

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

João Paulo Cardoso Joaquim

**COMPORTAMENTO DOS USUÁRIOS DE AUTOMÓVEIS
DIANTE DA TARIFICAÇÃO DE CONGESTIONAMENTOS NA
RODOVIA FEDERAL BR-116**

Porto Alegre

2011

João Paulo Cardoso Joaquim

**Comportamento dos Usuários de Automóveis Diante da Tarifação de
Congestionamentos na Rodovia Federal BR-116**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Acadêmica, na área de concentração em Sistemas de Transportes.

Orientador: Professor João Fortini Albano, Dr.

Porto Alegre

2011

João Paulo Cardoso Joaquim

**Comportamento dos Usuários de Automóveis Diante da Tarifação de
Congestionamentos na Rodovia Federal BR-116**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Acadêmica e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Orientador João Fortini Albano, Dr.

Orientador PPGEP/UFRGS

Prof^ª. Carla Schwengber ten Caten, Dra.

Coordenadora PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professor Daniel Sérgio Presta Garcia, Dr. (DEG/UFRGS)

Professora Helena Beatriz Bettela Cybis, *Ph.D* (PPGEP/UFRGS)

Professor Luiz Afonso dos Santos Senna, *Ph.D.* (PPGEP/UFRGS)

A mente que se abre a uma nova idéia
jamais voltará ao seu tamanho original.

Albert Einstein

Dedico este trabalho a minha família, meus pais Vanderly e Maria da Graça, e meu irmão Pedro Henrique que sempre me apoiaram e foram os meus maiores incentivadores ao longo de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Vanderly e Maria da Graça, que sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos. Agradeço pela educação a mim transmitida, a amizade e preocupação demonstrada e, principalmente, pelo apoio e incentivo que me deram para eu chegar até aqui.

Ao meu irmão, Pedro Henrique, pelo companheirismo, admiração e amizade que me dedicou em toda sua vida. Todos esses sentimentos são recíprocos.

À minha namorada Fernanda, pelo amor, apoio e companheirismo demonstrado.

Ao Professor João Fortini Albano pela orientação que me prestou neste trabalho, dedicação, e colaboração. Agradeço também por ter se tornado, antes de tudo, meu amigo e ter se demonstrado sempre disposto a ajudar e compartilhar todo seu conhecimento comigo para que este trabalho fosse concluído com qualidade.

Ao Professor Luiz Afonso dos Santos Senna pelas orientações e recomendações que foram muito importantes para a montagem e finalização deste trabalho.

Aos meus grandes amigos Eduardo de Lima e Silva e Matheus Braga que são mais do que amigos, são companheiros que estiveram ao meu lado em momentos bons e ruins, e sempre se demonstraram dispostos a ajudar ou prestar algumas palavras de apoio. Muito obrigado.

A todos colegas, ex-colegas, demais professores e funcionários do Laboratório de Transportes da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: André Jacobsen, Ana Larrañaga, Carlos Cardoso, Euclides Reis, Felipe Ferreira, Ingrid Rosa, Letícia Dexheimer, Marta Obelheiro e Raquel Holz. Peço desculpas caso tenha esquecido alguém. Agradeço a cada um que, de alguma forma, contribuiu para que esse trabalho fosse realizado e o período do Mestrado fosse inesquecível.

Agradeço à UFRGS e ao CNPq, por terem subsidiado a infraestrutura científica, tecnológica e os recursos financeiros necessários para a realização deste trabalho.

A Deus, por me dar força para seguir sempre em frente e colocar em minha vida pessoas como as que citei acima.

RESUMO

Este trabalho traz uma revisão sobre a evolução da utilização de uma importante ferramenta na gestão da demanda em infraestruturas de transportes: o *Congestion Pricing* (Tarifação de Congestionamentos). Inicialmente são apresentadas definições de alguns conceitos econômicos básicos que estão relacionados ao sistema estudado, como o custo de oportunidade, demanda, oferta e equilíbrio de mercado. Além desta primeira etapa de revisão, com o objetivo de avaliar como usuários se comportariam diante da implantação de um sistema de cobrança baseado nos níveis de congestionamentos, foram elaborados dois estudos distintos: uma pesquisa exploratória e outra utilizando a técnica da preferência declarada. A pesquisa de caráter exploratório buscou a obtenção de um panorama da atual situação do tráfego na rodovia federal BR-116 (trecho Porto Alegre - Novo Hamburgo) a partir da perspectiva dos usuários de automóveis. Sabe-se que, atualmente, mais de 130.000 veículos passam diariamente pela seção mais carregada desta rodovia, gerando altos níveis de congestionamentos. Neste estudo foram analisados dados como a frequência com que os usuários trafegam pela rodovia e características das viagens como distâncias, tempos, motivos e horários de saída e retorno. Considerando uma jornada de trabalho de 8 horas por dia, se concluiu que, em média, 25 dias de trabalho são perdidos anualmente com congestionamentos no trecho pesquisado. Sobre valores de tempo, de acordo com a amostra pesquisada, há uma disposição entre os usuários em pagar um valor médio de R\$ 0,12 por minuto economizado nos seus deslocamentos. Através da técnica da Preferência Declarada, o segundo estudo aplicado avaliou a probabilidade de usuários alterarem seu comportamento caso fosse adotado um sistema de cobrança variada em função dos níveis de congestionamentos. Utilizando outra amostra da população do mesmo cenário do estudo anterior, foram apresentadas aos usuários situações hipotéticas em que deveriam fazer a opção avaliando, simultaneamente, três variáveis: horário de saída, tempo de deslocamento e descontos na tarifa. Os resultados foram utilizados na calibração de um modelo *Logit Binomial* e na obtenção de uma função de utilidade linear através do *software Stastistical Package for Social Sciences* (SPSS). Após a validação do modelo obtido chegou-se à conclusão de que descontos na tarifa e economia de tempo aumentam a probabilidade dos usuários mudarem seus hábitos. Por outro lado, quanto maior a defasagem entre o horário oferecido e o de sua preferência menor a probabilidade desse usuário optar pela troca. Comparados ao primeiro estudo, os valores de tempo encontrados foram mais baixos: R\$ 0,09 por minuto economizado (horário de saída) e R\$ 0,02 por minuto no tráfego. Os resultados encontrados evidenciam que os usuários têm comportamentos diferentes quando questionados diretamente sobre quanto estariam dispostos a pagar para reduzir seus tempos de deslocamentos ou quando colocada a mesma situação de economia, porém baseada nos descontos na tarifa de congestionamentos.

Palavras-chave: Congestionamentos, Tarifa de Congestionamentos, Rodovia Federal BR-116.

ABSTRACT

This work presents a review of developments in the use of an important tool in demand management in transport infrastructure: the Congestion Pricing. Initially are presented some definitions of basic economic concepts that are related to the system studied, such as opportunity cost, supply, demand and market equilibrium. After this first stage of review, in order to assess how users behave facing the adoption of a charging system based on levels of congestion, were drawn up two separate studies: an exploratory study and the other using the stated preference technique. The exploratory research sought to obtain an overview of the current traffic situation in the federal highway BR-116 (between Porto Alegre - Novo Hamburgo) from the perspective of car users. It is known that currently more than 130,000 vehicles pass daily in the heavier section of highway, causing high levels of congestion. This study analyzed data as the frequency with which users travel over the highway and travel characteristics as the distances, times, reasons and times of departure and return. On a workday of eight hours per day, it was concluded that, on average, 25 working days are lost annually to congestion on this stretch. About time values, according to the sample surveyed, there is a willingness among users to pay an average of R\$ 0.12 per minute saved in travel. Through Stated Preference technique, the second study applied assessed the likelihood of users to change their behavior if adopted a varied charging system depending on the levels of congestion. Using another sample from the same scenario of the previous study were presented to users hypothetical situations that should make the choice evaluating, simultaneously, three variables: departure time, travel time and fare discounts. The results were used to calibrate a Logit Binomial model and obtaining a linear utility function via software Statistical Package for Social Sciences (SPSS). After validation of the model obtained, concluded that the discount rate and time savings increase the likelihood that users change their habits. On the other hand, the greater the lag between the offered time and the preferred time the less likely the user choose the time change. Compared to the first study, the time values found were lower: R\$ 0,09 per minute saved (departure time) and R\$ 0.02 per minute in traffic. The results show that users behave differently when asked directly about how much they are willing to pay to reduce their times of shifts or when placed the same save situation, but based on discounts on congestion pricing.

Key words: Congestion, Congestion Pricing, Federal Highway BR-116.

LISTA DE FIGURAS

Artigo I: Uma Revisão Sobre a Utilização da Tarifação de Congestionamentos na Gestão de Demandas em Infraestruturas de Transportes

Figura 1:	Curvas de Demanda, Oferta e Equilíbrio de Mercado	22
Figura 2:	Curvas de Custo Marginal e de Custo Social	23

Artigo II: Tarifação dos Congestionamentos na BR-116: Caracterização da Demanda na Rodovia e a Disponibilidade dos Usuários em Pagar para Reduzir seus Tempos de Viagem

Figura 1:	Exemplo de uma <i>High Occupancy Vehicles Lane</i> americana	36
Figura 2:	Exemplo de Horários Diferenciados de Cobrança na <i>Costanera Norte</i>	37
Figura 3:	Localização e Configuração do Trecho Pesquisado	41
Figura 4:	Distribuição Horária do Tráfego na Rodovia	42
Figura 5:	Frequência Semanal de Uso da Rodovia pelos Entrevistados	44
Figura 6:	Motivo dos Deslocamentos	45
Figura 7:	Distâncias Percorridas em Cada Viagem	45
Figura 8:	Pico no Período da Manhã e Pico no Período da Tarde/Noite	46

Artigo III: Utilização da Técnica da Preferência Declarada para Avaliação do Comportamento dos Usuários da Rodovia BR-116 Considerando a Existência de Tarifas Diferenciadas de acordo com o Nível de Congestionamentos

Figura 1:	Localização e Configuração do Trecho Pesquisado	56
Figura 2:	Distribuição Horária do Tráfego na Rodovia	58
Figura 3:	Exemplo de Cartão da Pesquisa de Preferência Declarada	59
Figura 4:	Distribuição de Probabilidades da Opção de Troca de Horário	64

LISTA DE TABELAS

Artigo II: Tarifação dos Congestionamentos na BR-116: Caracterização da Demanda na Rodovia e a Disponibilidade dos Usuários em Pagar para Reduzir seus Tempos de Viagem

Tabela 1:	Distribuição do Tráfego na BR-116	42
Tabela 2:	Questionário Aplicado	43
Tabela 3:	Mudança de Horário de Saída	46

Artigo III: Utilização da Técnica da Preferência Declarada para Avaliação do Comportamento dos Usuários da Rodovia BR-116 Considerando a Existência de Tarifas Diferenciadas de Acordo com o Nível de Congestionamentos

Tabela 1:	Distribuição do Tráfego na BR-116	57
Tabela 2:	Variáveis e Níveis	58
Tabela 3:	Resultados SPSS	60
Tabela 4:	Resultados Motivo Trabalho e Não-Trabalho	60
Tabela 5:	Elasticidades	62
Tabela 6:	Validação do Modelo Geral	63

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 ASPECTOS GERAIS DO TRABALHO	14
2.1 OBJETIVOS	14
2.2.1 Objetivo Principal	14
2.2.2 Objetivos Específicos	14
2.2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA	15
2.3. DELIMITAÇÕES E LIMITAÇÕES	16
2.4 ESTRUTURA	16
3 ARTIGOS PROPOSTOS	17
3.1 ARTIGO I: UMA REVISÃO SOBRE A UTILIZAÇÃO DA TARIFAÇÃO DE CONGESTIONAMENTOS NA GESTÃO DE DEMANDAS EM INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTES	18
1. INTRODUÇÃO	19
2. REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 Medidas de Gerenciamento de Demanda	21
2.2 Conceitos Econômicos Básicos	21
2.2.1 Custo de Oportunidade	21
2.2.2 Demanda e Elasticidade	21
2.2.3 Oferta	22
2.2.4 Equilíbrio de Mercado	23
2.3 O Que é Congestion Pricing	23
2.3.1 Formas de Cobrança	24
2.3.2 Uso das Receitas da Tarificação de Congestionamentos	25
2.4 Congestion Pricing pelo Mundo	25
2.4.1 Estados Unidos	25
2.4.2 Europa	26
2.4.3 Ásia	27
2.4.4 Outros Exemplos	28
3. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES	28
REFERÊNCIAS	29
3.2 ARTIGO II: TARIFAÇÃO DOS CONGESTIONAMENTOS NA BR-116: CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA NA RODOVIA E A DISPONIBILIDADE DOS USUÁRIOS EM PAGAR PARA REDUZIR SEUS TEMPOS DE VIAGEM	32
1. INTRODUÇÃO	33

2. REFERENCIAL TEÓRICO	34
2.1 Formas de Cobrança da Tarifa de Congestionamentos	35
2.1.1 Faixas com Valores Diferenciados de Tarifa	35
2.1.2 Valores Variados de Tarifa em Toda a Via	36
2.1.3 Cordão de Preços e Cobrança por Área	37
2.2 Disposição em Pagar pela Redução dos Tempos de Viagem e o Valor do Tempo	39
3. MÉTODO DE PESQUISA	40
3.1. Cenário	41
3.2. Coleta de Dados	42
3.3. Registro e Tratamento dos Dados	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS	48
3.3 ARTIGO III: UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DA PREFERÊNCIA DECLARADA PARA AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DOS USUÁRIOS DA RODOVIA BR-116 CONSIDERANDO A EXISTÊNCIA DE TARIFAS DIFERENCIADAS DE ACORDO COM O NÍVEL DE CONGESTIONAMENTOS	51
1. INTRODUÇÃO	52
2. TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS E MODELOS COMPORTAMENTAIS	53
2.1 Preferência Declarada e Revelada	54
2.2 Modelos Comportamentais de Escolha	55
3. MÉTODO DE PESQUISA	56
3.1 Cenário do Estudo	56
3.2 Definição das Variáveis Analisadas e Seus Níveis	57
3.3 Coleta, Registro e Tratamento dos Dados	58
4. RESULTADOS E ANÁLISES	59
4.1 Função Utilidade e Modelos Estimados	59
4.2 Elasticidades	61
4.3 Valores de Tempo	62
4.4 Validação dos Modelos	62
4.5 Distribuição de Probabilidades	63
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS	65
4 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O ESTUDO	66
REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

Durante os últimos anos os investimentos feitos em infraestruturas de transportes não foram suficientes para atender a demanda resultante do rápido crescimento populacional e do espalhamento urbano. Em diversos países, a falta de melhorias no transporte público, a necessidade por deslocamentos cada vez maiores e facilidades/incentivos para aquisição de veículos provocaram um grande aumento na sua posse individual. Essas situações, aliadas à falta de ampliação da capacidade viária, fizeram com que surgissem os congestionamentos.

Os congestionamentos são conseqüências naturais da relação entre oferta e demanda: as vias têm sua capacidade e, como não há a ampliação desta e o número de veículos aumenta cada vez mais, essa capacidade é atingida provocando o acúmulo nas vias. O excesso de viagens, que causa os congestionamentos, resulta também em outros custos externos para a sociedade como prejuízos ambientais e à saúde humana. Em um sentido mais amplo, o custo marginal social do uso da via inclui todos esses custos além dos custos privados de cada usuário.

De uma maneira geral, vários fatores determinam a ocorrência de congestionamentos. Além do desequilíbrio entre demanda e oferta viária e a falta de opções de transporte público, alterações repentinas no tráfego como a mudança de sentido de vias sem a devida sinalização e orientação, podem gerar lentidão no fluxo (AASHTO, 2010).

Esses motivos, isoladamente ou em conjunto, geram altos custos para a sociedade. Nos Estados Unidos, no ano de 1982, os congestionamentos custaram US\$ 16,7 bilhões aos americanos (Schrank & Lomax, 2009). Em 25 anos esse valor aumentou mais de 5 vezes: em 2007, US\$ 87,2 bilhões (correspondente a 10,6 trilhões de litros de combustível e 4,2 bilhões de horas a mais no tráfego) foram perdidos. Esse valor é ainda mais alto já que, nesses cálculos, não estão incluídos os efeitos da incerteza do tempo de viagem e negócios perdidos.

No Brasil, um estudo feito pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 1998) em dez capitais brasileiras concluiu que no ano de 1998, nessas cidades, perdeu-se R\$ 474,4 milhões com congestionamentos. De acordo com outro estudo, feito em 2002 pela Confederação Nacional do Transporte em parceria com a Universidade Federal do Rio de

Janeiro (CNT & COPPEAD/UFRJ, 2002), esse valor é consideravelmente mais alto: para cidades brasileiras com mais de 100.000 habitantes, custos de combustíveis, tempo de viagem e poluição ambiental, gerados pelos congestionamentos, representavam em 2002 valores equivalentes a 2,4% do PIB brasileiro. Caso essa proporção tenha se mantido, no ano de 2009 mais de R\$ 75 bilhões foram perdidos por conta dos congestionamentos (IBGE, 2010).

Além desses custos, os congestionamentos causam outras externalidades negativas como a alteração do horário de preferência de viagem ou até mesmo mudança de rotas com objetivo de evitar vias congestionadas. Os gestores possuem várias ferramentas para lidar com essas externalidades como impostos sobre combustíveis, permissão ou proibição de circulação de acordo com o nível de emissão veicular, sistemas de informação aos usuários e medidas administrativas. No entanto, na medida em que esses mecanismos não conseguem eliminar ou reduzir esses custos, surge como alternativa o *Congestion Pricing* (Tarifa de Congestionamentos), que é uma ferramenta de gestão de demandas que possibilita uma melhor distribuição do tráfego sem aumentar a capacidade do sistema viário. William Vickrey (1952) foi o primeiro a propor esse sistema afirmando que a idéia não é reduzir ou eliminar o número de veículos que trafegam em uma via e sim distribuir o fluxo ao longo do dia otimizando a utilização da infraestrutura existente.

Apesar de ser relativamente bem sucedida em alguns países, esse tipo de medida gera muita discussão quando sugerida como solução para os congestionamentos. A cobrança, normalmente denominada como Pedágio Urbano, enfrenta inúmeras barreiras na sua implantação, principalmente no que diz respeito a questões políticas. Algumas vezes por desinformação outras por ideais, as autoridades são pressionadas para que tal cobrança não seja implantada e isso motivou muitos insucessos na tentativa de adoção desse sistema.

Neste contexto, este estudo fez uma revisão sobre experiências com a Tarifa de Congestionamentos na gestão da demanda em infraestruturas viárias. Além disso, utilizando como cenário o trecho da rodovia federal BR-116 entre os municípios de Porto Alegre e Novo Hamburgo (onde passam aproximadamente 95.000 veículos diariamente pelas pistas centrais da rodovia), aplicou-se uma pesquisa com usuários para se estimar qual seria o grau de eficiência desta ferramenta em alterar o padrão de comportamento dos usuários no que diz respeito aos seus hábitos atuais de deslocamentos.

2 ASPECTOS GERAIS DO TRABALHO

Nesta Seção serão descritos os Aspectos Gerais do trabalho, tais como, seus objetivos, justificativa e importância do tema proposto, delimitações e limitações da pesquisa e a forma como foi estruturado esta Dissertação.

2.1 OBJETIVOS

Os objetivos deste estudo estão fundamentados na atual situação em que se encontram os grandes centros, do ponto de vista da mobilidade urbana. O sistema de cobrança baseado no nível de congestionamentos tem aspectos positivos e negativos e, como qualquer dispositivo de controle ou gerenciamento do tráfego, precisa ser planejado e pensado de forma que ofereça benefícios amplos à sociedade. Visando contribuir com o avanço no estudo dessa medida, o objetivo principal e os objetivos específicos estão descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo Principal

O principal objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento dos usuários de uma rodovia ao se propor um sistema de cobrança variada de acordo com o nível de congestionamentos.

2.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos, que contribuiriam para o desenvolvimento do estudo e alcance do objetivo principal, foram:

- a) revisar a bibliografia internacional e nacional acerca dos conteúdos relacionados ao tema da Dissertação;
- b) estudar os fundamentos econômicos da adoção da cobrança pelo excesso de utilização de bens públicos;
- c) identificar padrões de comportamento dos usuários do sistema no que diz respeito a medidas de gestão da mobilidade;

- d) conhecer as generalidades e especificidades de medidas utilizadas no gerenciamento do tráfego urbano;
- e) modelar a estrutura de decisão dos usuários de automóveis em um trecho rodoviário que apresenta constantes problemas com congestionamentos;
- f) estimar as elasticidades (horário de saída, tempo de viagem e custo) com vistas à definição das variações que produziriam as alterações desejadas no padrão de comportamento dos usuários.

2.2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA

A falta de planejamento e políticas de investimentos eficazes para aumentar a mobilidade de pessoas e bens gera inúmeros problemas para as cidades. O constante crescimento da população e da posse individual de veículos têm resultado em altos níveis de congestionamentos que não são mais exclusividade de grandes centros onde a população tem maior poder aquisitivo, cidades menores e menos ricas já se deparam com o mesmo problema.

Os congestionamentos geram custos (financeiros e à saúde) extremamente altos para a sociedade. Estudos recentes mostram que motoristas e passageiros perdem 2 bilhões de horas em congestionamentos a cada ano em países europeus. Isto significa US\$ 100 bilhões em perda de produtividade e US\$ 20 bilhões em desperdício de combustível.

Como se sabe, o tempo é um recurso não renovável e os congestionamentos são grandes responsáveis pelo seu desperdício no trânsito. O tempo perdido pelos indivíduos poderia ser dedicado a outras atividades, como aumentar sua renda ou atividades de lazer. Economizar tempos de deslocamentos é um dos principais objetivos no planejamento de transportes. Cada indivíduo tem um valor para seu tempo, que está associado à sua capacidade de produzir algo ou gerar renda para a sociedade. Em muitos casos valores de tempo individuais são utilizados em tomadas de decisões de investimentos. Um exemplo da importância do cálculo deste parâmetro é que, muitas vezes, o valor do tempo dos usuários de automóveis é tido como mais alto do que os de transportes públicos. Isso se deve ao fato de que muitos custos não são considerados nos cálculos, fazendo com que existam maiores investimentos em vias para automóveis em detrimento dos transportes públicos (IPEA, 1998).

