

APLICAÇÃO DE UM MODELO DE DIVISÃO SUB-MODAL DO TIPO COMPORTAMENTAL EM UMA LINHA DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO INTERESTADUAL DE PASSAGEIROS.

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

Este artigo descreve a aplicação de um modelo de divisão sub-modal do tipo comportamental (*logit* multinomial), baseado nas preferências dos usuários. A preferência foi levantada utilizando técnicas de Preferência Declarada. Foi realizada uma pesquisa com usuários do transporte rodoviário interestadual por ônibus da linha Florianópolis (SC) – Porto Alegre (RS). Os resultados obtidos com a calibração do modelo demonstram que a função utilidade utilizada representa satisfatoriamente a situação observada na prática, podendo, assim, serem utilizados como subsídio para o planejamento e regulação do transporte rodoviário de passageiros.

ABSTRACT

This article aims to describe a sub-modal division model, logit multinomial, based on users preferences. The preferences was reached through techniques of stated preference. It was applied a research based on interviews among users of the Bus Interstate Transportation of passengers from Florianópolis (SC) to Porto Alegre (RS). The final results was reached after the model was calibrated and it showed that the function utility represents as good conditions as the one shown in the practice experience. Thus, it can be used as tools for the planning and regulation of the Interstate transport of passengers.

1. INTRODUÇÃO

O Transporte Rodoviário Interestadual de Passageiros no Brasil opera com cerca de 14 mil veículos e gera cerca de 80 mil empregos diretos. Esses veículos percorrem aproximadamente 1,5 bilhões de quilômetros por ano, compõem a frota mais moderna do continente americano, com idade média em torno de 5 anos (Abrati, 2005).

No momento, o setor de transporte interestadual de passageiros, como um todo, sofre forte concorrência do transporte informal em grande parte do país. O quadro atual é resultado de um sistema que apresenta algumas carências em sua fiscalização, refletindo em sua qualidade, produtividade e eficiência.

Para o planejamento dos serviços a serem oferecidos à população por parte das empresas, é relevante o desenvolvimento de estudos que busquem identificar as preferências dos usuários em relação ao serviço a ser oferecido.

Os fatores que influenciam a escolha do modo, segundo Ortúzar e Willumsem, (1994), estão divididos em três grupos: características sócio-econômicas do usuário (renda, estrutura domiciliar, posse de veículos, entre outras), características da viagem (motivo da viagem, hora do

dia em que ela é realizada, etc.) e características do sistema de transporte (tempo de viagem, custo, conforto, etc.).

Os modelos de escolha modal são usados em análises para prever a opção dos indivíduos por um modo de transporte. Em geral, é comum nestes estudos o uso de um modelo de escolha discreta, pelo fato do mesmo prever a opção modal com base na agregação de diversas variáveis explicativas (Caliper, 1996 apud Lopes Filho, 2003).

O conjunto de dados para alimentar os modelos de escolha discreta, em geral, é obtido através de técnicas de Preferência Declarada, 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, 1999; 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, 2001; Lima e Gonçalves, 2000).

No presente trabalho utiliza-se um modelo *logit* de divisão modal. Para a aplicação da pesquisa de Preferência Declarada, foi escolhida a ligação Florianópolis (SC) – Porto Alegre (RS) no segmento rodoviário por ônibus. Com os resultados dessa pesquisa de campo pretende-se melhorar o processo de conhecimento da demanda obtendo resultados que podem ser usados como subsídio para o planejamento do transporte rodoviário de passageiros.

O artigo é estruturado como segue. Na seção 2 são apresentados o Modelo *Logit* Multinomial e o modelo de divisão modal utilizado. Na seção 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

Os modelos de escolha discreta têm como hipótese básica que a probabilidade de um indivíduo escolher uma determinada alternativa é função da atratividade da alternativa escolhida em relação a 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. Matematicamente a função utilidade pode ser expressa por uma única função objetivo que expressa a atração em termos de seus atributos, função essa que o indivíduo busca maximizar em seu processo decisório (Ben-Akiva e Lerman, 1985). 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.

