos

Foi apresentado a cada entrevistado um questionário sócioeconômico, para obter informações sobre o perfil dos usuários. Os dados coletados também possibilitaram uma análise comparativa entre o perfil dos usuários do ônibus e do avião, seja por idade, classe de renda, escolaridade, motivo da viagem (estudo, trabalho, negócios, lazer, etc.).

Analisando as respostas dos questionários notou-se uma predominância de homens (54%) nos entrevistados no aeroporto ao passo que na rodoviária a maioria (52%) eram mulheres. Em relação à faixa etária, a maioria dos entrevistados está na faixa de 35 a 45 anos (49% no aeroporto e 39% na rodoviária). Por outro lado, nos entrevistados da rodoviária a faixa etária acima de 45 anos é pouco expressiva (10%) sendo que no aeroporto esse percentual se eleva para 22% sendo o segundo maior grupo entre esses respondentes.

Quanto à escolaridade, existe uma predominância de entrevistados com o 3º grau completo (63% no aeroporto e 52% na rodoviária), já a quantidade de usuários com 1º grau é muito baixa em ambos os casos (1 no aeroporto e 3 na rodoviária). Tanto para as entrevistas realizadas no aeroporto quanto na rodoviária a maioria dos usuários está na faixa de renda acima de 7 salários (41% e 36% respectivamente). O motivo de viagem da maioria dos usuários, em ambos os modos, era para visitar parentes. A grande diferença entre os motivos de viagem desses usuários está no percentual do motivo trabalho, que para os usuários do aeroporto é de 28% e para os usuários da rodoviária é de 18%. A frequência de viagens dos usuários da rodoviária é menor do que a dos usuários do aeroporto: tem-se que 61% dos usuários entrevistados na rodoviária viajam

no máximo 3 vezes ao ano, enquanto nos usuários do aeroporto esse percentual diminui para 46%.

5. CALIBRAÇÃO DO MODELO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Tendo em vista a configuração do delineamento experimental apresentado no Quadro 1, adotou-se a seguinte função utilidade:

$$U = \beta_1 \cdot \text{Modo} + \beta_2 \cdot \text{Tarifa} + \beta_3 \cdot \text{Tempo} + \beta_4 \cdot \text{Hora1} + \beta_5 \cdot \text{Hora2}, \quad (6)$$

Foram utilizadas variáveis binárias para o atributo hora da chegada, conforme descrito na tabela 1. Essas variáveis foram introduzidas para captar os efeitos da não linearidade na função utilidade.

Tabela 1: Valores adotados na representação da Hora de Chegada

| | Hora de Chegada | |
|-------------------------|-----------------|--------------|
| | <i>Hora1</i> | <i>Hora2</i> |
| Entre 6 e 11 hs | 1 | 1 |
| Entre 11 e 17 hs | 2 | 1 |
| Depois das 17 hs | 2 | 2 |

Os valores atribuídos ao modo foram 1 para o ônibus e 2 para o avião. O valor utilizado para a tarifa foi baseado no valor praticado pelas operadoras de cada modo (avião e ônibus) na época em que a pesquisa foi aplicada. Para o ônibus foi utilizada a tarifa do ônibus executivo, devido aos resultados obtidos em uma pesquisa anterior (Medeiros, 2007). Já para o atributo tempo de viagem foram atribuídos valores o mais próximo possível dos reais que incluem, por exemplo, no caso do avião, os tempos de *check-in* e deslocamento até os aeroportos.

A calibração da função utilidade foi feita com o uso do software ALOGIT, o qual é utilizado, com muita frequência, nesta área de Preferência Declarada. Os resultados da calibração dos dados podem ser vistos nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2: Resultados da calibração utilizando a Equação (6)
das entrevistas na rodoviária (351 observações)

| | <i>Modo</i> | <i>Tarifa</i> | <i>Tempo</i> | <i>Hora1</i> | <i>Hora2</i> |
|----------------------|-------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Coefficientes | 2,876 | -0,1597 | -0,1194 | 0,3134 | -0,5985 |
| t-student | 2,6 | -10,2 | -1,4 | 1,1 | -0,8 |
| ρ^2 | 0,869 | | | | |