A cada dia que passa fica mais evidente a necessidade da adoção de medidas que mudem esse panorama. Além da ênfase na melhoria dos transportes públicos, é necessário que sejam estudadas medidas para gerenciar e adequar o crescimento do volume de tráfego à capacidade viária disponível visto que, mesmo que o transporte público atinja níveis de excelência, sempre haverá quem prefira o transporte individual.

Neste contexto se enquadra o *Congestion Pricing* ou Tarifa de Congestionamentos. Apesar de existirem experiências bem sucedidas, sua implantação fracassou algumas vezes, principalmente devido ao desconhecimento sobre as bases de sua aplicação. Além disso, a adoção deste sistema não deve ser apenas “copiada” de experiências que obtiveram sucesso. É necessário que sejam feitos estudos que avaliem a adequação do sistema à realidade de cada país ou região.

2.3 DELIMITAÇÕES E LIMITAÇÕES

O presente estudo foi limitado aos usuários de automóveis que trafegam pelo menos uma vez na semana no trecho da rodovia federal BR-116 localizado entre os municípios de Porto Alegre e Novo Hamburgo. Além da base teórica, obtida através da revisão da literatura que abordava questões pertinentes ao trabalho, foram realizadas pesquisas sobre o comportamento dos usuários da rodovia e, conseqüentemente, a qualidade deste estudo ficou condicionada à qualidade dos dados obtidos. A análise dos dados e conclusões do trabalho referem-se exclusivamente a este estudo, não sendo recomendadas maiores generalizações.

2.4 ESTRUTURA

Este documento está estruturado da seguinte forma: além da Introdução, feita na Seção 1, a Seção 2 traz os Aspectos Gerais do Trabalho como os seus objetivos gerais e específicos, a justificativa e relevância do tema, delimitações e limitações do trabalho. Na Seção 3 são apresentados os Artigos Propostos na composição desta Dissertação e, finalmente, a Seção 4 encerra este trabalho trazendo as Conclusões e Considerações Finais a respeito do estudo realizado.

3 ARTIGOS PROPOSTOS

Obedecendo as diretrizes sugeridas pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, este trabalho foi elaborado no formato de artigos que foram, ou têm previsão de serem, submetidos a periódicos com a qualificação recomendada. Na seqüência deste documento, são apresentados os artigos componentes desta Dissertação no formato do periódico indicado.

3.1 Artigo I

UMA REVISÃO SOBRE A UTILIZAÇÃO DA TARIFAÇÃO DE CONGESTIONAMENTOS NA GESTÃO DE DEMANDAS EM INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTES

Enviado ao IV Congresso de Infraestrutura de Transportes (CONINFRA) em Abril de 2010.
Aceito no IV Congresso de Infraestrutura de Transportes (CONINFRA) em Junho de 2010.

UMA REVISÃO SOBRE A UTILIZAÇÃO DA TARIFICAÇÃO DE CONGESTIONAMENTOS NA GESTÃO DE DEMANDAS EM INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTES

João Paulo Cardoso Joaquim (jpc_eng@hotmail.com)

João Fortini Albano (albano@adufgrs.ufrgs.br)

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PPGEP
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

RESUMO

Durante muitos anos os investimentos em infraestrutura viária foram feitos em proporções menores do que o crescimento do volume de tráfego. Como resultado dessa disparidade, ocorreu um contínuo aumento nos níveis de congestionamentos. Este trabalho tem como objetivo fazer uma revisão da evolução da utilização de uma importante ferramenta na gestão da demanda em infraestruturas de transportes: o *Congestion Pricing* (Tarifação de Congestionamentos). Inicialmente são apresentadas definições de alguns conceitos econômicos básicos como custo de oportunidade, demanda, oferta e equilíbrio de mercado. Em situações de desequilíbrio (oferta menor que a demanda) ocorrem os congestionamentos e cada usuário que opta por utilizar a via nessas condições gera os chamados custos externos ou externalidades negativas. A Tarifação de Congestionamentos surge como alternativa para reduzir esses custos, pois regula a demanda e torna possível gerenciar os congestionamentos sem aumentar a oferta (aumento da capacidade das vias). A um nível ótimo de tarifa, algumas viagens são transferidas para outros horários, rotas ou outros modos de transporte, resultando em uma melhor distribuição do volume na via. Sistema semelhante tem sido utilizado com sucesso em outros setores como a venda de passagens aéreas, telefonia e tarifas de eletricidade, todos com valores diferenciados em relação a dias e horários com maior procura. Apresentam-se também neste trabalho, algumas formas de cobrança de Tarifas de Congestionamentos, uso das receitas geradas pelo sistema e uma breve descrição de alguns exemplos desta política nos Estados Unidos, Europa, Ásia e tendências para o Brasil. Concluindo o trabalho, são abordadas algumas questões que interferem na implantação deste sistema e a necessidade de estudos, não para demonstrar que a tarifação é a solução do problema, mas para que se tenha conhecimento sobre essa alternativa e assim decidir se sua utilização é conveniente ou não para gestores, população e usuários do sistema viário.

PALAVRAS-CHAVE: Congestionamentos, Tarifação de Congestionamento, Custos Externos.

ABSTRACT

For many years the investments in road infrastructure were made at rates lower than the growth in traffic volume. As a result of this disparity, there was a continuous increase in the levels of congestion. This paper aims to review the evolution of the use of an important tool in managing demand for transport infrastructure: Congestion Pricing. Initially, definitions of some basic economic concepts such as opportunity cost, demand, supply, and market equilibrium are introduced. In situations of imbalance (supply less than demand) congestion occurs and each user who chooses to use the road under these conditions generates the so-called external costs or negative externalities. The Congestion Pricing appears as an alternative to reduce these costs by regulating the demand and making it possible to manage congestion without increasing the supply (increase in road capacity). At an optimal price level, some trips are transferred to other times, routes or other transport modes, resulting in a better distribution of the traffic volume along the road. A similar system has been used successfully in other sectors such as the airline tickets sale, telephone and electricity bills, all with different values for days and periods of peak demand. It is also presented in this paper, some manners of congestion pricing collection, use of revenue generated by the system and a brief description of some examples of this policy in the United States, Europe, Asia and trends to Brazil. Concluding this paper some issues that interfere with the establishment of the system and the need for studies, not to demonstrate that pricing is the solution of the problem, but in order to provide knowledge about this alternative and then decide if its use is whether or not appropriate for managers, society and users of the transportation system.

KEY WORDS: Congestion, Congestion Pricing, External Costs.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento do volume de tráfego vem superando os investimentos feitos na infraestrutura viária das cidades há alguns anos. Essa situação de desequilíbrio (volume de veículos maior do que a capacidade da via) faz com que ocorram os congestionamentos. Redução das velocidades, que ocasiona o aumento do tempo de viagem e a diminuição de confiabilidade no

tempo de viagem, é apenas um exemplo do que o acúmulo de veículos nas vias pode gerar. Além disso, em situações de congestionamento, ocorre maior consumo de combustível, desgaste do veículo, poluição ambiental e a alteração do horário de preferência de viagem do usuário ou até mesmo mudança de rotas com objetivo de não passar por vias congestionadas.

Os congestionamentos são conseqüências naturais da relação entre oferta e demanda: as vias têm sua capacidade e, como não há a ampliação e o número de veículos aumenta cada vez mais, essa capacidade é atingida provocando o acúmulo de veículos. Esse excesso de viagens, que causa o congestionamento, gera também outros custos externos para a sociedade como prejuízos ambientais e à saúde humana. Em um sentido mais amplo, o custo marginal social do uso de uma infraestrutura viária inclui todos esses custos além dos custos privados de cada usuário. O mercado e os gestores possuem várias ferramentas para lidar com essas externalidades como, por exemplo, os impostos sobre combustíveis, a permissão ou proibição de acordo com o nível de emissão veicular, sistemas de informação aos usuários e medidas administrativas. No entanto, na medida em que esses mecanismos não conseguem eliminar ou reduzir esses custos, surge o *Congestion Pricing*.

Congestion Pricing (Tarifação de Congestionamentos) é uma ferramenta de gestão de demandas que possibilita uma melhor distribuição do tráfego ao longo do dia. William Vickrey (1952) foi o primeiro a propor a tarifação de congestionamento. Inicialmente foi proposto, ao sistema de metrô de Nova York, que as tarifas fossem aumentadas nos horários de pico devido aos altos índices de lotação dos trens. A proposta teve como base a idéia de que os usuários que pudessem mudar o horário da sua viagem para horários em que a tarifa fosse menor optariam pela mudança. Mais tarde a proposta foi feita para o sistema rodoviário para que houvesse a redução dos congestionamentos, da poluição do ar, do uso de energia e a utilização de outras vias ou outros meios de transporte. Conforme Vickrey (1952), a idéia por trás da tarifação dos congestionamentos não é a redução ou eliminação do número de veículos que trafegam em uma via e sim distribuir o fluxo ao longo do dia otimizando a utilização da infraestrutura viária existente.

O objetivo deste artigo é fazer uma revisão de conceitos e sobre o estado da arte da Tarifação de Congestionamentos para servir de embasamento para futuras pesquisas nesse assunto. Sua organização foi feita da seguinte forma: além da primeira Seção introdutória, a Seção 2 traz o referencial teórico do trabalho, onde foram levantadas formas de gerenciamento da demanda em infraestruturas viárias, definição de conceitos básicos de economia e de Tarifação de Congestionamentos com suas formas de aplicação. Adicionalmente é feito um breve levantamento sobre a utilização da Tarifação de Congestionamentos em alguns países e tendências para o futuro. A Seção 3 apresenta uma discussão sucinta sobre aspectos positivos e negativos relatados no material pesquisado e conclusões a respeito da pesquisa realizada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este trabalho caracteriza-se por uma revisão da literatura que aborda questões pertinentes às medidas de gerenciamento de demandas, mais especificamente em relação à Tarifação de Congestionamentos. Foram utilizados, na coleta de material que abordava a literatura em questão, artigos científicos publicados em periódicos sobre transportes e estudos disponibilizados por organizações reguladoras e/ou gestoras de transportes nacionais e internacionais. A análise das informações, bem como a conclusão desta revisão, entrelaça as questões pertinentes aos benefícios e desvantagens da Tarifação de Congestionamentos e será utilizado como base para futuros trabalhos.

2.1 Medidas de Gerenciamento de Demanda

Existe uma ampla gama de medidas que influenciam a demanda por viagem. Tais medidas afetam as escolhas de transportes, melhorando as condições do tráfego e maximizando o uso eficiente da infraestrutura viária. Entre essas medidas estão: uso do solo e planejamento de viagens, administração de estacionamentos e do tráfego, tratamento preferencial ao transporte público e medidas administrativas e econômicas (OECD, 2002).

As medidas econômicas, além da arrecadação de recursos, objetivam cobrar dos usuários o verdadeiro custo de viagem que geram, incluindo os custos ambientais, perda de produtividade devido aos congestionamentos, degradação da infraestrutura e outras externalidades. Como medidas econômicas, podem ser adotados incentivos ou desincentivos com o objetivo de alterar a demanda, o horário das viagens e a escolha modal. Incentivos relacionados a políticas de transportes incluem a aplicação de taxas de acordo com a quilometragem percorrida ou nível de emissões dos veículos, financiamento e subsídios para transporte coletivo, modos alternativos de transporte e cobrança de tarifa de acordo com o nível de congestionamento da via, que é o foco deste estudo.

2.2 Conceitos Econômicos Básicos

Aqui serão descritos conceitos econômicos relacionados à Tarifação de Congestionamento. São eles: custo de oportunidade, demanda e elasticidade, oferta e equilíbrio de mercado.

2.2.1 Custo de Oportunidade

Devido ao fato dos recursos não serem infinitos quando um bem ou serviço é consumido, perde-se a oportunidade de se consumir outros bens ou serviços. Essa situação é denominada custo de oportunidade e talvez seja o conceito mais importante em toda a economia. Em uma explicação mais clara o *custo de oportunidade é o preço que as pessoas pagam pelo consumo* (Morcillo & Troster, 1999; Montella, 2004).

Para a maioria dos bens e serviços, o preço que os consumidores pagam é simplesmente o custo monetário para o usuário. A oportunidade perdida seria gastar esse dinheiro em outra coisa. Para viagens, o tempo gasto no trânsito é um dos componentes mais críticos do “preço” que os usuários pagam. Esse tempo perdido poderia ser dedicado a outras atividades, como aumentar sua renda ou atividades de lazer. O valor destas outras atividades representa o custo de oportunidade do tempo de viagem. A segurança é outro custo implícito associado às viagens. Quando as pessoas optam por viajar, também assumem o risco de danos materiais, ferimentos ou mesmo de morte. Outros tipos de custos gerados aos motoristas são os custos reais ou diretos que são: custos operacionais do veículo, taxas de viagens e pedágios.

2.2.2 Demanda e Elasticidade

A demanda ou procura pode ser definida como a quantidade de um bem ou serviço que os consumidores desejam adquirir em determinado período de tempo (Vasconcellos & Garcia, 1999). A demanda por transporte rodoviário representa o valor que os consumidores atribuem à viagem em um determinado tempo, modo e lugar, medido pela sua disponibilidade em pagar pelo deslocamento. Algumas viagens são altamente valorizadas, enquanto outras são menos. Esta relação entre o custo da viagem e o nível de demanda por viagens é comumente descrita como a curva de demanda de viagens (Figura 1a) (FHWA, 2008a).

A declividade da curva da demanda é descendente, representando uma realidade econômica: quando o preço de um bem ou serviço cai, a quantidade que será demandada aumenta,

mantendo outros fatores constantes. A demanda por viagens não é diferente: quando o preço da viagem é alto (sensação de custo generalizado alto), as pessoas estarão menos dispostas a fazer viagens, quando o preço cai, haverá mais pessoas dispostas a viajar.

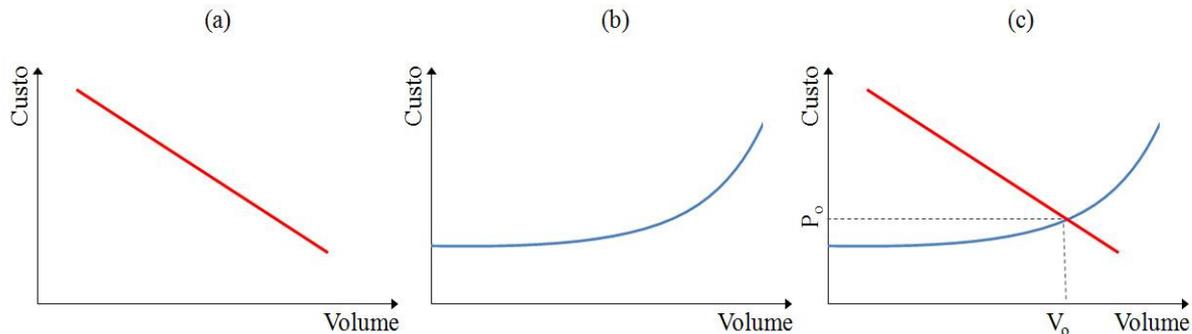


Figura 1. Curvas de Demanda, Oferta e Equilíbrio de Mercado

Fonte: FHWA, 2008a (Adaptada pelo autor)

A curva de demanda é caracterizada pelo seu nível e sua forma. O nível de procura (posição da curva) é afetado pelas condições do meio, quanto mais pessoas e atividades existem em pares de origem e destino, mais as vias entre esses pontos serão demandadas. Outro fator importante é o nível de renda, à medida que a renda aumenta, a disponibilidade em pagar pelas viagens também aumenta, fazendo com que a curva de demanda se desloque. Com relação a sua forma, a curva de demanda traz consigo o importante conceito da elasticidade que é simplesmente a variação percentual na quantidade demandada dividida pela variação percentual no preço (Souza, 1996; Morcillo & Troster, 1999). Se a quantidade demandada muda significativamente em resposta a pequenas alterações no preço, pode-se dizer que a demanda está relativamente elástica e a curva de demanda é bastante plana. Por outro lado, se ocorrem pequenas mudanças na demanda em resposta a alterações significativas no preço, pode-se dizer que a demanda está relativamente rígida, assim, a curva de demanda será uma linha bastante íngreme. Em situações extremas, a demanda pode ser considerada perfeitamente elástica, onde qualquer alteração nos preços interfere na quantidade demandada (curva próxima de uma linha horizontal) ou perfeitamente inelástica onde alterações nos preços não interferem na quantidade demandada (curva próxima de uma linha vertical).

2.2.3 Oferta

A oferta é a contrapartida da demanda. É dada pela quantidade de um bem que os fornecedores desejam disponibilizar em um determinado período de tempo (Montella, 2004). Para a maioria dos bens e serviços, a oferta está simplesmente relacionada com a produção. Entretanto, para viagens a relação é um pouco diferente. Dentro da infraestrutura viária, quando os volumes de tráfego são muito baixos, os veículos têm um impacto mínimo uns sobre os outros e as velocidades de deslocamento são limitadas apenas pelos dispositivos de controle de tráfego e pela geometria da via. Com o aumento do volume de tráfego aumenta a densidade de tráfego e a liberdade para os veículos manobrem é restringida. Como resultado, as velocidades diminuem relativamente pouco no início, mas caem significativamente quando os volumes se aproximam da capacidade na via. A implicação importante disso é que haverá uma relação entre os custos dos usuários e os volumes de tráfego. Em volumes menores, os custos do usuário serão constantes no que diz respeito ao volume. Com o aumento do tráfego os custos para o usuário subirão significativamente e isso dependerá da capacidade da via (oferta) (FHWA, 2008a). Esta relação é representada como uma curva de custos generalizados do usuário (custo privado) e está apresentada na Figura 1b.

2.2.4 Equilíbrio de Mercado

Quando a quantidade de um produto ou serviço oferecido é igual à quantidade procurada, diz-se que o mercado está em equilíbrio. Essa situação é muitas vezes representada como a intersecção de uma curva de oferta e uma curva de demanda, o que determina o preço de compensação de mercado (preço de equilíbrio) e a quantidade de equilíbrio. Neste ponto, todos que adquirem o produto/serviço estão dispostos (coletivamente) a pagar o preço P_0 e os produtores estão dispostos a fornecer tal quantidade a um preço P_0 . Para viagens a situação é semelhante, porém, a curva da oferta é representada pela curva de custo generalizado. A intersecção destas duas curvas (Figura 1c) determina o quão alto o volume de tráfego será e os custos médios associados a esse volume (Montella, 2004; Vasconcellos & Garcia, 1999). Quando a demanda em uma via é baixa com relação a sua capacidade, não haverá congestionamentos e os preços serão constantes mesmo que aumente o volume (parte plana da curva de custos generalizados na Figura 1c). Porém, quando a capacidade da via passa a não suportar a quantidade de tráfego demandada (congestionamento) os custos para o usuário aumentam consideravelmente junto com a demanda.

2.3 O Que é *Congestion Pricing*

O ideal, para usuários e gestores, seria que o equilíbrio de mercado predominasse. No entanto, a oferta e a demanda na infraestrutura viária nem sempre oferecem essa possibilidade. Esse desequilíbrio faz com que o consumo excessivo por parte de um usuário da via possa causar impactos negativos (custo externo ou externalidade negativa) sobre os demais usuários. Se o preço cobrado pelo mercado não refletir esses efeitos externos, então o custo de oportunidade para a sociedade será maior do que o preço que os consumidores enfrentam, levando ao excesso de consumo e criando assim a ineficiência econômica (Martins, 2001).

O custo de oportunidade real para a sociedade inclui os custos que os usuários enfrentam individualmente e as externalidades causadas pelos congestionamentos. Esse custo é chamado de custo marginal social e a curva que o representa está demonstrada na Figura 2.

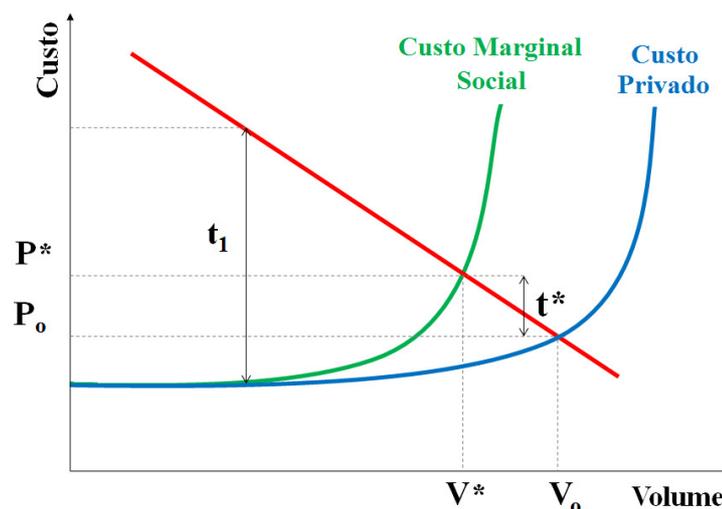


Figura 2. Curvas de Custo Marginal e de Custo Social

Fonte: FHWA, 2008a (Adaptada pelo autor)

Nota-se que o nível de tráfego eficiente (que atenderia a todos os custos gerados) ocorreria no ponto onde a curva de custo marginal cruza com a curva de demanda, definida na Figura pelos

pontos V^* e P^* . Com um volume de tráfego igual a V^* todos os usuários estariam pagando o verdadeiro custo de suas viagens e compensando os custos adicionais gerados à sociedade.

Congestion Pricing ou Tarifação do Congestionamento é uma estratégia utilizada para reduzir as perdas associadas aos congestionamentos tornando possível gerenciar a demanda sem aumentar a oferta. A um nível ótimo de tarifa (t^* na Figura 2), algumas viagens serão transferidas para outros horários, rotas ou mesmo outros modos de transporte, tal que, o novo volume de tráfego de equilíbrio seja também o nível socialmente ótimo. A tarifação é uma forma de fazer com que os usuários paguem pelas externalidades negativas que causam, tornando-se conscientes dos custos que imputam aos outros usuários quando utilizam a via em horários onde a oferta é insuficiente para satisfazer sua demanda. A tarifa de congestionamento funciona como uma penalidade econômica que desencoraja o consumo do bem nas horas pico (FHWA, 2008b; Burris, 2003).