Segundo Train (2003) a hipótese iid quer dizer que o “erro de uma alternativa i não provém nenhuma informação ao analista sobre os erros de uma alternativa j ”.

Este modelo assume que fatores negativos de padrão 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 (ou um sub-modo), 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:

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

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.

Louviere *et al.* (1999) apontam para as seguintes limitações do modelo MNL:

- Não há separação entre a forma dos componentes de ponderação que definem o papel dos atributos em cada expressão de utilidade (devido a problemas com escala);
- Parâmetros escalares são constantes entre as alternativas;
- As componentes aleatórias não são correlacionadas.

Segundo Train (2003) a forma como o tomador de decisão reage perante os valores de cada atributo depende de suas características sócio-econômicas. Além disso, indivíduos com mesmo perfil ainda podem refletir diferentes preferências, o que se 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.

O método de calibração dos parâmetros do modelo *logit* multinomial mais freqüentemente utilizado é baseado no princípio estatístico da máxima verossimilhança. O ajuste por máxima verossimilhança tem por objetivo, a partir de uma amostra, estimar os parâmetros do modelo de forma a maximizar a probabilidade de se obter o evento particular analisado.

Se forem feitas N observações de dados ordenados, a função verossimilhança para o modelo *logit* dado pela equação (2), é dada por:

$$L^*(\beta) = \prod_{n=1}^N \prod_{i \in C_n} \frac{\exp(U_{in})}{\sum_{j \in C_n} \exp(U_{jn})}. \quad (3)$$

Nos procedimentos numéricos para a determinação da máxima verossimilhança, usa-se a função log-verossimilhança, que é mais tratável computacionalmente.

Feita a calibração pelo método de ajuste por máxima verossimilhança, é possível estimar alguns parâmetros estatísticos essenciais à análise da performance do modelo estimado. Geralmente, a avaliação de um modelo MNL é baseada em dois desses parâmetros: o teste-t e o índice ρ^2 . O teste-t avalia se a variável em questão contribui de forma significativa para o poder de explicação do modelo. Valores do teste-t maiores que 1,96 (em módulo) significam que a variável tem um efeito significativo e deve ser incluída no modelo. O índice ρ^2 avalia o ajuste geral do modelo e varia entre 0(nenhum ajuste) e 1 (ajuste perfeito). Valores de ρ^2 na ordem de 0,4 representam um bom ajuste (Ortúzar e Willumsem, 1994).

Em geral, também são analisados os sinais dos coeficientes das variáveis para verificar se estão de acordo com a teoria e o esperado. Por exemplo, uma variável que se espera que contribua positivamente para sua utilidade deve ter um coeficiente com sinal positivo.

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 adequado experimento de PD, 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 identificam 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. Embora o

conjunto de atributos deva ser suficientemente rico no contexto de escolhas, a especificação do número e magnitude dos níveis não costuma ser tão óbvia.

As dificuldades encontradas pelos entrevistados para avaliar ou expressar valores costumam ser diretamente proporcional 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. Ortúzar e Román (2003) lembram que a determinação incorreta do conjunto de escolha pode acarretar problemas sérios na estimação do modelo comportamental.

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. Segundo Cochran e Cox (1980) *apud* Schmitz (2001), para experimentos com grande número de combinações se tem feito numerosas tentativas para evitar perda de precisão, por meio da formação de grupos de unidades experimentais que não contenham todos os tratamentos (fatoriais fracionados). Nestes novos blocos, denominados incompletos, o número de alternativas no conjunto de escolha passa a ser menor que o número total de alternativas no projeto e, podem ser do tipo balanceado ou não.

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 as 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.