Tabela 3: Resultados da calibração utilizando a Equação (6)
das entrevistas no aeroporto (405 observações)

| | <i>Modo</i> | <i>Tarifa</i> | <i>Tempo</i> | <i>Hora1</i> | <i>Hora2</i> |
|----------------------|-------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Coefficientes | 3,804 | -0,05139 | -0,1965 | 0,3945 | -0,4171 |
| t-student | 5,3 | -9,1 | -1,9 | 1,6 | -1,7 |
| ρ^2 | 0,3162 | | | | |

Analizando os resultados obtidos nas tabelas 2 e 3 nota-se que o atributo tarifa tem um peso muito maior para os usuários entrevistados na rodoviária. Esse resultado já era esperado, pois como se pode observar com a pesquisa sócioeconômica, os usuários entrevistados na rodoviária tinham uma média de salários mais baixa do que os entrevistados no aeroporto.

Nota-se também que o atributo tempo tem mais valor para os usuários do modal aéreo, o que é coerente, pois como apresentado na análise dos dados sócioeconômicos esses usuários tem um poder aquisitivo mais alto e um maior número viaja a trabalho. O que os usuários de ambos os modais concordam é no horário de chegada, onde o atributo *Hora1* tem o coeficiente positivo, que representa que esses usuários preferem o horário de chegada “entre 11 e 17 hs”, e o atributo *Hora2* tem o coeficiente negativo, que também representa que esses usuários preferem o horário de chegada “entre 11 e 17 hs”.

Com o intuito de gerar uma única função utilidade para o experimento calibrou-se o modelo com todas as observações (aeroporto e rodoviária). Na tabela 4 são apresentados esses resultados.

Tabela 4: Resultados da calibração utilizando as entrevistas no aeroporto e na rodoviária (756 observações)

| | <i>Modo</i> | <i>Tarifa</i> | <i>Tempo</i> | <i>Hora₁</i> | <i>Hora₂</i> |
|---------------------|-------------|---------------|--------------|-------------------------|-------------------------|
| Coeficientes | 2.150 | -0.09243 | -0.1475 | 0.2634 | -0.3583 |
| t-student | 5.1 | -12.1 | -2.2 | 1.6 | -2.2 |
| ρ^2 | 0,2218 | | | | |

Com os resultados obtidos na tabela 4 a função utilidade (equação 6) fica da seguinte forma:

$$U = 2,15 \cdot \text{Modo} - 0,09243 \cdot \text{Tarifa} - 0,1476 \cdot \text{Tempo} + 0,2634 \text{Hora}_1 - 0,3583 \cdot \text{Hora}_2. \quad (7)$$

5.1 Estudo da elasticidade

Como mencionado na seção 2, pode-se calcular a elasticidade do modelo *logit* multinomial. Para o cálculo da elasticidade é necessário determinar a probabilidade de escolha de cada modo (divisão modal). Cada bloco de escolha era composto por duas alternativas. Como são 27 blocos têm-se 54 alternativas, 27 para o ônibus e 27 para o avião. Para o cálculo das probabilidades de escolha, calculou-se, primeiro, a utilidade de cada alternativa utilizando a equação 7.

Para estimar a probabilidade de escolha de cada modo foi utilizada a equação 2, que adaptada ao nosso estudo de caso, para cada modo, são dadas por:

$$P_1 = \frac{e^{U_{1,1}} + e^{U_{1,2}} + \dots + e^{U_{1,27}}}{(e^{U_{1,1}} + e^{U_{1,2}} + \dots + e^{U_{1,27}}) + (e^{U_{2,1}} + e^{U_{2,2}} + \dots + e^{U_{2,27}})} \quad (8)$$

$$P_2 = \frac{e^{U_{2,1}} + e^{U_{2,2}} + \dots + e^{U_{2,27}}}{(e^{U_{1,1}} + e^{U_{1,2}} + \dots + e^{U_{1,27}}) + (e^{U_{2,1}} + e^{U_{2,2}} + \dots + e^{U_{2,27}})} \quad (9)$$

onde:

P_1 : Probabilidade de escolha do modal ônibus (1);

$U_{1,1}, U_{1,2}, \dots, U_{1,27}$ = utilidade das alternativas 1, 2, ..., 27 do modo ônibus (1).

P_2 : Probabilidade de escolha do modal avião;

$U_{2,1}, U_{2,2}, \dots, U_{2,27}$ = utilidade das alternativas 1, 2, ..., 27 do modo avião (2);

Aplicando os dados obtidos nas equações 8 e 9, obtém-se as probabilidades de escolha de cada modo: $P_1 = 0,6118$; $P_2 = 0,3882$.