A *Federal Highway Administration* (FHWA, 2008b) coloca ainda que a tarifação de congestionamento opera simplesmente deslocando os usuários da rodovia da hora-pico para outros horários ou para outros modos de transporte, aproveitando-se do fato de que a maioria dos usuários do horário de maior demanda de uma rodovia ou via urbana não são usuários habituais. Outro ponto importante ressaltado é que, ao eliminar uma porção pequena (apenas 5%, por exemplo) dos veículos presentes na hora-pico de uma via congestionada, o tráfego flui de forma muito mais eficiente, permitindo que veículos percorram o mesmo espaço físico sem atingir o congestionamento. Sistema semelhante de cobrança tem sido utilizado com sucesso em outros setores como a venda de passagens aéreas, telefonia fixa e móvel e as tarifas de eletricidade, todos com valores diferenciados em relação a dias e horários de utilização.

Vale ressaltar dois pontos importantes sobre esse sistema. O primeiro é que o valor ideal ou ótimo de tarifa se destina a reduzir o congestionamento, mas não eliminá-lo. Observando novamente a Figura 2 nota-se que para eliminar o congestionamento (chegar próximo ao limite da parte plana da curva) o valor de tarifa a ser cobrado seria igual a t_1 , valor muito superior a t^* que é o valor ideal da tarifa. O segundo ponto é salientar que a tarifação procura superar as ineficiências econômicas impostas pelo congestionamento e não a geração de receitas. Apesar disso, a cobrança de pedágios pode gerar significativas receitas, cuja utilização se torna uma questão política importante.

2.3.1 Formas de Cobrança

Existem 4 formas principais de cobrança da Tarifas de Congestionamentos:

- a) faixas com valores diferenciados de tarifa: consiste na cobrança de valores diferentes em uma ou mais faixas dentro de uma mesma via. Um exemplo típico desse tipo de cobrança são as *HOT - High Occupancy Toll Lanes* - nos Estados Unidos, onde uma faixa é destinada ao tráfego de veículos com alta ocupação mediante ao pagamento de uma tarifa;
- b) valores de tarifa variada em toda a via: neste tipo de cobrança o valor da tarifa está relacionado com as condições de tráfego na via. Nos horários em que o fluxo é mais congestionado o valor da tarifa é maior. Pode apresentar um valor fixo ou dinâmico que varia de acordo com as mudanças nas condições do tráfego;
- c) cordão de preços: é cobrada uma taxa para trafegar dentro de uma área congestionada de uma cidade delimitada por um “cordão virtual” indicado por placas e pórticos de acesso. Assim como no sistema anterior, pode apresentar valores fixos ou variáveis de acordo com o nível de congestionamentos na região;

- d) cobrança por área: mesmo sistema do cordão de preços, porém, o valor da tarifa varia com a distância percorrida dentro da área congestionada.

Na maioria dos casos de Tarifação de Congestionamentos a cobrança é feita eletronicamente. Os veículos são equipados com dispositivos eletrônicos (*tags*) que são lidos por antenas instaladas ao longo das vias, nos pórticos de acesso ou cabines de cobrança. Os *tags* mais simples fornecem apenas a possibilidade do registro do veículo, já os mais sofisticados possuem poder de processamento de dados e memória de registros (FHWA, 2008b). Na Alemanha são utilizados dados do Sistema de Posicionamento Global (*Global Positioning System - GPS*) para coletar as tarifas de pedágios de caminhões. Todas as informações de localização e de pagamento permanecem no veículo, o proprietário periodicamente leva um resumo a um centro de processamento, juntamente com os pagamentos. Por enquanto, os custos desses sistemas são elevados (€ 500 por veículo na Alemanha) devido aos serviços adicionais fornecidos pelo sistema, como a navegação de veículos e gestão de frotas comerciais (FHWA, 2008b). Outro tipo de equipamento muito utilizado são as câmeras de vídeo. Funcionam em conjunto com os *tags* e com o GPS, mas, como muitos veículos não possuem *tags* e nem o GPS, podem ser usadas para registrar o acesso de veículos às áreas de cobrança e os usuários que transitam sem pagar a tarifa.

2.3.2 Uso das Receitas da Tarifação de Congestionamentos

A tarifação de congestionamento pode gerar consideráveis valores de receitas para a região em que é aplicada. Parte dessas receitas geradas é destinada à operação do sistema de cobrança e gestão do tráfego. A receita líquida (o que sobra após o pagamento dos custos operacionais) pode ser usada para financiar a expansão e/ou melhorias na infraestrutura de transportes, para elaboração de campanhas ou iniciativas de apoio ao transporte público ou meios alternativos que não o uso individual de automóvel. Além disso, as receitas possibilitam o oferecimento de descontos em impostos sobre combustíveis, posse, aquisição ou vendas de veículos.

2.4 Congestion Pricing pelo Mundo

Neste ponto do texto buscou-se trazer os exemplos mais significativos sobre Tarifação de Congestionamentos encontrados na literatura pesquisada. Cabe ressaltar aqui que alguns sistemas de cobrança não tinham, inicialmente, a intenção de tarifar o congestionamento, mas sim de gerar receitas, através dos pedágios urbanos, para obras na infraestrutura de transportes das cidades. Porém, em todos os exemplos trazidos, a redução dos congestionamentos foi um benefício observado a partir da implantação do sistema de tarifação.

2.4.1 Estados Unidos

Nos Estados Unidos o principal sistema utilizado é o de faixas de tráfego com tarifação diferenciada. Existem faixas específicas e exclusivas para veículos que trafegam com 2, 3 ou mais pessoas a bordo, são as chamadas *High Occupancy Vehicles Lanes - HOV* (faixas para veículos com alta ocupação). Os veículos que não respeitam essa determinação pagam multas. Porém, existe outra classe, as *High Occupancy Toll Lanes - HOT* (faixas de alta ocupação com pedágio), que têm a mesma lógica das *HOV's Lanes*: só é permitido o tráfego de veículos com alta ocupação, mas nesse caso, mediante ao pagamento de um pedágio, os veículos que trafegarem apenas com o motorista não são multados. Existe uma forte pressão dos usuários para que as *HOV's Lanes* sejam convertidas em *HOT's Lanes*. Essa solicitação se dá pelo fato de que muitas vezes as vias estão congestionadas enquanto as faixas para veículos com alta ocupação são subutilizadas devido à existência de multas e, havendo a possibilidade de se

pagar o pedágio, muitos motoristas poderiam optar pelo pagamento para trafegar nessas faixas quando acharem necessário. De acordo com o *Washington State Department of Transportation* (WSDoT, 2009) atualmente 7 estados americanos possuem sistemas de cobrança por nível de ocupação dos veículos com propostas em andamento em mais 3 estados.

2.4.2 Europa

Durante a década de 1980, o governo holandês propôs a introdução de um sistema chamado *rekening rijden* para a região de Randstad (Amsterdã, Roterdã, Hague, Utrecht e parte da província de Noord-Brabant). O sistema consistia na cobrança de tarifa em uma área definida por um cordão e seu principal objetivo era gerenciar a demanda nas vias reduzindo os congestionamentos e a poluição ambiental, porém, devido à oposição da opinião pública, a operação do sistema foi cancelada (TRB, 2005). Em 1997, um estudo do *Economic Institute of the Netherlands* analisou o custo-benefício para duas variantes: cobrança na área definida por um cordão (sistema que operou inicialmente) e cobrança antecipada de tarifa sobre o transporte de passageiros e mercadorias assumindo que a região estaria congestionada a partir do ano de 2001. A conclusão foi que a opção de cobrança na área delimitada pelo cordão traria maiores benefícios (TRB, 2005). Em 2001 foi introduzida a cobrança baseada na distância percorrida pelos veículos. A idéia era substituir os impostos existentes sobre veículos e combustíveis pela nova tarifa e cobrar pela utilização e não pela posse do veículo. Assim, todos os veículos foram equipados com dispositivos que registravam a distância percorrida e calculavam o valor da tarifa a ser paga (Eliasson & Lundberg, 2002). Em 2002, novamente pela mudança de governo na Holanda, foi determinado que o sistema fosse desativado até que houvesse aumento da acessibilidade à rede viária e o transporte público passasse por consideráveis melhorias.

Atualmente, a Noruega possui quatro sistemas de cobrança de pedágio urbano: Bergen, Oslo, Trondheim e Nord Jaeren. A primeira cidade a adotar o pedágio, em 1986, foi *Bergen*, em uma pequena área definida por um cordão. *Oslo* implantou seu sistema de cobrança em 1990 para financiar a restauração da rede viária da capital, considerada precária na época e com baixa capacidade (FHWA, 2006). O sistema de *Trondheim*, introduzido em 1991, abrange uma área de 24 km² e opera entre 6h e 18h, de segunda à sexta-feira com tarifas diferenciadas em função do horário. No início, grande parte da opinião pública (72%) mostrou-se oposta ao sistema de cobrança, mas esse número caiu para 48% apenas dois meses após sua introdução. Até 1996, 36% da população ainda era contra o imposto. Apesar desse índice de rejeição, os resultados imediatos foram sensíveis: redução de 10% do tráfego no horário de *rush* (FHWA, 2006; Câmara & Macedo, 2008). O cordão de preços em *Nord-Jaeren* foi implantado mais de 10 anos após os outros sistemas. Inicialmente, as tarifas possuíam valores baixos e com valores maiores na hora do *rush*. Devido à baixa receita, em 2004 as tarifas aumentaram e passaram a ser constantes ao longo do dia (Bekken & Osland, 2005). Os pedágios custearam melhoramentos em vias públicas e possibilitaram a construção de vias perimetrais para reduzir congestionamentos, fato considerado positivo, visto que, a gestão da demanda com a Tarifação de Congestionamentos não era o objetivo inicial do sistema. Atualmente os sistemas de pedágios noruegueses financiam também projetos ambientais.

No início dos anos 90, Cambridge, na Inglaterra, implantou um regime de tarifação de congestionamento que consistia na cobrança de tarifas que variavam em tempo real, de acordo com o nível de congestionamento dentro do cordão pré-definido. A intenção desse tipo de cobrança era aplicar a maior tarifa a quem gerava os maiores custos externos aos outros usuários. A geração dos valores a serem pagos era feita a partir de dispositivos que foram

ligados aos odômetros dos veículos. Esses dispositivos registravam a distância percorrida abaixo da velocidade de fluxo livre ou em regimes de aceleração e desaceleração, o que indicava uma situação de fluxo congestionado. A proposta não ganhou o apoio público e político necessário devido à imprevisibilidade e a natureza complexa das tarifas (Small e Gomez-Ibañez, 1998).

Londres talvez possua o sistema de Tarifação de Congestionamentos mais bem sucedido que se tem conhecimento. Desde fevereiro de 2003 existe a cobrança de tarifas para automóveis particulares trafegarem dentro da área central de Londres. Sua implantação teve como objetivo a redução dos congestionamentos e aumento das receitas para o financiamento de melhorias na infraestrutura (TfL, 2009). O controle é feito através de câmeras de vídeo instaladas nos pontos de entrada da área de cobrança. É feito o registro do número da placa de cada veículo para posterior conferência com as placas que efetuaram os pagamentos. Além de atingir os objetivos citados, como a significativa redução dos congestionamentos e aumento das receitas, a cidade de Londres também foi beneficiada com a melhoria da qualidade do transporte público e serviços de táxi. A aceitação do público cresceu e encontrou apoio na idéia de expansão da área de cobrança e implantação em outras cidades do Reino Unido (Livingstone, 2005). Em 2007, foi proposta a ampliação do cordão de cobrança para abranger as áreas mais congestionadas da região, incluindo Kensington, Chelsea e Westminster. Esta recomendação foi feita mesmo contando com o apoio de apenas 24% dos usuários dessa região. Na ocasião, havia a idéia de aumentar a zona do cordão central de Londres em mais de 5 km² (70% do tamanho inicial) e que houvesse uma redução entre 15 e 22% do tráfego em toda a área. A idéia foi aceita e atualmente o sistema funciona entre 7h e 18h, de segunda à sexta-feira sem tarifação em fins-de-semana, feriados e entre o Natal e o Ano Novo (TfL, 2009).

Em 2004, foi proposto para cidade de Edimburgo, capital da Escócia, um sistema de Tarifação de Congestionamentos que consistia em dois cordões. Um cordão exterior que tinha como objetivo controlar o congestionamento crescente nas áreas limítrofes da cidade e outro cordão menor, que tinha como função proteger o Patrimônio Mundial localizado no centro da cidade (Saunders & Lewin, 2005). Em 2005 foi feito um referendo entre os moradores para se saber a aceitação do sistema. A proposta acabou sendo recusada devido, principalmente, à reivindicação de que houvesse a isenção de cobrança em alguns pontos do cordão externo.

2.4.3 Ásia

Singapura introduziu seu primeiro regime de cobrança em vias urbanas em 1975 em uma tentativa de controlar os níveis de tráfego dentro da cidade. O sistema inicial era manual e era necessário que os condutores de automóveis comprassem uma licença para trafegar dentro de uma área restrita. Em 1989, muitas das isenções de pagamento da taxa foram removidas e as restrições de viagem foram estendidas para o período de pico da tarde. Em 1995, o sistema foi ampliado a algumas vias rápidas e vias locais, na tentativa de mitigar os impactos adversos experimentados nas vias locais. Em 1998, o sistema foi totalmente automatizado, com a colocação de dispositivos eletrônicos nos veículos, pagamento por cartão inteligente e fiscalização através de câmeras e equipamentos de leitura da placa de licença. No início de 2006, as taxas durante semana para automóveis variavam de acordo com a hora do dia e com o tipo de via, rápida ou arterial (FHWA, 2006).

Hong Kong adotou a Tarifação de Congestionamentos entre 1983 e 1985. O sistema incluiu três zonas de cobrança e tarifas diferenciadas por hora do dia. A população se mostrou

desfavorável porque havia a preocupação sobre a capacidade do governo em controlar os movimentos e identidades dos usuários. A privacidade foi uma grande preocupação devido à reunificação planejada com a China e a possibilidade de acesso do governo chinês aos dados de viagens Hong Kong. Como a opinião pública foi negativa, a iniciativa fracassou (Eliasson e Lundberg, 2002).

Conforme a *Asia-Pacific Environmental Innovation Strategies* (APEIS, 1996) a cidade de Seul vinha registrando, desde a década de 80, um crescimento anual entre 13 e 15% do volume de tráfego. Entretanto, a capacidade das vias aumentou apenas 6% no mesmo período, resultando no aumento dos congestionamentos. Para readequar a sua capacidade viária, conforme Lacerda (2006), a Coreia do Sul implantou em sua capital a Tarifação de Congestionamentos em 1996. O sistema opera em duas vias arteriais que ligam a parte sul da cidade ao distrito comercial. Apenas veículos de passeio com menos de 3 pessoas pagam a tarifa (mesmo sistema das *HOT's* ou *HOV's* americanas) e a cobrança é feita em praças de pedágio. Segundo o autor, houve a redução do volume de veículos de passeio em 34% e a velocidade média aumentou em 10 km/h. Contudo, em algumas vias alternativas o efeito foi contrário: houve um aumento de 15% no volume de tráfego.

2.4.4 Outros Exemplos

Em funcionamento desde 2005, a Via Expressa *Costanera Norte*, em Santiago é destaque internacional por ser a primeira via expressa urbana no mundo administrada pela iniciativa privada. Os veículos pagam a tarifa de acordo com a distância percorrida na via. No trecho metropolitano todos os acessos e saídas tem pórticos com sensores que registram a entrada na rodovia através de *tags* instalados nos veículos. O valor pago pelos usuários no horário de pico é o dobro da tarifa normal (Concessionária Costanera Norte, 2009).

No Brasil, em 1997 foi implantado no estado de São Paulo um sistema alternativo de gerenciamento de demandas no qual os usuários não eram penalizados financeiramente: o Programa de Restrição de Veículos Automotores. O chamado “rodízio de veículos”, estabelecido pela Lei Municipal 12.490 de 3 de outubro de 1997 (BRASIL, 1997) consiste em restringir a circulação de veículos em determinado dia da semana em uma zona pré-determinada. Há uma escala, regida pelo último dígito da placa do veículo, que determina em quais dias da semana quais veículos não podem circular (CET, 2009). O sistema de rodízio foi introduzido com a intenção de melhorar as condições ambientais com a redução da carga de poluentes na atmosfera e dos níveis de congestionamentos. Inicialmente o programa apresentou bons resultados, principalmente na questão de redução de congestionamentos, porém, com a falta de melhorias do transporte público, os usuários que tinham melhores condições financeiras optaram por adquirir outro veículo com final de placa diferente para poder continuar utilizando a rede viária congestionada.

No início do mês de outubro de 2009, a Prefeitura de São Paulo anunciou que a partir do ano de 2010 iniciará a instalação de *chips* em todos os veículos que trafegam pela cidade. Entre os objetivos desta iniciativa estão a redução da inadimplência no pagamento de impostos, licenciamentos e multas, melhorias na gestão do tráfego, fiscalização e, principalmente, um primeiro passo para a implantação do pedágio urbano na cidade, fato que poderá amenizar a situação atual de congestionamentos.

3. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Como visto ao longo deste estudo, a principal preocupação em relação aos congestionamentos são suas externalidades e a sua influência na eficiência econômica da infraestrutura viária.

Melhorar a eficiência econômica, neste caso, significa suprimir viagens, teoricamente, de menor valor ou importância através da proibição ou tarifação dessas viagens em horários pré-determinados.

Outra questão importante é a elasticidade de preços. Se a demanda em uma via é relativamente inelástica, o valor ideal de tarifa será alto e os efeitos sobre a redução do congestionamento serão relativamente baixos. Por outro lado, se a demanda é mais elástica, com um valor menor de tarifa pode-se reduzir os volumes de tráfego e congestionamentos. As maiores demandas nas vias variam significativamente em relação à hora do dia e localização. Como resultado se tem que o valor ideal de tarifa deve variar em função dessas flutuações.

Deve ser levada em consideração a existência de alternativas de uso da infraestrutura, seja em rotas alternativas ou outros modos de transporte como o transporte público. Melhorias nesses dois aspectos poderiam aumentar significativamente a eficiência da Tarifação dos Congestionamentos. Supondo que existam dois caminhos paralelos entre um par de origem e destino, ambos sujeitos a congestionamentos mas apenas um tarifado. Nesse caso, algumas viagens serão transferidas para essa rota não-tarifada agravando o congestionamento. Sendo assim, a aplicação da tarifa será mais eficaz se for aplicada em um conjunto de vias e não apenas em um corredor central.

Outros pontos observados e salientados no trabalho de Vickrey (1952) são que as tarifas de congestionamento devem refletir o máximo possível o custo marginal de cada viagem e devem variar suavemente ao longo tempo. Variações repentinas no valor podem gerar duas situações: motoristas em altas velocidades para pagar o valor desejado ou motoristas reduzindo suas velocidades e atrasando a sua viagem pelo mesmo motivo, fugir do valor indesejado de tarifa. Um ponto controverso salientado por Vickrey (1952) é que todos os veículos devem ser cobrados, sem exceção. Caminhões, ambulâncias, autoridades devem participar do sistema de cobrança. Essa não é uma situação comum, pelo contrário, o que se observou em todos os sistemas estudados é que existe o tráfego livre destes veículos e das motocicletas.

Finalmente, talvez o ponto mais importante da Tarifação de Congestionamentos diz respeito às questões políticas decorrentes da cobrança. Existem inúmeras barreiras quanto a sua aplicação. Algumas vezes por desinformação outras por ideais políticos, as autoridades são pressionadas para que tal sistema não seja implantado. Isso foi motivo de muitos insucessos observados na tentativa de aplicação da Tarifação de Congestionamentos. Os políticos, por sua vez, muitas vezes não querem assumir o ônus de ser “aquele que institui um novo imposto” que é o que a tarifação de congestionamento significa, um imposto sobre o excesso de utilização de uma via.

Sendo assim, é necessário que estudos sejam feitos, não para demonstrar que a Tarifação de Congestionamentos é a solução do problema, mas para ter conhecimento sobre essa alternativa e assim decidir se a sua utilização é interessante ou não para a população e usuários do sistema viário.

REFERÊNCIAS

Asia-Pacific Environmental Innovation Strategies - APEIS (1996). Introduction of Traffic Congestion Pricing in Seoul, Korea. Institute for Global Environmental Strategies, Japão. Disponível em: <http://www.iges.or.jp/APEIS/RISPO/inventory/db/pdf/0056.pdf> Acesso em: 2 Set. 2009.