Para definir a função utilidade foram considerados três atributos, já evidenciados como relevantes em trabalhos anteriores (Carvalho, 1993; Novaes e Carvalho, 1996; Gonçalves *et al.*, 2006), quais sejam: tarifa, conforto e tempo. Cada atributo foi representado por três níveis, conforme Tabela 1. A variável conforto foi caracterizada pelos sub-modos convencional, executivo e leito. A variável tempo foi caracterizada pelos tipos de modalidade: direta, semi-direta e paradora (“pinga-pinga”). Por fim, a tarifa foi decomposta em três níveis para cada um dos sub-modos, sendo que o nível intermediário corresponde à tarifa normal praticada pela empresa, estabelecendo-se variações para mais e para menos da ordem de 10 a 15%.

Tabela 1: Configuração do delineamento experimental.

ATRIBUTOS	LEITO (Conforto A)	EXECUTIVO (Conforto B)	CONVENCIONAL (Conforto C)
TARIFA	Alta Média Baixa	Alta Média Baixa	Alta Média Baixa
TIPO DE VIAGEM	Direta Semi-direta Paradora	Direta Semi-direta Paradora	Direta Semi-direta Paradora

Uma forma geral de desenhar o experimento para situações como a apresentada na Tabela 1, 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). Nesse estudo, considera-se M como as escolhas genéricas (leito, executivo e convencional), A o número total de atributos para cada sub-modo (tarifa e tempo), cada qual com um número L de níveis (alto, intermediário e baixo). A fórmula geral para se chegar na quantidade total de escolhas é dada por $L^{M \times A}$.

No presente estudo o delineamento idealizado é do tipo fatorial coletivo, que considera um total de 6 atributos, sendo 2 para cada um dos três sub-modos. O número total de alternativas é dado por $L^{M \times A} = 3^{3 \times 2} = 729$ alternativas. Em razão do elevado número de possibilidades optou-se por trabalhar com um arranjo aplicado em Gonçalves *et al.* (2006) que é do tipo fatorial fracionado extraído de Kocur *et al.* (1982). O arranjo definido é o projeto experimental *Master Plan n. 19* (página 199), utilizando as colunas 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Ele é composto por 18 linhas de combinações, aqui denominadas de *choice-sets*, a serem apresentados aos entrevistados, para que os mesmos façam *trade-offs* (compensações entre os 2 atributos, nos diferentes níveis e em relação aos 3 sub-modos).

4. DESCRIÇÃO DA PESQUISA DE CAMPO

A pesquisa foi aplicada em passageiros de ônibus da linha Florianópolis (SC) – Porto Alegre (RS). As entrevistas foram realizadas no terminal rodoviário Rita Maria, localizado na cidade de Florianópolis. Foram entrevistados 80 usuários (480 observações) entre os dias 25/10 e 11/12 de 2006.

Nessa linha foram aplicadas pesquisas sócio-econômicas no intuito de traçar um perfil dos usuários do sistema analisado e coletar dados resultantes da escolha de alternativas que tratam de aspectos relacionados ao sub-modal ofertado, que, conjuntamente com dados reais fornecidos pela empresa detentora da concessão da linha escolhida, subsidiaram a calibração do modelo.

4.1 Aplicação da Pesquisa de Preferência Declarada

Após o desenho final do delineamento experimental, conforme apresentado na seção 3, foram confeccionados blocos de cartões de pesquisa, cada um apresentando três alternativas de escolha (*choice-set*), perfazendo um total de 18 blocos, que foram divididos em 3 conjuntos. A cada entrevistado foi apresentado um dos conjuntos, resultando em 06 (seis) escolhas, uma por bloco. O experimento previu a distribuição dos conjuntos completos, ou seja, devia-se completar um ciclo a cada aplicação de três conjuntos.

Apresenta-se na Figura 1 a seguir, a título de exemplo, o bloco denominado Set 04 para uma das viagens de uma das seções selecionadas para a pesquisa.