Para o cálculo das elasticidades em relação à tarifa foi utilizado o valor do nível médio da tarifa de cada modo. O valor atribuído ao coeficiente β_2 , correspondente ao atributo tarifa das funções de utilidade calibradas foi o correspondente de cada modal. Para o cálculo das elasticidades diretas foram utilizados os valores dos modelos separados (Tabelas 2 e 3) e para elasticidades cruzadas utilizou-se os valores do modelo conjunto (Tabela 4).

Utilizando a equação 4 calcula-se o valor das elasticidades diretas de cada modo:

$$\begin{aligned} E[P_1, Tarifa_1] &= \beta_2 \times (Tar_1) \times (1 - P_1) \\ &= (-0,1597) \times 107 \times (1 - 0,6118) \\ &= -6,6335 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E[P_2, Tarifa_2] &= \beta_2 \times (Tar_2) \times (1 - P_2) \\ &= (-0,05139) \times 185 \times (1 - 0,3882) \\ &= -5,8355 \end{aligned}$$

A partir dos valores encontrados nestas elasticidades nota-se que a cada aumento de 1% na tarifa do modal rodoviário sua demanda cairia 6,63%, já no modal aéreo essa queda seria de 5,83%.

No cálculo das elasticidades cruzadas pode-se observar o comportamento do usuário de um modal em relação às mudanças de tarifa do outro modal. De maneira similar ao cálculo das elasticidades diretas, foram calculadas as elasticidades cruzadas utilizando a equação 5.

$$\begin{aligned} E[P_1, Tarifa_2] &= -\beta_2 \times (Tar_2) \times P_2 \\ &= -(-0,09243) \times 185 \times 0,3882 \\ &= 6,63 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E[P_2, Tarifa_1] &= -\beta_2 \times (Tar_1) \times P_1 \\
&= -(-0,09243) \times 107 \times 0,6118 \\
&= 6,05
\end{aligned}$$

Observando os valores calculados acima conclui-se que o aumento de 1% da tarifa do modal aéreo poderia acarretar um aumento de 6,64% na demanda do modal rodoviário e que aumentando em 1% a tarifa do modal rodoviário a demanda do aéreo poderia aumentar em 6,05%.

Os altos valores obtidos para a elasticidade cruzada demonstram que tarifas promocionais no modal aéreo podem afetar bastante a demanda pelo modal rodoviário. Isso também é reforçado pelo valor atribuído ao tempo, pelos usuários de ambos os modos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho a divisão da demanda por modo (aéreo e rodoviário por ônibus) foi estimada, utilizando um modelo de divisão modal do tipo comportamental (*logit* multinomial), baseado nas preferências dos usuários. Através de uma pesquisa de preferência declarada obteve-se coeficientes para calibrar esse modelo. Com estes coeficientes e utilizando o conceito de elasticidade da demanda em relação à tarifa, também, foi possível estimar a taxa de transferência de demanda do modal rodoviário para o aéreo conforme a variação da tarifa.

O experimento de preferência declarada envolveu a escolha entre o modo aéreo e o modo rodoviário, e foi aplicado em usuários de ambos os modais nos seus locais de embarque. Neste experimento, foi aplicado também um questionário sócioeconômico que permitiu estabelecer um comparativo entre os usuários desses modais. Neste comparativo vale a pena ressaltar que os usuários do modal aéreo são mais velhos, tem um grau de escolaridade maior e um maior poder aquisitivo. Na questão motivo de viagem, em ambos os modais, a maioria viajava para “visitar parentes”, mas o motivo “trabalho” possui uma grande diferenciação, sendo que para o modal rodoviário é de 18% e no aéreo é de 28%. Mais de 60% dos usuários, de ambos os modais, desejam viajar mais e o motivos que os impedem de viajar diferem um pouco nos percentuais, tendo sua maior diferença no motivo trabalho, que para o aéreo é de 23% e no rodoviário é de 14%.

Analisando os dados obtidos nota-se que o atributo tarifa tem um peso maior para os usuários entrevistados na rodoviária. Nota-se, também, que o atributo tempo tem mais valor para os usuários do modal aéreo. O que os usuários de ambos os modais concordam é no horário de chegada, ambos preferem o horário de chegada “entre 11 e 17 hs”. Aparentemente esses usuários preferem não acordar muito cedo (horário de chegada entre 06 e 11 horas) e nem chegar muito tarde no destino (horário de chegada depois das 17 horas).