- Bekken, J. T., Osland, O. (2005) An Offer You Can't Refuse... On the Establishment and Development of Norwegian Toll Cordons. PIARC Seminar on Road Pricing with Emphasis on Financing, Regulation and Equity, Cancun, Mexico. April 11-13, 2005. Disponível em: <http://publications.piarc.org/ressources/documents/actes-seminaires05/c11c12-mexique05/3.2-Bekken-0405C11.pdf> Acesso em: 21 Ago. 2009.
- BRASIL. Lei 12.490 de 3 de outubro de 1997. Autoriza o Executivo a Implantar o Programa de Restrição ao Trânsito de Veículos Automotores no Município de São Paulo, e dá outras providências. São Paulo, Brasil. 1997.
- Burris, M. W. (2003) Application of Variable Tolls on Congested Toll Road American Society of Civil Engineers, Journal of Transportation Engineering, Vol. 129, Nº. 4, Julho/ Agosto 2003, p. 354-361. Virgínia, Estados Unidos. 2003. Disponível em: <http://cedb.asce.org/cgi/WWWdisplay.cgi?136382> Acesso em: 15 Ago. 2009.
- Cain, A., Burris, M. W., Pendyala, R. M. (2001) The Impact Of Variable Pricing On The Temporal Distribution Of Travel Demand. In: TRB Annual Meeting, 80, 2001, Washington, EUA. Proceedings, p36 - 43. Disponível em: <http://www3.cutr.usf.edu/its/TRB%202001%20paper%20on%20elasticities.pdf> Acesso em: 10 Dez. 2009.
- Companhia de Engenharia de Tráfego - CET (2009) Operação Horário de Pico. São Paulo, Brasil. Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/internew/informativo/pico/pico.asp> Acesso em: 12 Dez. 2009.
- Concessionária Costanera Norte (2009) Sociedad Concesionaria Costanera Norte S.A. - Site Institucional, Chile. 2009. Disponível em <http://www.costaneranorte.cl/> Acesso em: 16 Dez. 2009.
- Eliasson, J., Lundberg, M. (2002) Road Pricing in Urban Areas. Swedish National Road Administration and T&E. Suécia, 2002. Disponível em: <http://www.transport-pricing.net/download/swedishreport.pdf> Acesso em: 18 Out. 2009.
- Federal Highway Administration - FHWA (2006). International Urban Road Pricing: Issues and Options for Increasing the Use of Tolling and Pricing to Finance Transportation Improvements. Washington, EUA. 2006. Disponível em: <http://www.ncppp.org/resources/papers/tollissuesreport606.pdf> Acesso em: 14 Out. 2009.
- _____. (2008a). Economics: Pricing, Demand and Economic Efficiency Washington, EUA. 2008. Disponível em: <http://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop08041/fhwahop08041.pdf> Acesso em: 12 Jan. 2010.
- _____. (2008b). Congestion Pricing - A Primer: Overview. Washington, EUA. 2008. Disponível em: <http://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop08039/fhwahop08039.pdf> Acesso em: 14 Out. 2009.
- Im, H., Jin, H., Kim, W., Chang, M. (2002) A Study of Adjusted Optimal Congestion Pricing with Speed-Flow Relationship in the Urban Express Way in Korea American Society of Civil Engineers, Traffic and Transportation Studies, Proceedings of the Third International Conference on Traffic and Transportation Studies, 2002, p. 1407-1413. Virgínia, Estados Unidos. 2003. Disponível em: <http://cedb.asce.org/cgi/WWWdisplay.cgi?131980> Acesso em: 15 Ago. 2009.
- Lacerda, S. M. (2006) Precificação de Congestionamento e Transporte Coletivo Urbano. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, Setorial, Rio de Janeiro, nº. 23, p. 85-100, Mar. 2006. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2303.pdf Acesso em: 28 Jul. 2009.
- Livingstone, K. (2005) Statement by the Mayor Concerning His Decision to Confirm the Variation Order for the Western Extension of the Central London Congestion Charging Zone with Modifications. Londres, Reino Unido. Disponível em: <http://www.london.gov.uk/mayor/congest/docs/mayor-statement-092005.pdf> Acesso em: 30 Set. 2009.
- Martins, P. J. M., (2001): Externalidades e Custos Externos. Alguns Conceitos Quanto à sua Avaliação e Internalização no Sector dos Transportes, Departamento de Engenharia Civil, Instituto Politécnico de Lisboa. 2001. Disponível em: http://www.deetc.isel.ipl.pt/jetc05/CCTE02/papers/no_paper/18.pdf Acesso em: 10 Jan. 2010.
- Montella, M (2004) Economia Passo a Passo Editora Qualitymark, Rio de Janeiro, 2004.
- Morcillo, F.. M., Troster, R. L. (1999) Introdução à Economia Makron Books, 1999. São Paulo.
- Organisation For Economic Co-Operation And Development - OECD (2002) Road Travel Demand - Meeting the Challenge Paris, França. 2002. Acesso em: 17 Dez. 2009. Disponível em: <http://browse.oecdbookshop.org/oecd/pdfs/browseit/7702041E.PDF> Acesso em: 15 Ago. 2009.
- Saunders, J., Lewin, K. (2005) Congestion Charging in Edinburgh - A Gestation with Complications. Seminar on Road Pricing with Emphasis on Financing, Regulation and Equity, Cancun, Mexico. April 11-13, 2005. Disponível em: <http://publications.piarc.org/ressources/documents/actes-seminaires05/c11c12-mexique05/3.3-Lewin-0405C11.pdf> Acesso em: 13 Ago. 2009.

- Small, K. A., Gomez-Ibanez, J. A. (1998) Road Pricing for Congestion Management: The Transition from Theory to Policy. University of California Transportation Center, Califórnia, EUA, 1998. Disponível em: <http://www.uctc.net/papers/391.pdf> Acesso em: 24 Nov. 2009.
- Souza, N. J. (1996) Introdução à Economia Câmara Brasileira do Livro, São Paulo, 1996.
- Transport for London – TfL (2009). Congestion Charging. Londres, 2009. Disponível em: <http://www.tfl.gov.uk/roadusers/congestioncharging/default.aspx> Acesso em: 17 Ago. 2009.
- Transportation Research Board - TRB (2005). Conference Proceedings 34: International Perspective on Road Pricing. Key Biscayne, Florida November, 19-22, 73-91. 2005. Disponível em: <http://www.trb.org/publications/conf/CP34roadpricing.pdf> Acesso em: 6 Nov. 2009.
- Vasconcellos, M. A. S., Garcia, M. E. (1999) Fundamentos de Economia Editora Saraiva, São Paulo, 1999.
- Vickrey, W. (1952) Principles of Efficient Congestion Pricing Columbia University, EUA, 1992. Disponível em: <http://www.vtpi.org/vickrey.htm> Acesso em: 8 de Jan. 2010.
- Washington State Department of Transportation - WSDoT (2009) SR-167 HOT Lanes Pilot Project, First Annual Performance Summary, May 2008 - April 2009. Washington, EUA. 2009. Disponível em: <http://www.wsdot.wa.gov/NR/rdonlyres/31FB3D24-79CC-4332-82F7-EBECEBE1CA71/0/HOTLanesAnnualReport2009.pdf> Acesso em: 4 Dez. 2009.

João Paulo Cardoso Joaquim (jpc_eng@hotmail.com)
João Fortini Albano (albano@adufrgs.ufrgs.br)
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Transportes
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Av. Osvaldo Aranha, 99 – 5º andar – CEP 90035-190. Porto Alegre, RS, Brasil

3.2 Artigo II

TARIFAÇÃO DOS CONGESTIONAMENTOS NA BR-116: CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA NA RODOVIA E A DISPONIBILIDADE DOS USUÁRIOS EM PAGAR PARA REDUZIR SEUS TEMPOS DE VIAGEM

Previsão de Envio à Revista Transportes

TARIFAÇÃO DOS CONGESTIONAMENTOS NA BR-116: CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA NA RODOVIA E A DISPONIBILIDADE DOS USUÁRIOS EM PAGAR PARA REDUZIR SEUS TEMPOS DE VIAGEM

João Paulo Cardoso Joaquim (jpc_eng@hotmail.com)

João Fortini Albano (albano@adufgrs.ufrgs.br)

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PPGEP
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

RESUMO

Este trabalho buscou a obtenção de um panorama da atual situação do tráfego na rodovia federal BR-116 (trecho Porto Alegre - Novo Hamburgo) a partir da perspectiva dos usuários de automóveis. Atualmente, mais de 130.000 veículos passam diariamente pela seção mais carregada da rodovia, gerando altos níveis de congestionamentos. Através de uma pesquisa exploratória foram analisados dados como a frequência com que os usuários trafegam pela rodovia e características das viagens como distâncias, tempos, motivos e horários de saída e retorno. Além disso, puderam ser obtidos dados sobre o aumento do tempo de percurso por causa dos congestionamentos e a percepção dos usuários em relação ao valor do seu tempo e sua disposição em pagar, ou não, algum valor para reduzir ou eliminar esse tempo excedente. Considerando uma jornada de trabalho de 8 horas por dia, se concluiu que, em média, 25 dias de trabalho são perdidos anualmente com congestionamentos no trecho pesquisado. Sobre valores de tempo, de acordo com a amostra pesquisada, há uma disposição entre os usuários em pagar um valor médio de R\$ 7,20 por hora economizada nos seus deslocamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Congestionamentos, Rodovia Federal BR-116, Valor do Tempo.

ABSTRACT

This study aimed to achieve an overview of the current traffic situation in the federal highway BR-116 (stretch Porto Alegre - Novo Hamburgo) from the perspective of car users. Currently, more than 130,000 vehicles pass daily in the heavier section of the highway, causing high levels of congestion. Through an exploratory survey were analyzed data as the frequency with which users travel over the highway and characteristics of travel as distances, times, reasons and times of departure and return. Furthermore, data could be obtained about the increase of travel time because of congestion and the perception of users about the value of their time and their willingness-to-pay, or not, some value to reduce or eliminate that over time. On a workday of eight hours per day, it was concluded that, on average, 25 working days are lost annually to congestion on this stretch. About time values, according to the sample surveyed, there is a willingness among users to pay an average of R\$ 7.20 per hour saved in travel.

KEY WORDS: Congestion, Federal Highway BR-116, Value of Time.

1 INTRODUÇÃO

Durante os últimos anos, os investimentos feitos em infraestruturas de transportes não foram suficientes para atender a demanda resultante do rápido crescimento populacional e do espalhamento urbano. Em diversos países, a falta de melhorias no transporte público e a necessidade por deslocamentos cada vez maiores provocaram um grande aumento na posse individual de veículos e, com a falta de ampliação da capacidade viária, surgiram os congestionamentos.

De uma maneira geral, vários fatores determinam a ocorrência de congestionamentos. Além do desequilíbrio entre demanda e oferta viária e a falta de opções de transporte público, alterações repentinas no tráfego como a mudança de sentido de vias sem a devida sinalização e orientação, podem gerar lentidão no fluxo. Interrupções no tráfego também podem ser causadas por acidentes, mau tempo e eventos especiais (AASHTO, 2010).

Esses motivos, isoladamente ou em conjunto, fazem com que os congestionamentos gerem altos custos para a sociedade. Nos Estados Unidos, no ano de 1982, os congestionamentos custaram US\$ 16,7 bilhões aos americanos (Schrank & Lomax, 2009). Em 25 anos esse valor aumentou 422%: em 2007, US\$ 87,2 bilhões (correspondente a 10,6 trilhões de litros de

combustível e 4,2 bilhões de horas adicionais no tráfego) foram perdidos nos congestionamentos. Acredita-se que esse valor seja ainda mais alto já que, nesses cálculos, não foram incluídos os efeitos negativos da incerteza do tempo de viagem, realocações e negócios perdidos. No Brasil, um estudo feito pelo Instituto Econômico de Ciências Aplicadas (IPEA, 1998) em dez capitais brasileiras concluiu que no ano de 1998, nessas cidades, perdeu-se R\$ 474,4 milhões com congestionamentos. Já em outro estudo, feito em 2002 pela Confederação Nacional do Transporte em parceria com a Universidade Federal do Rio de Janeiro (CNT & COPPEAD/UFRJ, 2002), esse valor é consideravelmente mais alto: para as cidades brasileiras com mais de 100.000 habitantes, os custos de combustíveis, tempo de viagem e poluição ambiental, gerados pelos congestionamentos, representavam em 2002 valores equivalentes a 2,4% do PIB brasileiro. Caso essa proporção tenha se mantido, em 2009 mais de R\$ 75 bilhões foram perdidos por conta dos congestionamentos (IBGE, 2010).

Além desses custos, os congestionamentos causam outras externalidades negativas como o aumento dos níveis de poluição ambiental, a alteração do horário de preferência de viagem do usuário ou até mesmo mudança de rotas com objetivo de não passar por vias congestionadas. Os gestores possuem várias ferramentas para lidar com essas externalidades como impostos sobre combustíveis, permissão ou proibição de circulação de acordo com o nível de emissão veicular, sistemas de informação aos usuários e medidas administrativas. No entanto, na medida em que esses mecanismos não conseguem eliminar ou reduzir esses custos, surge o *Congestion Pricing* (Tarifação de Congestionamentos), que é uma ferramenta de gestão de demandas que possibilita uma melhor distribuição do tráfego. William Vickrey (1952) foi o primeiro a propor esse sistema afirmando que a idéia não é a reduzir ou eliminar o número de veículos que trafegam em uma via e sim distribuir o fluxo ao longo do dia otimizando a utilização da infraestrutura viária existente.

A elaboração deste trabalho foi motivada por diversas razões. A primeira, e principal, foi, através de uma pesquisa exploratória, obter um panorama da atual situação do tráfego na rodovia federal BR-116 sob a ótica dos seus usuários. Aproximadamente 130.000 veículos passam diariamente pela seção mais carregada desta rodovia (próximo ao limite entre Porto Alegre e Canoas), gerando altos níveis de congestionamentos (DNIT, 2008). Secundariamente, foi feito um estudo preliminar sobre formas de aplicação de Tarifas de Congestionamentos e sobre algumas cidades que implantaram esse sistema. O produto final deste trabalho são parâmetros e indicadores qualitativos e quantitativos que, adotando a mesma rodovia como cenário, serão utilizados futuramente em uma pesquisa sobre a aplicação de um sistema de Tarifação de Congestionamentos na BR-116.

A organização do artigo foi feita da seguinte forma: além da introdução feita nesta Seção, a Seção 2 traz o referencial teórico do trabalho, onde foram abordados, além de experiências mundiais com a Tarifação de Congestionamentos, estudos relacionados a esse sistema ou aos congestionamentos. Na Seção 3 é apresentada a metodologia utilizada na pesquisa exploratória e na Seção 4 seus resultados com os devidos comentários a respeito. Finalmente, na Seção 5 são apresentadas as conclusões e comentários finais do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Na revisão da literatura, além de exemplos de experiências de Tarifação de Congestionamentos e suas formas de cobrança, foram estudadas outras questões pertinentes a esse tipo de sistema e aos congestionamentos como, por exemplo, estudos sobre o valor do tempo e a disposição das pessoas em pagar para reduzir os efeitos dos congestionamentos. Foram utilizados, na coleta de material que abordava a literatura em questão, artigos

científicos publicados em periódicos sobre transportes e estudos disponibilizados por organizações reguladoras e/ou gestoras de transportes nacionais e internacionais.

2.1 Formas de Cobrança da Tarifa de Congestionamentos

Na literatura são destacadas quatro formas principais de cobrança da tarifa de congestionamentos (FHWA, 2008):

- a) faixas com valores diferenciados de tarifa: cobrança de valores diferentes em uma ou mais faixas dentro de uma mesma via. Um exemplo desse tipo de cobrança são as *HOT - High Occupancy Toll Lanes* - nos Estados Unidos, onde uma faixa é destinada ao tráfego de veículos com alta ocupação ou mediante o pagamento de uma tarifa;
- b) valores de tarifa variada em toda a via: neste tipo de cobrança o valor da tarifa está relacionado com as condições de tráfego na via. Nos horários em que o fluxo é mais congestionado o valor da tarifa é maior. Pode apresentar um valor fixo ou dinâmico que varia de acordo com as mudanças nas condições do tráfego;
- c) cordão de preços: é cobrada uma taxa para trafegar dentro de uma área congestionada delimitada por um “cordão virtual” indicado por placas e pórticos de acesso. Assim como no sistema anterior, pode apresentar valores fixos ou variáveis;
- d) cobrança por área: mesmo sistema do cordão de preços, porém, o valor da tarifa varia com a distância percorrida dentro da área congestionada.

Na maioria dos casos a cobrança da tarifa é feita eletronicamente. Os veículos são equipados com dispositivos eletrônicos (*tags*) que são lidos por aparelhos instalados ao longo das vias, nos pórticos de acesso ou cabines de cobrança (FHWA, 2008). Além disso, informações do Sistema de Posicionamento Global (*Global Positioning System - GPS*) e câmeras de vídeo também funcionam, isoladamente ou em conjunto com os *tags*, no registro do acesso de veículos às áreas de cobrança e os usuários que transitam sem pagar a tarifa.

2.1.1 Faixas com Valores Diferenciados de Tarifa

Esse tipo de sistema é encontrado principalmente nos Estados Unidos onde existem faixas específicas e exclusivas para veículos que trafegam com 2, 3 ou mais pessoas a bordo, são as chamadas *High Occupancy Vehicles Lanes - HOV* (faixas para veículos com alta ocupação). Os veículos que desrespeitam essa determinação recebem multas que variam entre US\$ 380 e US\$ 670. Porém, existe outra classe, as *High Occupancy Toll Lanes - HOT* (faixas de alta ocupação com pedágio), que têm a mesma lógica das *HOV's Lanes*: só é permitido o tráfego de veículos com alta ocupação, mas, mediante ao pagamento de uma tarifa, veículos que trafegam apenas com o motorista não são multados. Existe uma forte pressão dos usuários para que as *HOV's Lanes* sejam convertidas em *HOT's Lanes*. Essa solicitação se dá pelo fato de que muitas vezes as vias estão congestionadas enquanto as faixas para veículos com alta ocupação são subutilizadas devido à existência de multas e, havendo a possibilidade de se pagar essa tarifa, muitos motoristas poderiam optar pelo pagamento para poderem trafegar nessas faixas quando acharem necessário. De acordo com o *Washington State Department of Transportation* (WSDoT, 2009) atualmente 7 estados americanos possuem sistemas de cobrança por nível de ocupação dos veículos e existem 3 novas propostas em andamento.

As faixas destinadas aos veículos com alta ocupação são identificadas através de placas e sinais em forma de losango pintados na pista (faixas exclusivas). Apesar de oferecer maior mobilidade, pelo incentivo às caronas e conseqüente redução do número de veículos no fluxo, uma das críticas a esse sistema é que em alguns locais não existe a separação física entre as faixas (Figura 1). Nesses casos, apesar das faixas terem fluxos no mesmo sentido, em

situações mais críticas os acidentes aumentam mais de 50% após a implantação do sistema devido à sobrecarga nas outras faixas (TTI, 2003).



Figura 1. Exemplo de uma *High Occupancy Vehicles Lane* americana

Fonte: WSDoT, 2009 (Adaptada pelo autor)

Conforme a *Asia-Pacific Environmental Innovation Strategies* (APEIS, 1996) a cidade de Seul vinha registrando, desde a década de 80, um crescimento anual entre 13 e 15% do volume de tráfego. Entretanto, a capacidade das vias aumentou apenas 6% no mesmo período. Para readequar a sua capacidade viária, conforme Lacerda (2006), a Coréia do Sul implantou um sistema que opera em duas vias arteriais que ligam a parte sul da cidade ao distrito comercial. Apenas veículos de passeio com menos de 3 pessoas pagam a tarifa e a cobrança é feita em praças. Segundo o autor, houve a redução do volume de veículos de passeio em 34% e a velocidade média aumentou em 10 km/h. Contudo, em algumas vias alternativas o efeito foi contrário: houve um aumento de 15% no volume de tráfego. Além dos Estados Unidos e da Coréia do Sul, o sistema de faixas para veículos com alta ocupação é encontrado também no Canadá, na Austrália e em países europeus (Reino Unido, Holanda, Espanha, Noruega, Áustria e Suécia).

2.1.2 Valores Variados de Tarifa em Toda a Via

É um sistema no qual a tarifa varia ao longo do dia, da semana, do mês etc., acompanhando a variação dos congestionamentos. No Chile, desde 2005, a Concessionária *Costanera Norte* (2009) opera um sistema com 10 trechos (aproximadamente 40 quilômetros de extensão total) no qual são cobradas tarifas de acordo com o tipo de veículo, nível de congestionamento e extensão do trecho. Os veículos, são divididos em 3 categorias: automóveis, motos e utilitários; ônibus e caminhões com até 4 eixos e caminhões com mais de 4 eixos. Com relação ao nível de congestionamentos, a cobrança também é feita em 3 níveis: Tarifa Base Fora do Pico, Tarifa no Pico e Tarifa no Fluxo Saturado. A Figura 2 mostra um exemplo de como é a distribuição da cobrança diferenciada pelo horário em um trecho qualquer:



Figura 2. Exemplo de Horários Diferenciados de Cobrança na *Costanera Norte*
Fonte: Concessionária *Costanera Norte* (2009)

Conforme pode ser observado na Figura 2, no trecho *La Dehesa - Gran Vía* (Leste - Oeste), entre 7h30min e 8h30min e entre 13h e 14h vigora a tarifa para um fluxo saturado, a tarifa de pico é cobrada entre 7h e 7h30min, entre 8h30min e 10h, entre 12h e 13h e entre 14h e 15h. No resto do dia é cobrada a tarifa base fora do pico.

2.1.3 Cordão de Preços e Cobrança por Área

Como visto anteriormente, o cordão de preços e a cobrança por área têm funcionamento semelhante, se diferenciando apenas pela definição do valor da tarifa: enquanto o cordão de preços tem um valor único para o tráfego na área delimitada, a cobrança por área apresenta valores diferenciados de acordo com a quilometragem percorrida dentro da região tarifada. Para registrar o valor a ser pago, os veículos são equipados com *tags*, e são instalados pórticos para leitura na entrada e saída da região tarifada e câmeras de vídeo. Alguns países europeus utilizam sistemas mais sofisticados com o auxílio do Sistema de Posicionamento Global (*Global Positioning System - GPS*) para coletar as tarifas de caminhões. No entanto, os custos são elevados (€ 500 por veículo na Alemanha) devido aos serviços adicionais fornecidos pelo sistema, como a navegação de veículos e gestão de frotas comerciais (FHWA, 2008).

A grande maioria dos sistemas pesquisados possui as mesmas formas de cobrança e, sendo assim, nos exemplos citados a seguir foi dado um foco maior na implantação, funcionamento e nos resultados, sempre que estes foram divulgados.

As três principais cidades norueguesas – Bergen, Oslo e Trondheim – implantaram sistemas de cobrança que não tinham explicitamente a intenção de reduzir os congestionamentos. Seu principal objetivo era a arrecadação de recursos para melhorias na infraestrutura urbana dessas cidades (Waersted, 2005). No entanto, os congestionamentos sofreram uma redução, principalmente em Oslo, já que a aplicação da tarifa funcionou como um desincentivo à utilização do transporte individual. No início grande parte da opinião pública (72%) mostrou-

se oposta ao sistema de cobrança, mas esse número caiu para 48% apenas dois meses após sua introdução. Até 1996, 36% da população ainda era contra o imposto. Apesar desse índice de rejeição, os resultados imediatos foram sensíveis: redução de 10% do tráfego no horário de *rush* (FHWA, 2006; Câmara & Macedo, 2005). As receitas desses sistemas custearam melhoramentos em vias públicas e, principalmente, possibilitaram a construção de vias perimetrais para reduzir os congestionamentos nas áreas centrais. Fato considerado extremamente positivo, visto que, a gestão da demanda com a tarifação não era o objetivo inicial da implantação do sistema que, atualmente, também financia projetos ambientais.