SET 04

ATRIBUTOS	LEITO	EXECUTIVO	CONVENCIONAL
			
TARIFA	 R\$ 107,00	 R\$ 75,00	 R\$ 52,00
TIPO DE SERVIÇO	 DIRETA	 SEMI-DIRETA	 PINGA-PINGA

Figura 1: Bloco 04 do delineamento experimental

5. CALIBRAÇÃO DO MODELO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Tendo em vista a configuração do delineamento experimental apresentado na Tabela 1, adotou-se a seguinte função utilidade:

$$U = \beta_1 \cdot Conf1 + \beta_2 \cdot Conf2 + \beta_3 \cdot Tarifa + \beta_4 \cdot Temp1 + \beta_5 \cdot Temp2, \quad (4)$$

onde o Tempo e o Conforto receberam os valores descritos nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3: Valores adotados na representação do Conforto

	Conforto	
	Conf1	Conf2
Leito	2	2
Executivo	2	1
Convencional	1	1

Tabela 4: Valores adotados na representação do Tempo

	Tempo	
	Temp1	Temp2
Direto	1	1
Semi-direto	2	1
Pinga-pinga	2	2

A introdução das variáveis binárias *Conf1*, *Conf2*, *Temp1* e *Temp2* deve-se a não linearidade que pode ser observada em relação aos atributos conforto e tempo (Gonçalves *et al.*, 2006).

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. Utilizando o modelo (2) maximizou-

se a função de verossimilhança, determinando os valores dos coeficientes da função utilidade (Equação 1) e a significância estatística de cada um deles.

Durante a aplicação da pesquisa o entrevistador observou o comportamento dos usuários ao responder os questionários e, dessa forma, algumas respostas (8 usuários - 48 observações) foram consideradas discrepantes, sendo retiradas do processo de calibração. Com essa retirada de entrevistas o modelo foi calibrado com 432 observações.

Os resultados obtidos calibrando o modelo podem ser vistos na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados da calibração.

	<i>Confl</i>	<i>Conf2</i>	<i>Tarifa</i>	<i>Temp1</i>	<i>Temp2</i>
Coefficientes	0,6718	-0,3633	-0,03004	-0,6403	-1,366
t-student	3,3	-1,3	-4,2	- 4,2	-7,4

Os resultados obtidos na Tabela 2, apresentam coeficientes coerentes. No entanto, a variável *Conf2* apresenta sinal negativo o que demonstra que as trocas entre os sub-modos Leito e Executivo não são consideradas significativas pelos passageiros entrevistados. Esta troca é forte para o caso em que se considera os sub-modos Convencional e Executivo como pode ser visto pelo valor obtido para o coeficiente *Confl* e sua significância estatística como demonstra seu valor de t-student.

5.1 Especificação do Modelo de Divisão Sub-Modal, usando os Dados da Pesquisa de Preferência Declarada

De posse dos resultados da pesquisa de preferência declarada (Tabela 2), buscou-se verificar a adequação da função utilidade obtida para determinar a divisão sub-modal.

Tendo em vista o delineamento desenvolvido, conforme relatado na seção 3, houve a necessidade de adaptar o modelo de divisão sub-modal dado pela equação (5).

Considerando a função utilidade calibrada (Equação 5), o modelo de divisão sub-modal adaptado é dado por:

$$p_{ij}^t = \frac{e^{(\beta_1 Conf \ 1_{ij}^t + \beta_2 Conf \ 2_{ij}^t + \beta_3 tarifa_{ij}^t + \beta_4 Temp \ 1_{ij}^t + \beta_5 Temp \ 2_{ij}^t)}}{\sum_t e^{(\beta_1 Conf \ 1_{ij}^t + \beta_2 Conf \ 2_{ij}^t + \beta_3 tarifa_{ij}^t + \beta_4 Temp \ 1_{ij}^t + \beta_5 Temp \ 2_{ij}^t)}} \quad (5)$$

onde, p_{ij}^t = probabilidade do usuário escolher o tipo de ônibus t , na ligação i,j ;

t = tipo de ônibus (convencional, executivo e leito);

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ e β_5 = coeficientes ajustados através do experimento de preferência declarada.