Utilizando os resultados obtidos foi possível fazer um estudo sobre a elasticidade da demanda em relação à tarifa. Foram calculadas as elasticidades diretas e cruzadas do modal aéreo e rodoviário. Nas elasticidades diretas foram encontrados valores de -6,63 e -5,83 para os modais rodoviário e aéreo, respectivamente.

O valor da elasticidade cruzada do ônibus em relação à tarifa do avião foi de 6,63, o que demonstra que se a tarifa do modal aéreo diminuir a demanda do rodoviário tenderá a diminuir numa proporção de quase seis vezes à redução da tarifa.

Através dos experimentos realizados e dos valores de elasticidades calculados podemos concluir que o modal aéreo interfere na demanda do modal rodoviário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, L. M. W. e Gonçalves, M. B. (2001) *A methodology to incorporate behavioral aspects in trip-distribution models with an application to estimate student flow*. *Environment and Planning A*, v. 33, p. 1125-1138.
- Brandli, L.L (2004). *Modelo de Demanda Habitacional de Estudantes numa Perspectiva de Desenvolvimento Local*. Tese (doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- Gonçalves, M.B; Bez, E.T; Medeiros, H.C; Luz, G; Philippi, R.C.N (2006). *Um estudo sobre as preferências dos usuários do transporte rodoviário interestadual de passageiros*. Anais do XX Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes, Anpet, Brasília, vol I, pp 555 - 566.
- Kocur, G.; Adler, T.; Hyman, W. e Aunet, B. (1982) *Guide to forecasting travel demand with direct utility assessment*. Report N^o UMTA-NH-11-1-82, Urban Mass Transportation Administration, US Department of Transportation, Washington, D.C., USA.
- Lima, M. L. P. e Gonçalves, M. B. (2000) *Determinação dos atributos mais relevantes para os usuários de um corredor de transporte usando a técnica de preferência declarada*. *Teoria e Prática na Engenharia Civil*, n. 1, p. 1-8.
- Lopes Filho, J.I. (2003) *Pós-avaliação da previsão de demanda por transportes no município de Fortaleza*. Dissertação (mestrado). Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Louviere, J. J.; Hensher, D. A. e Swait, J. (1999) *Stated Choice Methods*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Medeiros, H.C. (2007) *Análise das preferências dos usuários do transporte rodoviário de passageiros: estudo de caso na linha Florianópolis (SC) – Porto Alegre (RS)*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Nicholson, A. (2003) *Desenvolvimento da Estratégia de Transporte da Universidade Canterbury: Estabilidade Temporal de um Modelo de Escolha Modal*. In *Transporte em Transformação VIII*, CNT-ANPET, p. 39-55.
- Ortúzar, J. D. e Román, C. (2003) *El problema de modelación de demanda desde una perspectiva desagregada: el caso del transporte*. *Revista Eure*, Santiago de Chile, v. XXIX, n. 88, p. 149-171.
- Ortúzar, J. D. e Willumsen, L. G. (1994) *Modelling Transport*, Chichester: John Wiley and Sons.
- Pratt, R. H. "Interim Introduction", *Traveler Response to Transportation System Changes*. Interim Handbook, (2003). Disponível em: http://trb.org/publications/tcrp/tcrp_rrd_61.pdf.
- Souza, O. A. *Delineamento experimental em ensaios fatoriais utilizados em preferência declarada*. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.
- Train, K. *Discrete Choice Methods with Simulation*. University of California, Berkeley, 2003. Disponível em <http://elsa.berkeley.edu/~train/index.html>. Data de acesso: 20/09/2006.
- Williams, H. C. W. L. e Abdulaal, J. (1993) *Public Transport Services Under Market Arrangements*, Part I: A Model of Competition between Independent Operators. *Transportation Research B*, v. 27, n. 5, p. 369-387.

Helena Carolina Medeiros (helenalabtrans.ufsc.br)

Mirian Buss Gonçalves (mirianbuss@deps.ufsc.br)

Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Florianópolis, SC, Brasil

Edson Tadeu Bez (edsonbez@univali.br)

Campus de São José, Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI

Rod SC 407, Km 04, São José, SC, Brasil