No início dos anos 90, Cambridge, na Inglaterra, implantou um regime que consistia na cobrança de tarifas que variavam em tempo real com o nível de congestionamentos. A geração dos valores a serem pagos era feita a partir de dispositivos que foram ligados aos odômetros dos veículos. Esses dispositivos registravam a distância percorrida abaixo da velocidade de fluxo livre ou em regimes de aceleração e desaceleração, o que indicava uma situação de fluxo congestionado. A proposta não ganhou o apoio público e político necessário devido à imprevisibilidade e a natureza complexa das tarifas (Small e Gomez-Ibañez, 1998).

Londres talvez possua o sistema de Tarifação de Congestionamentos mais bem sucedido que se tem conhecimento. Desde 2003 existe a cobrança de tarifas (atualmente £ 8, cerca de R\$ 18,75) para automóveis particulares trafegarem dentro da área central da cidade (TfL, 2009). O não pagamento da tarifa resulta em multas que variam de £ 100 (R\$ 234) a £ 175 (R\$ 410). A cidade acabou beneficiada com a melhoria da qualidade do transporte público e serviços de táxi. A aceitação do público cresceu e encontrou apoio na idéia de expansão do programa para outras partes de Londres e outras cidades do Reino Unido (Livingstone, 2005). O prefeito de Londres propôs a extensão da zona mais a oeste do cordão em 2007 para abranger uma das áreas mais congestionadas da cidade, incluindo Kensington, Chelsea e Westminster. Esta recomendação foi feita mesmo contando com o apoio de apenas 24% dos usuários dessa região. Na ocasião, havia a idéia de aumentar a zona do cordão central de Londres em mais de 5 km² (70% do tamanho inicial) e que houvesse uma redução entre 15 e 22% do tráfego em toda a área. A idéia foi aceita e atualmente o sistema opera entre 7h e 18h, de segunda à sexta-feira sem tarifação em fins-de-semana, feriados e entre o Natal e o Ano Novo (TfL, 2009).

Estocolmo, capital da Suécia, contou com a participação da sociedade na implantação da tarifação: em 2006 o sistema operou em caráter experimental e através de um referendo se procurou saber a aprovação da população à nova cobrança. Com o resultado positivo, a medida foi implementada em caráter definitivo no início de 2007. Em seu primeiro ano de funcionamento o sistema obteve resultados expressivos, como a redução do tráfego dentro da área tarifada em 20% e no restante da cidade em 15%. Também proporcionou à cidade benefícios econômicos e sociais como a economia de tempo, mudança de modo de transporte, redução dos índices de CO₂, melhoria da qualidade do ar e redução de acidentes (SRA, 2006).

De acordo com a *Agenzia Milanese Mobilità Ambiente* (AMA, 2009), sob o nome de *Ecopass*, no ano de 2008 foi implantado um novo regime de precificação na cidade de Milão, na Itália. Como o próprio nome sugere, o aspecto ambiental foi preponderante na implantação do sistema. Inicialmente era esperada uma redução de 10% no tráfego de veículos e principalmente uma redução de 30% nas emissões de poluentes. A tarifa, no valor de € 10 (aproximadamente R\$ 23), é aplicada em uma área de 8 km² e apenas no primeiro ano de funcionamento o sistema proporcionou uma redução de 37% no nível de emissões e 14% no número de veículos que trafegam pela área tarifada. Um objetivo secundário foi a geração de receitas para o financiamento de programas de mobilidade sustentável. No entanto, no

primeiro ano foram gerados apenas € 12 Milhões, metade do esperado e as despesas operacionais representaram mais da metade desse valor: € 6,5 Milhões (Lemoine, 2009).

Singapura introduziu seu primeiro regime de cobrança em vias urbanas em 1975 em uma tentativa de controlar os níveis de tráfego dentro da cidade. O sistema inicial era manual e era necessário que os condutores de automóveis comprassem uma licença para trafegar dentro de uma área restrita por US\$ 1,85 a unidade. Esta taxa subiu para US\$ 3 em 1980. Em 1989, muitas das isenções de pagamento da taxa foram removidas e as restrições de viagem foram estendidas para o período de pico da tarde. Com mais veículos incluídos no regime, a taxa diária retornou a US\$ 1,85. Em 1995, o sistema foi ampliado a algumas vias rápidas e vias locais, na tentativa de mitigar os impactos adversos experimentados nas vias locais. Em 1998 o sistema foi totalmente automatizado e a estrutura de tarifação foi alterada para uma taxa por viagem que variava de US\$ 0,31 até US\$ 1,55, dependendo da hora do dia. No início de 2006, as taxas durante semana para automóveis variavam de US\$ 0,31 até US\$ 2,15, de acordo com a hora do dia e com o tipo de via, rápida ou arterial (FHWA, 2006).

2.2 Disposição em Pagar pela Redução dos Tempos de Viagem e o Valor do Tempo

Uma das questões mais importantes no planejamento da infraestrutura de transportes é como garantir a sustentabilidade financeira de um projeto. Isso faz com que, muitas vezes, seja considerada a disponibilidade dos usuários em pagar pela sua utilização. A disposição em pagar (em inglês, *willingness-to-pay*) é a quantidade máxima que uma pessoa está disposta a pagar, sacrificar ou trocar por um bem ou serviço. Em contraposição está a disposição em aceitar o pagamento, que é a quantidade mínima que estaria disposto a receber para desistir de um bem ou serviço (Rice, MacKenzie & Associates, 1989; Wedgwood & Sansom, 2003).

Vários estudos têm sido desenvolvidos para medir a disposição dos consumidores em pagar por um bem ou serviço. Aplicados nas mais diversas áreas (transportes, saúde, educação etc.), estes métodos consideram situações reais ou hipotéticas e medem a disposição em pagar direta ou indiretamente por um benefício. Ortúzar *et al.* (2000) abordaram em seu trabalho a disposição dos indivíduos em pagar pelas externalidades dos transportes na cidade de Santiago, no Chile, em duas situações: pela redução da mortalidade devido à poluição ambiental e risco de mortes em acidentes rodoviários. Os autores concluíram que o valor estatístico da vida humana seria de US\$ 308 mil, valor 5 vezes maior do que o calculado por outras abordagens mais tradicionais (Capital Humano) e citadas no mesmo estudo, que é de US\$ 61 mil. Esse tipo de estudo é importante para justificar a alocação de recursos para determinada área, nesse caso, medidas de segurança e programas ambientais.

Estudos sobre transportes, principalmente na área de gestão de infraestruturas, consideram cada vez mais a abordagem da disponibilidade em pagar. O foco deste trabalho (Tarifa de Congestionamentos) depende em parte da vontade dos motoristas em reduzir seu tempo de viagem. Um exemplo desta situação é um estudo feito em San Diego, nos Estados Unidos: usando dados de uma pesquisa de preferência revelada, feita com usuários de uma via com Tarifa de Congestionamentos, estimou-se que os usuários estariam dispostos a pagar um valor médio de US\$ 30 por hora de redução nas suas viagens (Brownstone *et al.*, 2002).

Como se sabe, o tempo é um recurso não renovável e os congestionamentos são grandes responsáveis pelo seu desperdício no trânsito. O tempo perdido pelos indivíduos poderia ser dedicado a outras atividades, como aumentar sua renda ou atividades de lazer. Economizar tempos de deslocamentos é um dos principais objetivos no planejamento de transportes. Cada

indivíduo tem um valor para seu tempo, que está associado à sua capacidade de produzir algo ou gerar renda para a sociedade. Um exemplo da importância do cálculo deste parâmetro é que, muitas vezes, o valor do tempo dos usuários de automóveis é tido como mais alto do que os de transportes públicos. Isso se deve ao fato de que muitos custos não são considerados nos cálculos, fazendo com que existam maiores investimentos em vias para automóveis em detrimento dos transportes públicos (IPEA, 1998).

Em países desenvolvidos, abordagens convencionais de cálculo do valor do tempo consideram que a maioria das pessoas trabalha em empregos “formais” e que suas viagens são divididas em duas categorias: viagens a trabalho e viagens por outros motivos (ITT, 2002). Para as viagens a trabalho o valor da economia de tempo é calculado diretamente com base na renda do indivíduo enquanto que o valor das demais economias de tempo está relacionado à disponibilidade desse indivíduo em pagar para trocar o tempo excedente gasto no deslocamento por outras atividades que ele considera mais importantes. Gwillian (1997) coloca que as pesquisas de Preferência Revelada e Declarada são eficientes métodos de identificação desses comportamentos individuais. A primeira é a que melhor estima o comportamento de escolha real de cada indivíduo, porém, além de ter um custo mais alto de aplicação, fornece apenas dados claros sobre a alternativa escolhida e não sobre a alternativa rejeitada. As pesquisas de PD têm menos despesas e maior clareza nos resultados por possibilitar uma grande variedade de cenários e trocas (*trade-offs*). Alguns estudos combinam os dois tipos de pesquisa na obtenção de dados para elaboração de modelos discretos de escolha (Tseng & Verhoef, 2008).

No Brasil, um método simplificado para o cálculo do valor do tempo que considera apenas viagens a trabalho está descrito na Equação 1 (EBTU, 1986 *apud* IPEA, 1998).

$$CT = RSM \times ES \times FA \times HP / NH \quad (1)$$

em que *CT* : Valor da Hora (R\$/hora);
RSM : Renda Média dos Habitantes;
ES : Encargos Sociais;
FA : 0,3 (possibilidade de uso alternativo em quantidade útil de tempo);
HP : Percentual de uso produtivo do tempo (Percentual de viagens a trabalho + Percentual de viagens casa-trabalho x 0,75). Caso não disponível, usar 0,5;
NH : número de horas de trabalho por mês.

Utilizando a variável Renda Média dos Habitantes, este método procura evitar discrepâncias na destinação de recursos, pois não diferencia usuários de transporte público e de automóveis. Inúmeros estudos na área de transportes abordam o parâmetro valor do tempo. Sua utilização encontra justificativa em dois pontos: avaliações econômicas de projetos de transportes e estudos que envolvem previsões de escolha modal ou de rotas. A avaliação econômica está relacionada aos benefícios sociais decorrentes da economia de tempo de viagem. Em alguns casos estima-se que mais de 80% dos benefícios de um projeto de transportes se originam de economias de tempo (Heggie, 1983; Bates & Roberts, 1986; Mackie *et al.*, 2002; Ortúzar & Willumsen, 2001 *apud* Brito & Strambi, 2007).

3 MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa realizada para elaboração deste trabalho buscou obter parâmetros ou indicadores da situação atual do tráfego na rodovia em estudo a partir da perspectiva dos usuários de automóveis. Nesse contexto, foram analisados dados como a frequência com que esses

usuários utilizam a rodovia, frequência com que enfrentam congestionamentos e algumas características das viagens como as distâncias, tempos, motivos e horários de saída e retorno. Além disso, puderam ser obtidos dados sobre o aumento do tempo de percurso decorrente dos congestionamentos e a percepção dos usuários em relação ao valor do seu tempo e sua disposição em pagar, ou não, algum valor para reduzir ou eliminar esse tempo.

Cabe salientar aqui que, este trabalho teve um caráter estritamente exploratório para embasamento e obtenção de dados para futuras pesquisas envolvendo a mesma rodovia e usuários. Segundo Malhotra (2001), quando se tem pouco conhecimento a respeito da situação-problema, esse tipo de pesquisa é adequada para identificar com maior precisão as alternativas que podem surgir durante a pesquisa e obter variáveis-chave para o processo.

Gil (2008) diz também que a pesquisa exploratória envolve levantamento bibliográfico e entrevistas com pessoas que tiveram (ou tem) experiências práticas com o problema pesquisado. Além da revisão bibliográfica, para elaboração desta pesquisa, aplicou-se um questionário (individual e *online*). O tamanho da amostra (não-probabilística, por se tratar apenas de indivíduos que atendiam o critério de entrada e eram de fácil acesso) coletada foi de 50 pessoas, sendo o suficiente para pesquisas desse tipo.

A seguir são apresentadas maiores informações sobre a pesquisa como o cenário de estudo, a coleta, o registro e o tratamento dos dados levantados.

3.1 Cenário

O cenário de estudo é a rodovia federal BR-116, no trecho entre os municípios de Porto Alegre e Novo Hamburgo no estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 3).

A rodovia BR-116 atravessa os principais pólos de desenvolvimento industrial do Estado e, de acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2008), o volume de tráfego diário, atinge 130.000 veículos na região metropolitana de Porto Alegre, referente às duas pistas da BR-116, da Avenida Getúlio Vargas e da Avenida Guilherme Schell.



Figura 3. Localização e Configuração do Trecho Pesquisado

Fonte. Elaborada pelo Autor

Segundo contagens volumétricas feitas em 2007 e obtidas junto à Empresa Matricial Engenharia Consultiva, de Porto Alegre, se consideradas apenas as pistas da rodovia (excluindo os veículos que trafegam pelas avenidas Guilherme Schell e Getúlio Vargas), entre 6h e 22h, passam aproximadamente 95.000 veículos pela Seção mais carregada da rodovia, nas proximidades do acesso à Porto Alegre (56% no sentido interior - capital), valor que corresponde a quase 6.000 veículos por hora. Na Tabela 1 está a distribuição do tráfego de acordo com a classe do veículo:

Tabela 1: Distribuição do Tráfego na BR-116

Tipo de Veículo	Sentido	
	Norte – Sul	Sul - Norte
Automóvel	87,2%	83,9%
Caminhão	11,8%	15,1%
Ônibus	1%	1%

Como o foco do estudo eram os usuários de automóveis, os ônibus e caminhões, apesar de terem boa representatividade no tráfego, não foram considerados na pesquisa.

Com relação à distribuição ao longo dia, a Figura 4 traz os volumes de tráfego atuais na seção mais carregada da rodovia. O ponto que apresenta o maior volume de veículos localiza-se próximo ao acesso à cidade de Porto Alegre no limite com o município de Canoas. Os valores do referem-se ao total de veículos que passam pela seção, isto é, no sentido norte-sul e sul-norte.

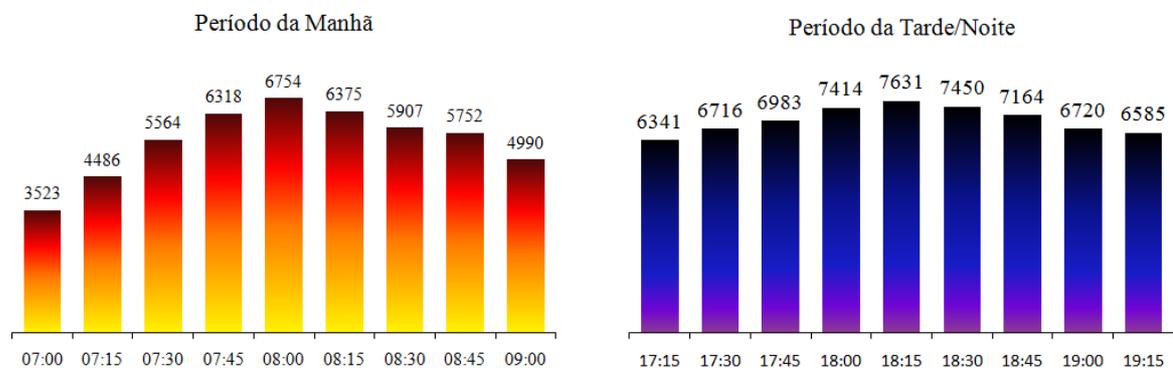


Figura 4. Distribuição Horária do Tráfego na BR-116

Fonte. Elaborada pelo Autor a partir de dados de contagem

3.2 Coleta de dados

A coleta dos dados foi feita através de um questionário contendo 10 perguntas que tinham o objetivo de obter informações sobre o comportamento dos usuários da BR-116. Principalmente, dados sobre a frequência com que os usuários trafegam na rodovia, principais motivos de deslocamentos, experiência desses usuários com os congestionamentos na rodovia e a disponibilidade que teriam em pagar para reduzir seus tempos de deslocamento. O questionário completo está descrito na Tabela 2.

Tabela 2: Questionário Aplicado
Pesquisa Com Usuários da Rodovia BR-116

Parte A

1. Com que frequência na semana você utiliza a rodovia BR-116?
() 1 vez () 2 vezes () 3 vezes () 4 vezes () 5 vezes () Eventualmente

2. Qual o principal motivo do seu deslocamento?
() Trabalho () Estudo () Outros (Saúde, Compras, Lazer etc.)

3. Qual a origem e o destino do seu deslocamento? E qual o tempo aproximado que você leva para fazê-lo?

4. Com que frequência você tem problemas com congestionamentos?
() Nunca () Algumas Vezes () Sempre

5. Em que horário, normalmente, você trafega pela rodovia BR-116?
Manhã: ___ h ___ min. Tarde/Noite: ___ h ___ min.

6. Você já deve ter experimentado fazer o mesmo deslocamento em horários em que a rodovia não está congestionada, isto é, você tem idéia de quanto tempo economizaria se a rodovia não estivesse congestionada. Aproximadamente, qual seria esse tempo?
() 10 min. () 15 min. () 20 min. () 30 min. () mais de 30 min.

7. Você poderia adiantar ou atrasar seu horário de saída pela manhã?
() Sim, alguns minutos antes. () Sim, alguns minutos antes ou depois.
() Sim, alguns minutos depois. () Não. Porque _____.

8. Você poderia adiantar ou atrasar seu horário de saída à tarde/noite?
() Sim, alguns minutos antes. () Sim, alguns minutos antes ou depois.
() Sim, alguns minutos depois. () Não. Porque _____.

Parte B

Com base na sua experiência com os congestionamentos na BR-116, responda:

9. Qual seria o maior valor que você estaria disposto a pagar em cada viagem para reduzir em 1/4 (25%) o tempo que você declarou perder no congestionamento?

10. E para eliminar esse tempo excedente, isto é, trafegar em uma rodovia sem congestionamentos, qual seria o maior valor que estaria disposto a pagar em cada viagem?

Esse questionário foi enviado a pessoas previamente selecionadas por serem usuárias da rodovia e, a princípio, a única restrição era que fossem usuárias de automóveis. Isso se justificou pelo fato de que o sistema de tarifação em estudo visa proporcionar uma melhor distribuição da demanda existente na infraestrutura e, portanto, não seria interessante trazer de volta ao fluxo aqueles que atualmente utilizam o transporte público (ou outro modo) para evitar os constantes congestionamentos na rodovia.

3.3 Registro e Tratamento dos Dados

O questionário descrito no item anterior foi elaborado através de uma ferramenta de pesquisa online (SurveyMonkey) disponibilizada na internet e enviado às pessoas selecionadas. A própria ferramenta fez o registro de todas as respostas dadas.

Como o principal objetivo da pesquisa era a obtenção de indicadores da situação atual da rodovia (e não o de fazer uma modelagem mais avançada) os dados foram lançados e tabulados apenas em planilhas eletrônicas, sem a utilização de softwares avançados de

análise. A partir desta etapa, através de análises estatísticas descritivas (Silvestre, 2007), foi possível a elaboração de gráficos e tabelas que sintetizassem as respostas dos questionários. A próxima Seção traz os resultados obtidos com a pesquisa e também comentários e discussões.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme referido inicialmente, o objetivo deste trabalho foi a obtenção de indicadores sobre a atual situação do tráfego na rodovia BR-116 baseados em 3 principais atributos: (i) o horário de saída/retorno de cada usuário, onde se procurou saber qual seria sua flexibilidade à mudança de horário; (ii) tempo total de deslocamento, que inclui o tempo normal de percurso e o tempo acrescido pelos congestionamentos e (iii) o valor do tempo excedente, ou seja, quanto os usuários estariam dispostos a pagar para reduzir ou eliminar esse tempo.

Nesse contexto, foram analisados dados como a frequência com que esses usuários utilizam a rodovia, frequência com que enfrentam congestionamentos e algumas características das viagens como as distâncias, tempos, motivos e horários de saída e retorno.

O primeiro dado extraído foi a frequência de utilização da rodovia: 60% dos usuários (Figura 4) declararam trafegar entre 3 e 5 vezes por semana sendo que, do total de pesquisados, exatamente a metade declarou utilizar a rodovia diariamente no seu trajeto. Esses “viajantes habituais” seriam os mais atingidos pelo sistema de precificação estudado, pois ao mesmo tempo em que teriam que mudar seus hábitos diários ou arcar com as maiores despesas, já que trafegam diariamente pela rodovia, também seriam os que mais se beneficiariam com a redução do tempo diário excedente, devido à melhor distribuição da demanda.

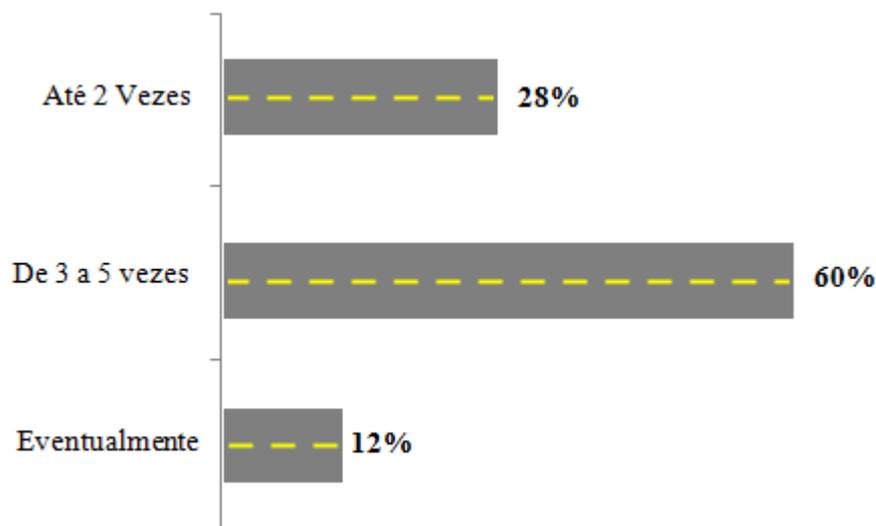


Figura 5. Frequência Semanal de Uso da Rodovia pelos Entrevistados

Fonte: Elaborada pelo Autor

Com relação aos motivos das viagens, por se tratar de um eixo de ligação entre a capital e uma parte da sua região atravessando diversos municípios, a rodovia BR-116 tem predominantemente em seu tráfego pessoas que viajam a trabalho. Esse dado é importante por diversos fatores: o motivo da viagem na maioria das vezes está intimamente relacionado com o valor do tempo do usuário e com sua disposição em pagar para reduzir excessos de tempo no seu deslocamento. Teoricamente as viagens a trabalho teriam maior valor do que as outras. No entanto, conforme Mackie *et al.* (2001), os indivíduos buscam o equilíbrio entre o valor de

seu tempo trabalhando e atividades de lazer. Sendo assim, não se pode afirmar inicialmente que uma viagem a trabalho tem maior valor do que a viagem de um estudante que tem uma avaliação importante ou um indivíduo que se desloca para fazer um tratamento de saúde em outro município. A Figura 5 apresenta a distribuição entre os motivos trabalho, estudos e outros (saúde, compras, lazer etc.) e mais adiante os valores desses tempos serão discutidos.