Para efeitos de comparação, também foram feitos testes com o modelo já utilizado em outro trabalho (ANTT, 2005) que é uma variação do modelo desenvolvido por Williams e Abdulaal

(1993), combinado com o desenvolvido por Novaes e Carvalho (1996). Este modelo considera as frequências e é dado por:

$$p_{ij}^t = \frac{w_{ij}^t \cdot e^{(\beta_1 \text{Conf } 1_{ij}^t + \beta_2 \text{Conf } 2_{ij}^t + \beta_3 \text{tarifa } 1_{ij}^t + \beta_4 \text{Temp } 1_{ij}^t + \beta_5 \text{Temp } 2_{ij}^t)}}{\sum_t w_{ij}^t \cdot e^{(\beta_1 \text{Conf } 1_{ij}^t + \beta_2 \text{Conf } 2_{ij}^t + \beta_3 \text{tarifa } 1_{ij}^t + \beta_4 \text{Temp } 1_{ij}^t + \beta_5 \text{Temp } 2_{ij}^t)}} \quad (6)$$

onde, p_{ij}^t = probabilidade do usuário escolher o tipo de ônibus t , na ligação i,j ;

t = tipo de ônibus (convencional, executivo e leito);

w_{ij}^t = frequência do ônibus da categoria t , na ligação i,j ;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ e β_5 = coeficientes ajustados através do experimento de preferência declarada.

Foram solicitados à empresa que opera a linha Florianópolis – Porto Alegre, os dados reais de demanda, frequência e tarifa desagregados por tipo de serviço e conforto, relativos ao mês de novembro de 2006.

O mês de novembro foi escolhido porque a maioria das entrevistas foi realizada neste mês.

Tabela 3: Dados utilizados para a calibração do modelo.

Tipo de Ônibus	Tipo de serviço	Demanda (novembro/2006)	Frequência Mensal	Tarifa
Convencional	pinga-pinga	4498	172	52,73
Convencional	semi-direto	1762	44	52,73
Convencional	direto	944	26	52,73
Executivo	direto	4060	120	75,01
Leito	semi-direto	1869	63	106,98

Na especificação do modelo de divisão sub-modal (Equação 5), os coeficientes foram substituídos pelos valores obtidos no experimento de preferência declarada (Tabela 2).

Fez-se uso do software Matlab para realização dos cálculos. Nas tabelas 4 e 5, apresentam-se os resultados obtidos com o modelo *logit* e com o modelo de divisão sub-modal que utiliza frequência, respectivamente.

Tabela 4: Resultados obtidos com o modelo dado pela equação (5)

	PROBABILIDADE	
	Demanda novembro/2006	Demanda Estimada
Convencional pinga-pinga	0,3424	0.0336
Convencional direto	0,1341	0.2497
Convencional semi-direto	0,0718	0.1316
Executivo	0,3091	0.4881
Leito	0,1423	0.0970

Tabela 5: Resultados obtidos com o modelo dado pela equação (6)

	Probabilidades considerando a frequência	
	Demanda novembro/2006	Demanda Estimada
Convencional pinga-pinga	0,3424	0.0681
Convencional direto	0,1341	0.1294
Convencional semi-direto	0,0718	0.0403
Executivo	0,3091	0.6902
Leito	0,1423	0.0720

Para comparar os resultados obtidos nas tabelas 4 e 5, foi utilizada a estatística desvio médio absoluto (DM), dada por:

$$DM = \frac{1}{n_{t,k}} \sum |p_{obs}^{t,k} - p_{est}^{t,k}| \quad (7)$$

onde, t = tipo de ônibus (convencional, executivo e leito);

k = tipo de serviço (pinga-pinga, semi-direto, direto);

$p_{obs}^{t,k}$ = probabilidade observada (revelada) do usuário escolher o tipo de ônibus e tipo de serviço k , na ligação i,j ;

$p_{est}^{t,k}$ = probabilidade estimada do usuário escolher o tipo de ônibus e tipo de serviço k , na ligação i,j ;

n = é o número de combinações (tipo de ônibus e tipo de serviço) oferecidos na seção objeto de análise.

Na tabela 6 são apresentados os resultados obtidos para as duas situações testadas.

Tabela 6: Desvio médio absoluto (Equação 7)

	Demanda Estimada sem freq. (equação 5)	Demanda Estimada com freq. (equação 6)
Florianópolis – Porto Alegre	0,1417	0,1523

Observando a tabela 6, pode-se concluir que a introdução da ponderação pela frequência não melhorou os resultados obtidos com o modelo de divisão sub-modal. O que se observa é que a função de utilidade obtida retrata satisfatoriamente a situação observada na prática.

Outra forma de comparar os resultados obtidos é agregar a demanda por tipos de ônibus. Para o ônibus convencional a demanda observada de 54,73 % obteve-se, com o modelo *logit*, uma demanda equivalente a 41,49 %, ao passo que o modelo que utiliza as frequências reproduz uma demanda equivalente a 23,78 %. No caso do ônibus executivo a estimativa obtida pelo modelo *logit* também apresenta melhores resultados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho a divisão da demanda por sub-modo (leito, executivo e convencional) 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.

A pesquisa foi aplicada em usuários do transporte rodoviário interestadual por ônibus da linha Florianópolis (SC) – Porto Alegre (RS). Os resultados obtidos com a calibração do modelo demonstram que a função utilidade utilizada representa satisfatoriamente a situação observada na prática, podendo, assim, serem utilizados como subsídio para o planejamento e regulação do transporte rodoviário de passageiros.

Os resultados obtidos através do experimento de Preferência Declarada mostraram que, em suas decisões de viagem, os usuários da linha Florianópolis (SC) – Porto Alegre (RS) atribuem um peso forte ao conforto (caracterizado pelo ônibus executivo) e ao tempo (caracterizado pelas linhas semi-diretas).

A calibração do modelo de divisão sub-modal demonstrou que a aplicação do modelo *logit* clássico resultou melhores valores que o adaptado que considera a frequência. Os resultados dessa calibração comprovam que a função utilidade utilizada representa satisfatoriamente a situação observada na prática, podendo, assim, serem utilizados como subsídio para o planejamento e regulação do transporte rodoviário de passageiros.

Para uma possível continuidade do trabalho seria interessante incluir na pesquisa de Preferência Declarada os usuários do modal aéreo de linhas operadas a preços competitivos com os do ônibus leito e/ou executivo, para verificar a influência desse modal sobre a demanda de transporte por ônibus.

Agradecimento

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa fornecida como auxílio a essa pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) (2005). *Relatório do Estudo Piloto*. Convênio 020/2004 UFSC. Florianópolis.
- Almeida, L. M. W. (1999) *Desenvolvimento de uma metodologia para análise locacional de sistemas educacionais usando modelos de interação espacial e indicadores de acessibilidade*. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- 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.
- Associação Brasileira das Empresas de Transporte Terrestre de Passageiros (ABRATI). *Revista ABRATI. Democrático e desconcentrado*, nº 41, jun/2005.
- Ben-Akiva, M; Lerman, S. (1985). *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. Cambridge, Cambridge University Press.

- 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.
- Carvalho, M. C. M. (1993) *Transporte rodoviário de passageiros. Um modelo de divisão de mercado*. Dissertação (Mestrado). 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. (2001) *Uma contribuição metodológica à modelagem da demanda de carga em corredores agrícolas de exportação*. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- 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) de O. *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.
- 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.
- Novaes, A. G. e Carvalho, M. C. M. (1996). *Market Share Analysis of Transport Services with Stated Preference Data*. *Coletânea Politécnica*, Escola Politécnica da USP, v. 1, n. 1, p. 78-91.
- Ortúzar, J. D. (2000) *Modelos Econométricos de Elección Discreta*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- 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.
- Schmitz, R. (2001) *Uma contribuição metodológica para avaliação da tarifa de pedágio em rodovias*. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Souza, O. A. (1999) *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.
- 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 (helena@labtrans.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