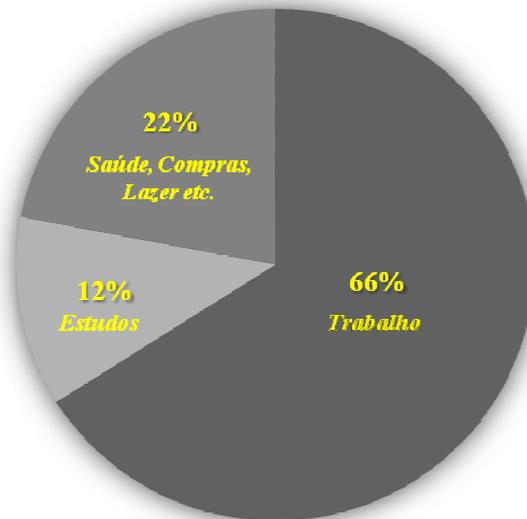


Figura 6. Motivo dos Deslocamentos

Fonte: Elaborada pelo Autor

Sobre a origem e o destino dos deslocamentos, além das distâncias percorridas, buscou-se saber se os usuários têm a correta percepção do tempo que é acrescido à sua viagem devido aos congestionamentos. Através de ferramentas simples de roteirização (*GoogleMaps*, *MapLink* etc.) os dados informados pelos usuários foram aferidos com os dados estimados por essas ferramentas. Foi encontrado que os usuários andam em média 30 quilômetros em cada viagem. A distribuição percentual dessas distâncias é apresentada na Figura 6:

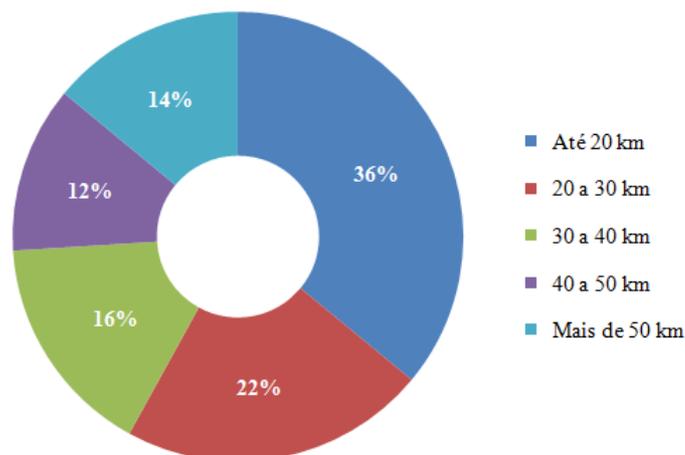


Figura 7. Distâncias Percorridas em Cada Viagem

Fonte: Elaborada pelo Autor

O tempo total de viagem médio encontrado na pesquisa foi de 61 minutos, sendo que o tempo médio que os usuários declararam perder com os congestionamentos foi de 25 minutos em cada viagem. Valores coerentes com os valores encontrados para um fluxo descongestionado utilizando as ferramentas de roteirização citadas anteriormente. Considerando que o tempo de deslocamento refere-se a cada viagem, isto é, ida ou volta, os usuários da BR-116 perdem em média 50 minutos por dia devido aos congestionamentos. Fazendo um cálculo simples e utilizando uma jornada de trabalho de 8 horas por dia, se conclui que, em média, 25 dias de trabalho são perdidos anualmente com congestionamentos no trecho pesquisado da BR-116.

Com relação à frequência com que enfrentam problemas com congestionamentos, apenas 2% dos entrevistados afirmaram nunca ter experimentado essa situação e 62% dos usuários declararam sempre trafegar pela rodovia congestionada. Sobre esses deslocamentos, em situação congestionada ou não, foi perguntado em que horário ele é feito normalmente. As Figuras 7(a) e (b) mostram a distribuição para os períodos da manhã e da tarde/noite:

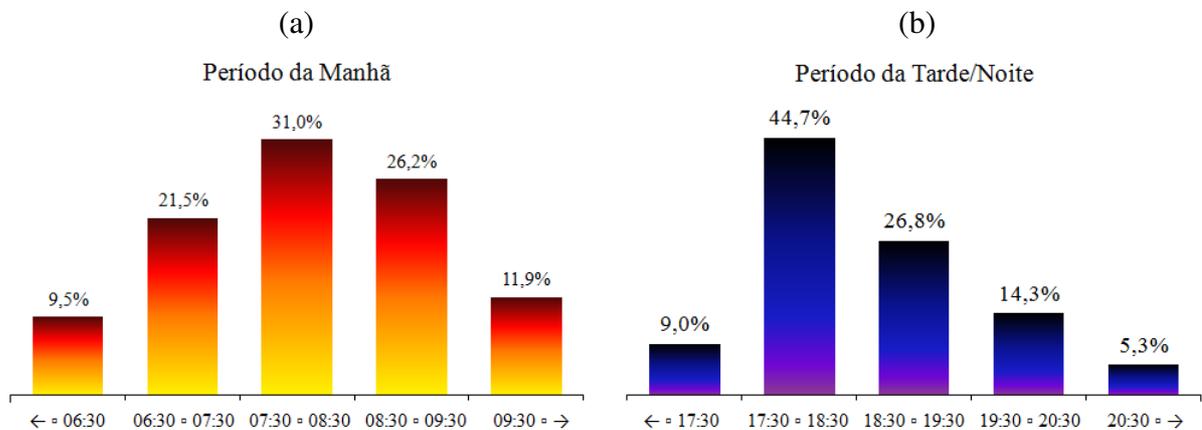


Figura 8. Pico no Período da Manhã (a) e Pico no Período da Tarde/Noite (b)

Fonte: Elaborada pelo Autor

Esses resultados se referem somente aos usuários que utilizam a rodovia nos dois períodos já que, do total de entrevistados, 13% declarou não utilizar a rodovia pela manhã e 2% não utiliza a rodovia à tarde/noite.

Com relação ao horário de saída, foi questionado ao usuário se seria possível sair alguns minutos antes ou depois do habitual, pela manhã ou à tarde/noite. Caso respondesse que não mudaria seu horário, foi solicitado que colocasse o motivo da sua negativa. Os resultados desse questionamento estão descritos na Tabela 3:

Tabela 3: Mudança de Horário de Saída

Opção	Período	
	Manhã	Tarde/Noite
Não Mudaria	26%	28%
Sim, alguns minutos ANTES	32%	10%
Sim, alguns minutos DEPOIS	8%	28%
Sim, alguns minutos ANTES ou DEPOIS	34%	34%

Os motivos para não fazer a troca de horário são variados: filhos na escola, não enfrentar congestionamentos ainda piores do que já enfrentam etc. No entanto, a principal justificativa foi em relação ao trabalho. Dos que disseram não poder alterar seu horário de saída 80% apontaram seus compromissos profissionais como impedimento. Pela manhã, os usuários não querem sair antes para não chegar muito cedo ao seu trabalho e sair depois do horário habitual não é possível, pois chegariam atrasados. À tarde/noite os motivos se invertem: sair antes não é possível por que devem cumprir seu horário no trabalho e sair depois significa chegar muito tarde em casa ou atrasar outros compromissos como estudos ou lazer.

Por fim, foi questionado aos usuários qual seria o maior valor de tarifa que estariam dispostos a pagar para eliminar o tempo excedente no seu deslocamento diário devido aos congestionamentos. Foi ressaltado que o valor corresponderia a cada viagem, de ida ou de volta. Ao contrário das outras questões, nas quais foram colocadas opções de resposta, essa questão foi deixada totalmente em aberto para que os usuários colocassem o valor que considerassem mais justo. Os valores variaram entre zero (usuários que não admitem pagar nenhuma tarifa) e R\$ 15 por viagem. O valor médio encontrado foi de R\$ 3,05 por viagem. Considerando que, em média, o tempo excedente em cada viagem é de 25 minutos, pode-se dizer que os usuários da rodovia estariam dispostos a pagar R\$ 0,12 por minuto economizado em seus deslocamentos ou R\$ 0,10 por quilômetro de deslocamento.

Relacionando os valores de tarifa com os motivos dos deslocamentos chegou-se a conclusão de que as viagens com motivo trabalho e estudo teriam, de acordo com os usuários pesquisados, o mesmo valor: R\$ 0,11 por minuto. Já as viagens por outros motivos (saúde, lazer, compras etc.) seriam as mais valorizadas: os usuários declararam estarem dispostos a pagar, em média, um valor de R\$ 0,18 por minuto economizado nos seus deslocamentos. Pôde-se calcular também a diferença de valores entre os usuários que moram e os que têm suas atividades em Porto Alegre: os usuários que moram na capital e utilizam a rodovia para seus deslocamentos até outros municípios estão dispostos a pagar em média R\$ 0,18 por minuto economizado, enquanto os que têm seus compromissos em Porto Alegre e moram no interior pagariam em média R\$ 0,10 para cada minuto de economia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Avaliando o cenário atual do tráfego na BR-116, a primeira constatação que se faz é com relação às velocidades médias operacionais na rodovia: atualmente os motoristas têm sua velocidade média reduzida em mais de 40% devido aos congestionamentos. Essa situação é reflexo da saturação da via que, em alguns horários, para operar a um Nível de Serviço “C” (fluxo estável, mas com algumas interrupções) deveria ter uma redução de mais de 50% em seu tráfego TRB (2000). Os níveis atuais de congestionamentos aliados à tendência de crescimento do tráfego demonstram a necessidade de ações que garantam a manutenção da capacidade em níveis satisfatórios.

Com relação ao horário de saída/retorno, os usuários demonstraram ser flexíveis à mudança: mais de 70% das pessoas entrevistadas afirmaram poder alterar em alguns minutos seus hábitos atuais. Fator considerado positivo já que, se uma parcela do tráfego puder ser deslocada para horários distantes do horário de pico, o sistema de tarifação poderia diluir a demanda ao longo do dia.

Outro importante aspecto relacionado ao sistema de tarifação são os tempos excedentes nos deslocamentos. Naturalmente, altos níveis de congestionamentos provocam os maiores

desperdícios ou excesso de tempo nas viagens. Logo, considerando que a tarifa está diretamente relacionada à esses tempos, é fundamental se conhecer dados como as distâncias percorridas pelos usuários da infraestrutura e aumento dos tempos de viagens provocados pelos congestionamentos.

Sobre valores de tempo, de acordo com a amostra da pesquisa, há uma disposição entre os usuários em pagar um valor médio de R\$ 7,20 por hora economizada nos seus deslocamentos. Os valores médios oscilam entre R\$ 6,00/hora, para os usuários que trabalham em Porto Alegre, e R\$ 10,80/hora para os que moram em Porto Alegre e trabalham em outros municípios. Apenas como comparação, Brownstone *et al.* (2002) concluíram, através de uma pesquisa com usuários de uma via com tarifa de congestionamentos em San Diego, Estados Unidos, que os usuários estariam dispostos em pagar US\$ 30 por hora de redução nas suas viagens. No Brasil, Brito & Strambi (2007) chegaram a valores que variam entre R\$ 11,31 e R\$ 23,93 por hora de redução nos tempos de motoristas de automóvel em deslocamentos rodoviários no estado de São Paulo.

Por fim, conforme ressaltado ao longo do texto, o principal objetivo deste estudo, que era a obtenção de um panorama da situação atual em que se encontra a rodovia, foi alcançado. A partir de indicadores qualitativos e quantitativos obtidos, e utilizando a BR-116 como cenário, pretende-se futuramente elaborar um estudo sobre um sistema de tarifação de congestionamentos nesta rodovia. Estudo no qual relações entre níveis de congestionamento, valores de tempo dos usuários, valores de tarifa e elasticidade da demanda poderão ser obtidos.

REFERÊNCIAS

- Agenzia Milanese Mobilità Ambiente - AMA (2009) Monitoraggio Ecopass Gennaio - Dicembre 2008, Comune di Milano. Milão, Itália. 2009. Disponível em: http://www.comune.milano.it/dserver/ecopass/report/Monitoraggio_Ecopass_12Mesi.pdf Acesso em: 22 Set. 2010.
- American Association of State Highway and Transportation Officials – ASSHTO (2010) Transportation Reboot: Restarting America's Most Essential Operating System - The Case for Capacity: To Unlock Gridlock, Generate Jobs, Deliver Freight, and Connect Communities. Abril, 2010. Disponível em: http://expandingcapacity.transportation.org/Unlocking_Gridlock_0410.pdf Acesso em: 10 Jul. 2010.
- Asia-Pacific Environmental Innovation Strategies - APEIS (1996). Introduction of Traffic Congestion Pricing in Seoul, Korea. Institute for Global Environmental Strategies, Japão. Disponível em: <http://www.iges.or.jp/APEIS/RISPO/inventory/db/pdf/0056.pdf> Acesso em: 23 Mar. 2010.
- Brito, A. N. ; Strambi, O. (2007) Análise de Características Relacionadas à Variação do Valor do Tempo de Viagem de Motoristas Usando Técnicas de Preferência Declarada. Transportes (Rio de Janeiro), v. 15, p. 50-57, 2007. Disponível em: <http://www.revistatransportes.org.br/index.php/anpet/article/view/47> Acesso em: 10 Set. 2010.
- Brownstone, D., Ghosh, A., Golob, T. F., Kazimi, C., Amelsfort, D. V. (2002) Drivers Willingness-to-Pay to Reduce Travel Time: Evidence from the San Diego I-15 Congestion Pricing Project. Institute of Transportation Studies University of California, Irvine. EUA. Transportation Research Part A: Policy and Practice Volume 37, Issue 4, May 2003, Pages 373-387 Disponível em: <http://www.its.uci.edu/its/publications/papers/ITS/UCI-ITS-WP-02-3.pdf> Acesso em: 8 Ago. 2010.
- Câmara, P., Macedo, L. V. (2007) Restrição Veicular e Qualidade de Vida: O Pedágio Urbano em Londres e o “Rodízio” em São Paulo. Governos Locais pela Sustentabilidade. São Paulo, 2005.
- Concessionária Costanera Norte (2009) Sociedad Concesionaria Costanera Norte S.A. - Site Institucional, Chile. 2009. Disponível em <http://www.costaneranorte.cl/> Acesso em: 16 Dez. 2009
- Confederação Nacional de Transporte – CNT e Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos da Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPEAD/UFRJ (2002) O Caminho para o Transporte no Brasil. Rio de Janeiro, 2002.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2008) Programa BR-116 Via Expressa e Rodovia do Parque. Superintendência Regional no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

- Eliasson, J., Lundberg, M. (2002) Road Pricing in Urban Areas. Swedish National Road Administration and T&E. Suécia, 2002. Disponível em: <http://www.transport-pricing.net/download/swedishreport.pdf> Acesso em: 12 Out. 2010.
- Federal Highway Administration - FHWA (2006). International Urban Road Pricing: Issues and Options for Increasing the Use of Tolling and Pricing to Finance Transportation Improvements. Washington, EUA. 2006. Disponível em: <http://www.ncppp.org/resources/papers/tollissuesreport606.pdf> Acesso em: 28 Ago. 2010.
- _____. (2008). Congestion Pricing - A Primer: Overview. Washington, EUA. 2008. Disponível em: <http://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop08039/fhwahop08039.pdf> Acesso em: 20 Out. 2009.
- Gil, A. C. (2008) Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 6ª. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- Gwilliam, K. M. (1997) The Value of Time In Economic Evaluation of Transport Projects: Lessons from Recent Research. World Bank, Washington DC, EUA. Disponível em: <http://siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/336291-1119275973157/td-ot5.pdf> Acesso em: 17 Set. 2010.
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada: Associação Nacional de Transportes Públicos – IPEA (1998) Redução das deseconomias urbanas com a melhoria do transporte público: relatório síntese. São Paulo: IPEA, 1998.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010) Contas Nacionais Trimestrais. Fascículo Indicadores IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/pib/defaultcnt.shtm> Acesso em: 10 Dez. 2010.
- IT Transport - ITT (2001) The Value of Time in Least Developed Countries: Final Report. Ardington, Inglaterra. Disponível em: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_policy/---invest/documents/publication/wcms_asist_8338.pdf Acesso em: 4 Ago. 2010.
- Lacerda, S. M. (2006) Precificação de Congestionamento e Transporte Coletivo Urbano. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES, Setorial, Rio de Janeiro, nº. 23, p. 85-100, Mar. 2006. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnse/t/set2303.pdf Acesso em: 4 Jul. 2010.
- Lemoine, C. (2009) Urban Pricing in Paris: Lessons To Be Learned From Abroad. Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région d'Île-de-France. Disponível em: <http://etcproceedings.org/paper/urban-pricing-in-paris-lessons-to-be-learned-from-abroad> Acesso em: 12 Jun. 2010.
- Livingstone, K. (2005) Statement by the Mayor Concerning His Decision to Confirm the Variation Order for the Western Extension of the Central London Congestion Charging Zone with Modifications. Londres, Reino Unido. 2005. Disponível em: <http://www.london.gov.uk/mayor/congest/docs/mayor-statement-092005.pdf> Acesso em: 7 Set. 2010.
- Mackie, P.J., Jara-Díaz, S.R., Fowkes, A.S. (2001) The Value of Travel Savings in Evaluation. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review Volume 37, Issues 2-3, April-July 2001, Pages 91-106. Disponível em: <http://www.cec.uchile.cl/~dicedet/sjara/The%20Value%20of.pdf> Acesso em: 12 Jul. 2010.
- Malhotra, N. K. (2001) Pesquisa de Marketing: uma Orientação Aplicada. 4ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- Ortúzar, J. D., Cifuentes, L. A., Williams, H. C. W. L. (2000) Application of Willingness-to-Pay Methods to Value Transport Externalities in Less Developed Countries. Environment and Planning A, London, vol. 32(11), pages 2007-2018. Disponível em: <http://ideas.repec.org/a/pio/envira/v32y2000i11p2007-2018.html> Acesso em: 13 Mai. 2010.
- Rice, D. P., MacKenzie, E. J., & Associates (1998) Cost of Injury in the United States: A Report to Congress. San Francisco, CA: Institute for Health & Aging, University of California and Injury Prevention Center, The Johns Hopkins University, 1989. Disponível em: http://www.cdc.gov/ncipc/pub-res/cost_of_injury/intro-ch1.pdf Acesso em: 30 Set. 2010.
- Saunders, J., Lewin, K. (2005) Congestion Charging in Edinburgh - A Gestation with Complications. Seminar on Road Pricing with Emphasis on Financing, Regulation and Equity, Cancun, Mexico. April 11-13, 2005. Disponível em: <http://publications.piarc.org/ressources/documents/actes-seminaires05/c11c12-mexique05/3.3-Lewin-0405C11.pdf> Acesso em: 12 Ago. 2010.
- Schrank, D. e Lomax, T. (2009) Annual Urban Mobility Report. Texas Transportation Institute. Julho, 2009. Disponível em: <http://mobility.tamu.edu/ums/> Acesso em: 18 Ago. 2010.
- Silvestre, A. L. (2007) Análise de Dados e Estatística Descritiva. São Paulo: Editora Escolar, 2007.
- Small, K. A., Gomez-Ibanez, J. A. (1998) Road Pricing for Congestion Management: The Transition from Theory to Policy. University of California Transportation Center, Califórnia, EUA, 1998. Disponível em: <http://www.uctc.net/papers/391.pdf> Acesso em 9 Jun. 2010.

- Swedish Road Administration - SRA (2006) Trial Implementation of a Congestion Tax in Stockholm. 2006. Disponível em: <http://www.stockholmsforsoket.se/upload/Infomaterial%20VV/Booklet%20eng.pdf> Acesso em: 13 Ago. 2010.
- Texas Transportation Institute - TTI (2003) Crash Analysis of Selected High-Occupancy Vehicle Facilities in Texas: Methodology, Findings, And Recommendations. Texas, EUA. 2003. Disponível em: <http://tti.tamu.edu/documents/0-4434-1.pdf> Acesso em: 23 Jul. 2010.
- Transport for London - TfL (2009). Congestion Charging. Londres, 2009. Disponível em: <http://www.tfl.gov.uk/roadusers/congestioncharging/default.aspx> Acesso em: 23 Ago. 2010.
- Transportation Research Board - TRB (2000) Highway Capacity Manual. Transportation Research Board. Washington D.C., EUA. 2000.
- _____. (2005). Conference Proceedings 34: International Perspective on Road Pricing. Key Biscayne, Florida November, 19-22, 73-91. 2005. Disponível em: <http://www.trb.org/publications/conf/CP34roadpricing.pdf> Acesso em: 25 Jul. 2010.
- Tseng, Y. Y., Verhoef, E. T. (2008) Value of Time of Day: A Stated-Preference Study. Transportation Research Part B: Methodological Volume 42, Issues 7-8, August 2008, Pages 607-618. Disponível em: <http://dare.uvu.vu.nl/bitstream/1871/11157/1/07061.pdf> Acesso em: 21 Jul. 2010.
- Vickrey, W. (1952) Principles of Efficient Congestion Pricing Columbia University, EUA, 1992. Disponível em: <http://www.vtpi.org/vickrey.htm> Acesso em: 17 Jan. 2010.
- Waersted, K. (2005) Urban Tolling in Norway - Practical Experiences, Social and Environmental Impacts and Plans for Future Systems. PIARC Seminar on Road Pricing with emphasis on Financing, Regulation and Equity. Cancun, Mexico. Abril, 2005. Disponível em: <http://publications.piarc.org/ressources/documents/actes-seminaires05/c11c12-mexique05/2.1-Waersted-0405C11.pdf> Acesso em: 4 Ago. 2010.
- Washington State Department of Transportation - WSDoT (2009) SR-167 HOT Lanes Pilot Project, First Annual Performance Summary, May 2008 - April 2009. Washington, EUA. 2009. Disponível em: <http://www.wsdot.wa.gov/NR/rdonlyres/31FB3D24-79CC-4332-82F7-EBECEBE1CA71/0/HOTLanesAnnualReport2009.pdf> Acesso em: 23 Mar. 2010.
- Wedgwood, A., Sansom, K. (2003) Willingness-to-Pay Surveys – A Streamlined Approach: Guidance Notes for Small Town Water Services. WEDC, Loughborough University, Reino Unido. 2003. Disponível em: http://www.partnershipsforwater.net/psp/tc/TC_Tools/006T_Willingness%20to%20pay.pdf Acesso em: 27 Ago. 2010.

João Paulo Cardoso Joaquim (jpc_eng@hotmail.com)
 João Fortini Albano (albano@adufgrs.ufrgs.br)
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Transportes
 Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
 Av. Osvaldo Aranha, 99 – 5º andar – CEP 90035-190. Porto Alegre, RS, Brasil

3.3 Artigo III

**UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DA PREFERÊNCIA
DECLARADA PARA AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO
DOS USUÁRIOS DA RODOVIA BR-116
CONSIDERANDO A EXISTÊNCIA DE TARIFAS
DIFERENCIADAS DE ACORDO COM O NÍVEL DE
CONGESTIONAMENTOS**

Previsão de Envio à Revista Transportes

UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DA PREFERÊNCIA DECLARADA PARA AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DOS USUÁRIOS DA RODOVIA BR-116 CONSIDERANDO A EXISTÊNCIA DE TARIFAS DIFERENCIADAS DE ACORDO COM O NÍVEL DE CONGESTIONAMENTOS

João Paulo Cardoso Joaquim (jpc_eng@hotmail.com)
João Fortini Albano (albano@adufrgs.ufrgs.br)

RESUMO

Utilizando a técnica da Preferência Declarada, este estudo avaliou a probabilidade de usuários alterarem seu comportamento caso fosse adotado um sistema de cobrança variada em função dos níveis de congestionamentos. Utilizando como cenário a rodovia federal BR-116, entre as cidades de Porto Alegre e Novo Hamburgo, foram apresentadas aos usuários situações hipotéticas em que deveriam fazer a opção avaliando, simultaneamente, três variáveis: horário de saída, tempo de deslocamento e descontos na tarifa. Os resultados foram utilizados na calibração de um modelo *Logit Binomial* e na obtenção de uma função de utilidade linear através do *software Statistical Package for Social Sciences (SPSS)*. Após a validação do modelo obtido chegou-se à conclusão de que descontos na tarifa e economia de tempo aumentam a probabilidade dos usuários mudarem seus hábitos. Por outro lado, quanto maior a defasagem entre o horário oferecido e o de sua preferência menor a probabilidade desse usuário optar pela troca.

PALAVRAS-CHAVE: Tarifa de Congestionamentos, Preferência Declarada, Rodovia Federal BR-116.

ABSTRACT

Using Stated Preference technique, this study evaluated the likelihood of users to change their behavior if adopted a collection system varied depending on the levels of congestion. Using as a backdrop the federal highway BR-116, between the cities of Porto Alegre and Novo Hamburgo, were presented to users hypothetical situations in which they should make an optional rating considering three variables: departure time, travel time and fare discounts. The results were used to calibrate a Logit Binomial model and obtaining a linear utility function via software Statistical Package for Social Sciences (SPSS). After validation of the model obtained, concluded that the discount rate and time savings increase the likelihood that users change their habits. On the other hand, the greater the lag between the offered time and the preferred time the less likely the user choose the time change.

KEY WORDS: Congestion, Stated Preference, Federal Highway BR-116.

1. INTRODUÇÃO

Em diversos países, a falta de melhorias no transporte público e a necessidade de deslocamentos cada vez maiores, em função do espalhamento urbano, provocaram um grande aumento na posse individual de veículos. No Brasil, essas situações, aliadas ao aumento do crédito e redução nos preços de venda, têm resultado a cada ano em mais veículos nas ruas.

Aparentemente, do ponto de vista econômico e social, é uma situação animadora: as pessoas têm mais recursos, maior poder de compra e possibilidade de acesso a bens antes inatingíveis, o que é muito bom para a economia do país e para a população. Entretanto, o aumento da infraestrutura, de forma a comportar essa grande quantidade de veículos, enfrenta dois obstáculos: a falta de investimentos e a impossibilidade física de expansão, isto é, as vias não têm para onde crescer. Essa disparidade entre demanda e oferta gera os congestionamentos.

Estima-se que, considerando apenas 10 das principais capitais brasileiras, os custos associados aos congestionamentos (combustíveis, ambientais, atrasos etc.) tenham chegado a 75 bilhões de reais no ano de 2009 (equivalente a 2,4% do PIB) (CNT & COPPEAD/UFRJ, 2002). No entanto, os congestionamentos não são exclusividade da malha viária das áreas centrais de grandes cidades: atualmente, cidades menores e eixos de ligação entre capitais e suas respectivas regiões metropolitanas têm apresentado altos níveis de congestionamentos devido, principalmente, à dispersão da população e à necessidade de acesso a essas regiões.

A cada dia que passa fica mais evidente a necessidade da adoção de medidas que mudem esse panorama. Além da ênfase na melhoria dos transportes públicos, é necessário que sejam estudadas medidas para gerenciar e adequar o crescimento do volume de tráfego à capacidade viária disponível visto que, mesmo que o transporte público atinja níveis de excelência, sempre haverá quem prefira o transporte individual. Neste contexto se enquadra o *Congestion Pricing*. Apesar de existirem experiências bem sucedidas, sua implantação fracassou algumas vezes devido, principalmente, ao desconhecimento sobre as bases de sua aplicação.

Este trabalho foi elaborado com objetivo de contribuir ao avanço do estudo desta ferramenta, através da descrição e compreensão do comportamento dos usuários de uma rodovia quando se propõe um sistema de cobrança variável de tarifa de acordo com o nível de congestionamentos. A idéia foi apresentar uma situação hipotética em que haveria a cobrança nos horários em que esses usuários trafegam pela rodovia (teoricamente congestionada) e fora desses horários seriam oferecidos descontos na tarifa e a possibilidade de economizar alguns minutos nos seus deslocamentos (fora do congestionamento). Posteriormente, pôde-se verificar os efeitos que esse sistema teria no comportamento desses indivíduos.

Para que os objetivos fossem alcançados, montou-se um experimento para coleta de dados com um grupo pré-definido de usuários de automóveis que trafegam pela rodovia BR-116 pelo menos uma vez por semana. O experimento consistiu na coleta de dados através da técnica da Preferência Declarada, largamente difundida como um modo convencional de se conhecer o comportamento de pessoas quando se defrontam com um problema em que precisam decidir a respeito de diversas alternativas. Conhecer tal comportamento é fundamental na elaboração de modelos matemáticos relacionados aos problemas pesquisados.

O cenário adotado para o estudo foi a rodovia federal BR-116, no trecho localizado entre os municípios de Porto Alegre e Novo Hamburgo no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. A rodovia foi escolhida por ser um importante eixo de acesso a Porto Alegre, atravessando os principais pólos de desenvolvimento industrial do Estado, como os municípios de Vacaria, Caxias do Sul, Novo Hamburgo, São Leopoldo, Canoas, Camaquã e Pelotas. Apesar desse importante papel, alguns pontos do trecho analisado apresentam severos níveis de congestionamentos: segundo contagens obtidas junto à empresa Matricial Engenharia Consultiva, se consideradas apenas as pistas centrais da rodovia, entre 6h e 22h, passam aproximadamente 95.000 veículos pela sua Seção mais carregada (56% no sentido interior - Porto Alegre), valor que corresponde a quase 6.000 veículos por hora.

Este documento está organizado da seguinte forma: além da primeira Seção introdutória a Seção 2 traz uma breve revisão sobre as técnicas de coletas de dados utilizadas em pesquisas na área de transportes e modelos comportamentais de escolha. Na Seção 3 é descrita a metodologia utilizada na elaboração da pesquisa e na Seção 4 seus resultados com os devidos comentários a respeito. Finalmente, na Seção 5 são apresentadas as conclusões e comentários finais do trabalho.

2. TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS E MODELOS COMPORTAMENTAIS

A coleta de dados através de técnicas de Preferência Declarada e Revelada é um modo convencional de se conhecer o comportamento de pessoas quando elas se defrontam com um problema em que precisam decidir a respeito de diversas alternativas (Vieira, 1996). Verificar esse comportamento não é uma tarefa simples e, além disso, tem uma importância

fundamental na produção de dados necessários para elaborar os modelos matemáticos relacionados ao problema pesquisado.

2.1 Preferência Declarada e Revelada

Gwillian (1997) coloca que as técnicas de Preferência Declarada e Revelada são eficientes métodos de verificação de escolhas individuais em pesquisas de qualquer natureza. A primeira é a que melhor estima o comportamento de escolha real de cada indivíduo, porém, além de ter um custo mais alto de aplicação, fornece apenas dados claros sobre a alternativa escolhida e não sobre a alternativa rejeitada. As pesquisas de Preferência Declarada têm menos despesas e maior clareza nos resultados por possibilitar uma grande variedade de cenários e trocas (*trade-offs*) aos pesquisados. Alguns estudos combinam esses os dois tipos de pesquisa na obtenção de dados para elaboração de modelos discretos de escolha (Tseng & Verhoef, 2008).

Uma das vantagens da elaboração de modelos a partir de dados de Preferência Declarada é que índices altos de correlação entre variáveis (situação indesejável na modelagem) podem ser evitados e, ao mesmo tempo, o número de variáveis do modelo também pode ser controlado, evitando situações de variáveis não observadas ou não desejadas (Caldas, 1998). Além disso, modelos resultantes dos dados da PD fornecem uma gama maior de informações sobre as preferências potenciais dos indivíduos, em comparação com a modelagem mais tradicional de Preferência Revelada que, apesar de gerar dados mais confiáveis baseados em respostas reais ao invés de resultados hipotéticos, fornece apenas uma observação (dado) por indivíduo. Ao mesmo tempo, como referido anteriormente, a PR é um método mais dispendioso que necessita de muitos participantes e no qual se avaliam apenas situações conhecidas, ao contrário da PD que pode ser empregada para a modelagem de situações hoje indisponíveis para os indivíduos (Senna & Michel, 2000; Kroes & Sheldon, 1988).

De acordo com Kroes & Sheldon (1988) a elaboração de pesquisas de Preferência Declarada deve conter as seguintes etapas:

- a) definição do método de entrevistas e do contexto a qual vai ser aplicada;
- b) seleção da amostra;
- c) determinação dos fatores mais relevantes na tomada de decisão;
- d) projeto das alternativas a serem apresentadas aos respondentes;
- e) desenvolvimento do método para apresentação e coleta de dados do experimento;
- f) estimação do modelo e análise dos dados;
- g) teste de validade.

A apresentação para a coleta de dados para o experimento, segundo Bates (1991, *apud* Freitas, 1995) pode ser feita de três maneiras:

- a) escolha ou *choice*: um conjunto de alternativas é apresentado ao entrevistado e solicita-se apenas que ele escolha aquela alternativa que mais lhe agrada;
- b) ordenação ou *rating*: algumas alternativas são apresentadas simultaneamente ao entrevistado e pede-se que ele as coloque na ordem de sua preferência;
- c) avaliação ou *rating*: os entrevistados dão respostas individuais para cada alternativa. Normalmente a avaliação é feita com base nas preferências relativas entre as alternativas propostas através de escalas semânticas do tipo “certamente escolho a alternativa A, provavelmente escolho a alternativa A, sou indiferente, provavelmente escolho a alternativa B ou certamente escolho a alternativa B”. Essas respostas podem se interpretadas como uma medida da utilidade de cada alternativa.

Como poderá ser visto no decorrer do texto, neste estudo foi feita a opção pela coleta dos dados através do método de avaliação (*rating*) por ser um método que fornece, ao mesmo tempo, a ordem e o grau de preferência dos usuários.

2.2 Modelos Comportamentais de Escolha

Na área de transportes, os modelos desenvolvidos devem ter a capacidade de estimar que mudanças ocorreriam no padrão de utilização de um sistema ou infraestrutura (rodovias, hidrovias, sistema de transporte público etc.) em função da alteração de certos atributos. Esses modelos são construídos a partir de informações dadas por indivíduos com base em suas preferências e são chamados de *modelos comportamentais de escolha*.

Citando especificamente os modelos de demanda, eles devem ser capazes de prever como os indivíduos mudariam suas escolhas em resposta à mudança de determinadas características de mercado. Entretanto, o valor desses modelos é normalmente limitado a alguns tipos de problemas sob condições específicas (Senna & Michel, 2000).

A análise das escolhas feitas é baseada na Teoria da Utilidade, que reproduz matematicamente as preferências de um indivíduo entre os elementos de um conjunto. A função de utilidade quantifica o valor de satisfação de um indivíduo, associando essa satisfação a um resultado. A teoria diz que as pessoas buscam a maximização da função de utilidade tendo em vista a restrição de alguns recursos. Os valores desta função permitem que se estabeleça uma comparação entre a utilidade de diferentes atributos considerados relevantes. Os modelos comportamentais desagregados resultantes dessa função possibilitam que sejam analisadas as escolhas de cada indivíduo frente a situações alternativas (Ben-Akiva & Lerman, 1985). A forma mais utilizada da função utilidade é a linear aditiva, expressada na Equação 1:

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

em que U_{in} : é a 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.

O modelo de escolha discreta mais utilizado para estimar os parâmetros da função utilidade em pesquisas de transportes é o *Logit* (Ben-Akiva & Lerman, 1985). A Equação 2 representa a sua forma funcional para o caso multinomial:

$$P_i = e^{U_i} / \sum_{j=1}^n e^{U_j} \quad (2)$$

em que P_i : é a probabilidade da alternativa i ser escolhida;
 e : base do logaritmo neperiano;
 j : alternativas consideradas;
 $U_{i,j}$: utilidades das alternativas consideradas

O modelo *Logit Multinomial* é aplicado em situações em que o número de opções é maior do que duas (p. ex. a escolha entre 3 modais de transporte diferentes). Nos casos em que análise considera a opção apenas entre duas alternativas têm-se um caso particular para o modelo, chamado *Logit Binomial* (Vieira, 1996; Ben-Akiva & Lerman, 1985).

Como visto na Equação 2, esses modelos são probabilísticos, isto é, através deles se tem a probabilidade que cada alternativa tem de ser escolhida. A avaliação do desempenho dos diversos modelos obtidos é feita através da análise dos sinais dos coeficientes obtidos nas funções estimadas, a significância das variáveis (*teste t de Student*) e o índice ρ^2 , que é comparável ao coeficiente de correlação R^2 utilizado na análise de regressões lineares. Estudos indicam que valores de ρ^2 próximos a 40% podem ser considerados bons ajustes na utilização da Preferência Declarada (Ortúzar & Willumsen, 2001; Senna & Michel, 2000).

Na próxima Seção serão descritas as etapas da metodologia utilizada na elaboração do experimento e a aplicação da pesquisa.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O método utilizado neste estudo procurou descrever e compreender o comportamento dos usuários de uma rodovia quando se propõe um sistema de cobrança variável de tarifa de acordo com o nível de congestionamentos. A idéia foi apresentar uma situação hipotética em que haveria a cobrança nos horários em que esses usuários trafegam pela rodovia (teoricamente congestionada) e fora desses horários seriam oferecidos descontos na tarifa e a possibilidade de economizar alguns minutos nos seus deslocamentos (fora do congestionamento). Posteriormente, pôde-se verificar os efeitos que esse sistema teria no comportamento desses indivíduos. Para que os objetivos fossem alcançados, montou-se um experimento para coleta de dados com um grupo pré-definido de usuários de automóveis que trafegam pela rodovia BR-116 pelo menos uma vez por semana.

3.1 Cenário do Estudo

O cenário de estudo é a rodovia federal BR-116, no trecho entre os municípios de Porto Alegre e Novo Hamburgo no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 1).



Figura 1. Localização e Configuração do Trecho Pesquisado

Fonte: Elaborada pelo Autor

A rodovia BR-116 atravessa os principais pólos de desenvolvimento industrial do Estado, como os municípios de Vacaria, Caxias do Sul, Novo Hamburgo, São Leopoldo, Canoas, Porto Alegre, Camaquã e Pelotas. De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura

de Transportes (DNIT, 2008) o volume de tráfego diário, atinge 130.000 veículos na região metropolitana de Porto Alegre (ao norte da capital).

Segundo contagens feitas em 2007 pela Empresa Matricial Engenharia Consultiva, entre 6h e 22h passam 95.000 veículos pela Seção mais carregada da rodovia – limite de Porto Alegre com o município de Canoas – correspondente a 6.000 veículos/hora. Significa que, nesta Seção, a rodovia opera atualmente acima do Nível de Serviço “C”, havendo a necessidade de redução de praticamente 60% desse volume para que opere a um Nível de Serviço satisfatório (TRB, 2000). A Tabela 1 traz a distribuição tráfego de acordo com a classe dos veículos:

Tabela 1: Distribuição do Tráfego na BR-116

Tipo de Veículo	Sentido	
	Norte – Sul	Sul - Norte
Automóvel	87,2%	83,9%
Caminhão	11,8%	15,1%
Ônibus	1%	1%

Como o foco do estudo eram os usuários de automóveis, os ônibus e caminhões, apesar terem boa representatividade no tráfego, não foram considerados na pesquisa.

Com relação à distribuição ao longo dia, a Figura 4 traz os volumes de tráfego atuais na seção mais carregada da rodovia. O ponto que apresenta o maior volume de veículos localiza-se próximo ao acesso à cidade de Porto Alegre no limite com o município de Canoas. Os valores do referem-se ao total de veículos que passam pela seção, isto é, no sentido norte-sul e sul-norte.

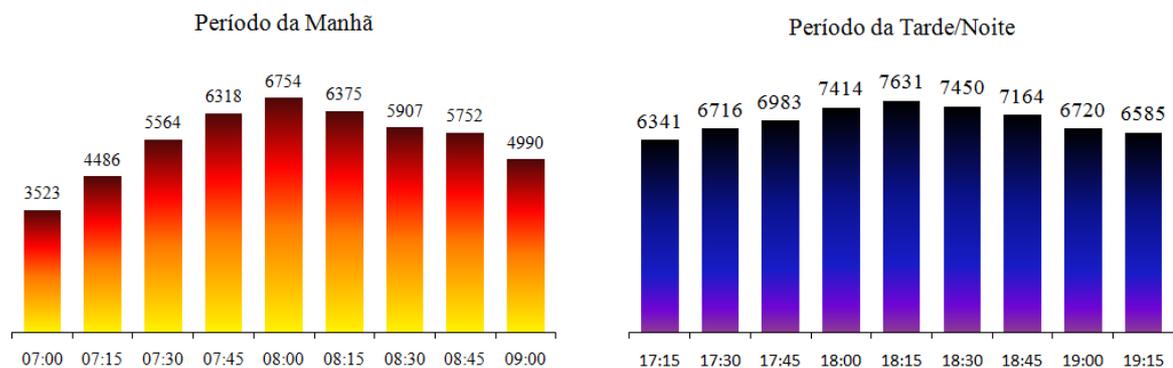


Figura 2. Distribuição Horária do Tráfego na BR-116

Fonte. Elaborada pelo Autor a partir de dados de contagem

3.2 Definição das Variáveis Analisadas e Seus Níveis

Na maioria das vezes os fatores que influenciam a decisão ou escolha do objeto de estudo são obtidos por meio de pesquisas prévias com o público alvo (Ortúzar, 2000). No entanto, para elaboração deste estudo, as variáveis inseridas no experimento foram determinadas a partir da hipótese de que o oferecimento de descontos na tarifa de congestionamento e a possibilidade de economia de tempo provocam mudanças nos hábitos dos usuários.

Neste contexto, foram analisados 3 variáveis: o horário de saída/retorno, o tempo excedente devido aos congestionamentos e o desconto na tarifa, definidos nos seguintes níveis:

Tabela 2: Variáveis e Níveis

Variável		Níveis
H _S	Horário Atual de Saída	H _S (+ / -) 30 Minutos
		H _S (+ / -) 60 Minutos
T _{EC}	Tempo Excedente devido aos Congestionamentos	T _{EC} (-) 50% T _{CONGESTIONAMENTO}
		T _{EC} (-) 100% T _{CONGESTIONAMENTO}
		Desconto 20% = R\$ 3,20
C _P	Tarifa de Congestionamento = R\$ 4,00	Desconto 50% = R\$ 2,00
		Desconto 100% = Sem Tarifa

A definição dos níveis da variável “Horário Atual de Saída” foi baseada na atual distribuição do fluxo horário na rodovia: nos picos da manhã e da tarde/noite a alteração desses picos só começa a ser percebida com uma defasagem de 30 minutos. Isto significa que se o usuário mudasse o seu horário atual em um tempo menor do que 30 minutos continuaria dentro de uma “faixa de horário congestionada”. Por exemplo, foi observado que o pico da manhã ocorre às 8h. Entre 7h30min e 8h30min o fluxo tem uma variação pequena e, nesse caso, a troca de horário dentro desta faixa não teria efeito significativo. Porém, antes das 7h30min e depois das 8h30min o volume é menor, sendo mais interessante para o funcionamento do sistema que uma parcela dos usuários faça a troca para antes ou depois desses horários.

Apesar das variáveis analisadas neste estudo terem sido definidas com base no funcionamento do sistema de precificação, os níveis foram determinados a partir de uma pesquisa anterior com o público alvo. Nessa pesquisa foram obtidos dados sobre os deslocamentos como as distâncias percorridas, os tempos de deslocamento e a disposição dos usuários em pagar para reduzir seus tempos de percurso. O objetivo foi tentar de alguma forma “parametrizar” o experimento que foi desenvolvido. Essa pesquisa assegurou que os usuários têm a percepção correta do tempo excedente nos seus deslocamentos devido aos congestionamentos e esse foi um dado importante considerando que o modelo desenvolvido tem relação direta com esse tempo. Com relação à tarifa aplicada, tomou-se como base o valor médio que os usuários estariam dispostos a pagar pelo benefício de economia de tempo (valor que está relacionado a uma economia de aproximadamente 25 minutos). Como visto na Tabela 2 foram definidos apenas dois níveis para as variáveis de Horário Atual de Saída e Tempo Excedente e três níveis para a Tarifa de Congestionamento. Sendo assim, foi aplicado o fatorial completo na elaboração da pesquisa aplicada resultando em 12 situações diferentes (Malhotra, 2001).

3.3 Coleta, Registro e Tratamento dos Dados

A coleta dos dados foi feita através de um questionário inicial contendo 10 perguntas sobre os usuários (motivo do deslocamento, frequência com que utiliza a rodovia, tempo perdido nos congestionamentos etc.). Na seqüência deste questionário foi aplicada a pesquisa de Preferência Declarada na qual foi perguntado qual seria a opção do usuário diante de cada uma das situações colocadas. A Figura 2 traz um exemplo de uma dessas situações apresentada em um dos cartões da pesquisa:

Qual seria sua opção diante das seguintes alternativas?

	Horário de Saída	Tempo de Deslocamento	Tarifa	
A	Sair no MESMO horário em que sai atualmente	TEMPO ATUAL Tempo de Deslocamento Normal + Tempo Excedente no Congestionamento	R\$ 4,00	<input type="radio"/> CERTAMENTE continuaria com a Opção A
	B	Sair 30 Minutos Antes ou Depois	Praticamente Eliminar o Tempo Excedente no Congestionamento ↓ Apenas o Tempo de Deslocamento Normal	R\$ 2,00
				<input type="radio"/> INDIFERENTE
				<input type="radio"/> TALVEZ trocasse para a Opção B
				<input type="radio"/> CERTAMENTE trocaria para a Opção B

Figura 3. Exemplo de Cartão da Pesquisa de Preferência Declarada

Fonte: Elaborada pelo Autor

Foi feita a opção pela utilização da Escala de *Likert* para que o usuário marcasse qual seria sua opção. Gil (2008) destaca que esta escala é simples e tem caráter ordinal, isto é, não mede quanto uma atitude é mais ou menos favorável e sim o grau de concordância ou discordância dos participantes em relação ao enunciado da questão.

O questionário foi elaborado através de uma ferramenta de pesquisa *online* (*KwikSurveys*) disponibilizada na *internet* e enviado a pessoas previamente selecionadas por serem usuárias da rodovia e, a princípio, a única restrição era que fossem usuárias de automóveis. Isso se justificou pelo fato de que o sistema de tarifação em estudo visa proporcionar uma melhor distribuição da demanda existente na infraestrutura e, portanto, não seria interessante trazer de volta ao fluxo aqueles que atualmente utilizam o transporte público (ou outro modo) para evitar os constantes congestionamentos na rodovia. A própria ferramenta fez o registro e a tabulação de todas as respostas dadas.

A próxima Seção traz os resultados obtidos com a pesquisa com os devidos comentários e discussões.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

O tamanho total da amostra da pesquisa (incluindo a pesquisa piloto) foi de 142 entrevistados, porém alguns questionários foram descartados devido ao fato de não terem sido preenchidos corretamente ou os entrevistados terem sido totalmente inflexíveis a qualquer troca oferecida, marcando sempre a mesma opção. Ao final desse ajuste a amostra que gerou os dados utilizados na modelagem foi de 95 entrevistas (totalizando 1140 observações), valor dentro do recomendado por Ortúzar & Willumsen (2001) para pesquisas desse tipo. Além destas, outras 30 entrevistas foram utilizadas para validar o modelo, totalizando 125 questionários aplicados.

4.1 Função Utilidade e Modelos Estimados

A escolha de cada indivíduo, entre optar pela troca para um horário com descontos na tarifa e, teoricamente, economia de tempo ou continuar saindo no mesmo horário pagando o valor integral da tarifa e levando o mesmo tempo, pode ser representada por uma função de utilidade linear associada a um modelo *Logit* em sua forma *Binomial*. Tal modelo pode ser

linearizado e ter seus coeficientes ajustados por meio de regressões múltiplas com seus resultados sendo válidos para analisar a probabilidade de troca de alternativas no contexto em que foram oferecidas (Lima Jr., 2007; Ben-Akiva & Lerman, 1985).

Adotando o procedimento de ajuste através da regressão múltipla com o *software Statistical Package for Social Sciences* (SPSS) chegou-se aos seguintes resultados:

Tabela 3: Resultados obtidos no SPSS

Variável	Coefficiente α	Erro	Teste t
Constante	0,813	0,181	4,483
Defasagem do Horário de Saída	-0,035	0,003	-11,315
Economia do Tempo Excedente	0,005	0,004	1,94
Desconto na Tarifa de Congestionamento	0,378	0,035	10,868
1140 Observações	$R_{\text{MÚLTIPLO}} : 0,49$	$R^2 : 0,24$	$R^2_{\text{AJUSTADO}} : 0,23$

A função de utilidade obtida pode ser expressa por:

$$U = 0,813 - 0,035 \times H_S + 0,005 \times T_{EC} + 0,378 \times \Delta C_P \quad (3)$$

em que: U : é o valor da função de utilidade;

H_S : defasagem entre o horário de saída atual e o oferecido;

T_{EC} : economia do tempo excedente nos deslocamentos;

ΔC_P : desconto na tarifa de congestionamentos.

Pode-se considerar que os sinais positivos e negativos obtidos na Equação 3 foram coerentes com a situação apresentada, uma vez que, a utilidade da “mudança” será menor com o aumento da diferença entre o horário de saída atual do usuário e o horário oferecido. Isto significa que quanto mais se distancia do horário em que sai habitualmente (antes ou depois) menor será o “interesse” do indivíduo em alterar sua saída. Situação representada pelo sinal negativo. O mesmo se aplica ao outros dois atributos: o sinal dos coeficientes indica que a economia de tempo e o desconto na tarifa produzem um efeito positivo na função de utilidade.

Para fins de comparação, foram estimados modelos alternativos considerando as viagens por motivo trabalho e não-trabalho. Na Tabela 4 estão descritos os resultados encontrados:

Tabela 4: Resultados Motivo Trabalho e Não-Trabalho

Variável	Motivo Trabalho		Motivo Não-Trabalho	
	Coef.	Teste t	Coef.	Teste t
Constante	0,822	3,637	0,886	2,859
Defasagem do Horário de Saída	-0,035	-9,144	-0,033	-6,656
Economia do Tempo Excedente	0,009	1,748	0,006	0,689
Desconto na Tarifa de Congestionamento	0,365	8,255	0,405	7,075
Observações	684		456	
$R_{\text{MÚLTIPLO}}$	0,48		0,48	
R^2	0,23		0,23	
R^2_{AJUSTADO}	0,22		0,22	

Considerando um nível de significância de 0,10 (ou seja, 90% de confiança), os valores obtidos para o teste *t* mostram que os coeficientes obtidos nos diferentes modelos são significativos. A exceção foi a variável “Economia de Tempo”, obtida no modelo não-trabalho, que apresentou um valor abaixo de 1,65 (valor mínimo para que um atributo seja considerado importante na modelagem com o nível de confiança definido) logo, esta variável poderia ou não ser incluída no modelo sem que existisse grande perda na sua qualidade (Hair *et al.*, 2006) ou ser aceita a um nível de significância de 50% (valor do teste *t* igual a 0,674).

Quanto ao grau de ajustamento do modelo, foram obtidos valores muito próximos para o coeficiente R^2 nas três situações consideradas: 0,23 para o modelo geral e 0,22 para os motivos trabalho e não-trabalho. Nos casos de análise de regressões múltiplas como a que se propôs neste estudo, o coeficiente de correlação (R^2) é tido como um dos principais indicadores do grau de precisão do ajuste feito. Apesar de valores de R^2 próximos a “1” indicarem um bom ajuste, deve-se levar em consideração se as variáveis satisfazem o modelo. Sendo assim, a importância deste parâmetro em modelos de regressão acaba sendo secundária já que, os sinais dos coeficientes da regressão e sua significância estatística e/ou prática são mais relevantes. De acordo Gujarati (2006), o R^2 é apenas uma medida de ajuste em um conjunto de dados e não há uma “exigência” de que este coeficiente deva ser alto. Logo, valores altos para o R^2 não significam um evidência favorável ao modelo e nem que valores baixos devam ser adotados como determinantes para descartar o modelo encontrado.

Outro indicativo de consistência do modelo é a colinearidade. Se as variáveis utilizadas no modelo tiverem entre si uma relação muito forte as inferências baseadas no modelo de regressão podem ser errôneas ou pouco confiáveis. Foi verificado nos modelos gerados que essa relação foi sempre menor do que 10 e, segundo Ferreira (1999), pode ser considerado que, apesar de duas variáveis estarem relacionadas com o tempo, a colinearidade entre as variáveis do modelo é insignificante.

4.2 Elasticidades

Para medir a sensibilidade da opção dos usuários em relação a cada variável utilizou-se o conceito da elasticidade da probabilidade de escolha, que indica qual a mudança percentual na probabilidade do usuário escolher uma alternativa em função de uma mudança marginal no valor de um dos atributos da função utilidade (Ortúzar & Willumsen, 2001). Esta elasticidade pode ser expressa pela Equação 4:

$$E_{P_{iq}X_{ikq}} = \theta_{ik} \times X_{ikq} \times (1 - P_{iq}) \quad (4)$$

em que: $E_{P_{iq}X_{ikq}}$: é a elasticidade das variáveis;
 θ_{ik} : valor do coeficiente da variável X_i na opção de troca;
 X_{ikq} : valor da variável na opção oferecida;
 P_{iq} : probabilidade da alternativa ser escolhida.

Após o cálculo da elasticidade para cada observação foi feita a enumeração amostral para obtenção da elasticidade agregada:

$$E_{P_{iq}X_{ik}} = \sum P_{ij} \times E_{P_{ij}X_{ikj}} / \sum P_{ij} \quad (5)$$

Na Equação 5 o índice j garante a cobertura de todos indivíduos da amostra. Os resultados deste procedimento estão colocados na Tabela 5:

Tabela 5: Elasticidades

Variáveis Independentes	Elasticidades		
	Geral	Trabalho	Não-Trabalho
Horário de Saída Atual	-0,431	-0,721	-0,427
Economia do Tempo Excedente	0,022	0,034	0,024
Desconto na Tarifa de Congestionamentos	0,195	0,325	0,196

No modelo geral estimado (que não faz distinção entre os motivos dos deslocamentos), a variável Horário Atual de Saída apresentou elasticidade da probabilidade de troca de 0,431 para a alternativa oferecida. Isto significa que, para uma mudança de 1% (em minutos) no horário de saída atual dos indivíduos, a probabilidade da troca ser feita se reduz em 0,431 (sinal negativo da elasticidade). O sinal positivo das outras variáveis implica no aumento da probabilidade de mudança em função do incremento dessas variáveis. O aumento de 1% no desconto do valor da tarifa aumenta em 0,195 a probabilidade de troca enquanto o aumento do tempo economizado, apesar de menos significativo (aproximadamente 9 vezes menor), aumenta em 0,022 a probabilidade do indivíduo optar pela mudança da sua opção atual.

Nos outros modelos, indivíduos cujo motivo de deslocamento é o trabalho, demonstraram que a alteração do seu horário de saída resultaria em probabilidades menores de mudança do que por motivos não-trabalho (0,721 e 0,427 respectivamente). Situação coerente com a realidade, normalmente, horários de compromissos de trabalho são menos flexíveis do que os demais.

4.3 Valores de Tempo

Em países desenvolvidos, abordagens convencionais de cálculo do valor do tempo consideram que a maioria das pessoas trabalha em empregos “formais” e que suas viagens são divididas em duas categorias: viagens a trabalho e viagens por outros motivos (ITT, 2001), assim como foi feita a distinção neste estudo. Para viagens a trabalho o valor da economia de tempo pode ser calculado subjetivamente através de pesquisas de preferência ou diretamente com base na renda do indivíduo enquanto o valor das demais economias de tempo está relacionado à disponibilidade dos indivíduos em pagar para trocar o tempo excedente gasto no deslocamento por outras atividades que ele considera mais importantes.

Neste estudo, os valores do tempo foram estimados diretamente pela relação entre os coeficientes dos modelos encontrados. Os valores encontrados para as viagens com motivo trabalho foram R\$ 0,10/minuto para o tempo em que o indivíduo está em casa/trabalho e R\$ 0,02/minuto para o tempo em que ele está no tráfego. Para viagens com motivo não-trabalho esses valores foram R\$ 0,08/minuto (em casa/trabalho) e R\$ 0,01/minuto (no tráfego).

4.4 Validação dos Modelos

Após a geração dos modelos, com objetivo de observar se seriam equivalentes para toda a população analisada (demais usuários da rodovia BR-116) foi feita a validação (Tabela 6) do modelo geral – assumiu-se que os modelos separados por motivo de deslocamento seguiriam a mesma tendência. Entre os métodos encontrados na literatura optou-se pelo *cross-validation* (validação cruzada) que consiste na subdivisão da amostra original utilizando uma parte para a definição do modelo e outra para validação (Hair *et al.*, 2006).

Tabela 6: Validação do Modelo Geral

Cartão	ΔH_S	ΔT_{EC}	$\Delta R\$$	$\Delta T_{MÉDIO}$	$P_{ENCONTRADA}$	$P_{ESTIMADA}$	Erro
1	30	50%	R\$ 0,80	11,63	48,20%	53,40%	5,20%
2	30	50%	R\$ 2,00	11,63	67,40%	64,40%	3,00%
3	30	50%	R\$ 4,00	11,63	77,90%	79,40%	1,50%
4	30	100%	R\$ 0,80	23,26	50,20%	54,90%	4,70%
5	30	100%	R\$ 2,00	23,26	68,30%	65,70%	2,60%
6	30	100%	R\$ 4,00	23,26	79,10%	80,30%	1,20%
7	60	50%	R\$ 0,80	11,63	33,50%	28,90%	4,60%
8	60	50%	R\$ 2,00	11,63	41,30%	39,00%	2,30%
9	60	50%	R\$ 4,00	11,63	55,70%	57,60%	1,90%
10	60	100%	R\$ 0,80	23,26	36,10%	30,10%	6,00%
11	60	100%	R\$ 2,00	23,26	43,60%	40,40%	3,20%
12	60	100%	R\$ 4,00	23,26	56,30%	59,10%	2,80%

O procedimento adotado foi simples: foi verificado através do modelo gerado qual seria a probabilidade do indivíduo fazer a troca em cada situação oferecida (indicada pelo campo “Cartão” e representada pelas variações em cada atributo) e o valor encontrado foi confrontado com o verificado nas respostas dadas na amostra de validação. Ao final da análise pode-se considerar que os modelos foram satisfatórios, tendo em vista os valores de erros encontrados (média de 3,35% com desvio padrão de 1,54%).

4.5 Distribuição de Probabilidades

Após a obtenção e validação dos modelos, análise das elasticidades das variáveis e valores dos tempos dos usuários, foram calculadas e representadas graficamente as probabilidades de troca de horário (que foi a proposta do trabalho) para os 3 níveis de descontos oferecidos e considerando uma economia de tempo de 25 minutos. Os resultados, obtidos para o modelo geral, estão ilustrados na Figura 4.

Primeiramente, cabe ressaltar que a distribuição de probabilidades foi representada para uma economia de tempo de 25 minutos apenas por esta ser a opção que foi indicada na pesquisa com mais frequência e estar muito próxima do tempo médio (24 min.) perdido nos congestionamentos nesta rodovia. Sendo, portanto, possível gerar o mesmo gráfico para quaisquer economias de tempo.

A Figura 4 representa a seguinte situação: supondo que o objetivo seja fazer com que o usuário altere seu horário de saída em 60 minutos e se adote R\$ 4,00 como valor de tarifa de congestionamentos, sendo os descontos oferecidos na tarifa iguais a 20%, 50% e 100% (representados pelas curvas azul, vermelha e verde, respectivamente) as probabilidades desse usuário mudar seu horário são:

- 29,74% para um desconto de 20% (tarifa de R\$ 3,20);
- 39,99% para um desconto de 50% (tarifa de R\$ 2,00);
- 58,66% caso não haja cobrança de tarifa.

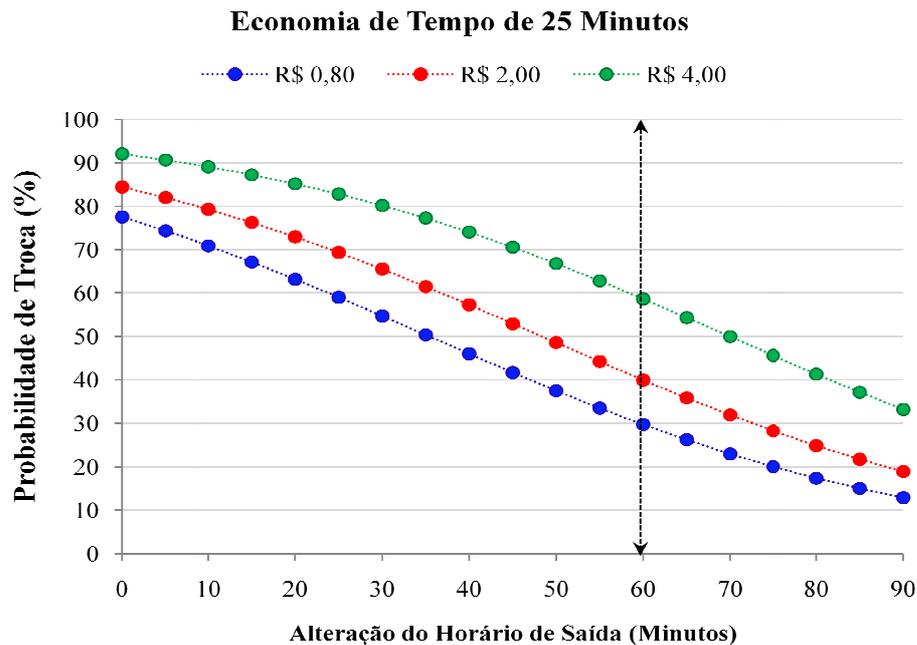


Figura 4. Distribuição de Probabilidades da Opção de Troca de Horário

Conforme foi colocado, esses valores referem-se àqueles usuários que perdem em média 25 minutos em cada trajeto (ida ou volta) diário. Obviamente, o indicador “tempo economizado” serve apenas como base para o tipo de análise que foi proposta neste estudo, não devendo ser utilizada como balizador para implantação deste tipo de sistema por diversos motivos, entre eles, a dificuldade de se obter esse tempo individual (somente o usuário conhece seu tempo excedente) e a alta variabilidade associada (o tempo excedente de um mesmo usuário pode ser diferente a cada dia, devido a fatores climáticos, condições do tráfego etc.)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, a julgar pelos coeficientes encontrados na função utilidade e na elasticidade, constatou-se que as pessoas são menos flexíveis à mudança do horário de saída que julgam ser o ideal para seus compromissos. De certa forma, são resultados coerentes: no período da manhã, sair antes é uma atitude indesejável porque as pessoas não querem esperar pelo início dos seus compromissos e, nesse caso, ficar mais tempo em casa seria o mais desejado. Ainda no período da manhã, sair mais tarde do que o habitual pode gerar atrasos devido à incerteza em relação aos congestionamentos. No período da tarde/noite a situação se diferencia pelo fato de, geralmente, as pessoas não poderem sair antes que terminem seus compromissos e sair depois pode significar chegar mais tarde em casa ou na sua próxima atividade.

Com relação ao que foi proposto na pesquisa como “economia do tempo excedente devido aos congestionamentos”, os usuários demonstraram menor atração por esse benefício logo, ele apresentou baixa influência na decisão do usuário em relação à troca de horário. Os usuários podem ter feito esse julgamento pelo fato desse tempo economizado ser teórico, isto é, não há como garantir que não haveria congestionamentos em caso de troca de horário.

Essas duas situações se refletem no valor encontrado para esses tempos: para deslocamentos por motivos de trabalho o valor do tempo em casa é de R\$ 0,10/minuto e o valor do tempo que poderia ser economizado é de R\$ 0,02/minuto. Para deslocamentos por motivos que não

são de trabalho, os valores para esses tempos são de R\$ 0,08/minuto e R\$ 0,01/minuto, respectivamente.

Como foi colocado ao longo do texto, o valor adotado como “tarifa-pico” foi obtido através de uma pesquisa prévia com outros usuários da mesma rodovia. Em relação aos valores de pedágio de outras rodovias localizadas no entorno da BR-116, o valor da tarifa adotada no experimento é mais baixa, mas produziu resultados significativos para o estudo. O atributo “custo” foi considerado relevante na escolha entre continuar saindo no mesmo horário ou sair antes/depois e obter descontos na tarifa.

Obviamente, por ser um trabalho acadêmico, os usuários se sentem mais confortáveis em aceitar a cobrança por pensarem que não existe a possibilidade desse tipo de sistema ser implantado. Entretanto, a percepção dos usuários em relação ao valor do seu tempo e sua disponibilidade em pagar para reduzir seus tempos de deslocamento podem ser julgadas coerentes com o que foi apresentado na pesquisa e obtido nos modelos encontrados para o comportamento desses usuários.

Finalmente, não era a pretensão deste estudo resolver a questão dos congestionamentos no trecho analisado da rodovia BR-116 visto que, existem diversas variáveis envolvidas (opção no transporte público, implantação, questões políticas etc.) mas sim, contribuir com o estudo da precificação de vias públicas como medida de gerenciamento de demandas. Porém, os resultados demonstraram que seria possível, em conjunto com outras ferramentas, utilizar a tarifa de congestionamentos para amenizar a gravidade do problema e isso foi evidenciado pela validação do modelo gerado com os dados coletados.

REFERÊNCIAS

- Ben-Akiva, M.; Lerman S. R. (1985). *Discrete Choice Analysis. Theory and Application to Travel Demand*. The MIT Press, 390p. England, 1985.
- Caldas, M. A. F. (1998) *Curso de Modelagem com Dados de Preferências Reveladas e Declaradas*. XII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Fortaleza.
- Confederação Nacional de Transporte – CNT e Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos da Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPEAD/UFRJ (2002) *O Caminho para o Transporte no Brasil*. Rio de Janeiro, 2002.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2008) *Programa BR-116 Via Expressa e Rodovia do Parque*. Superintendência Regional no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.
- Ferreira, A. M., (1999) *SPSS – Manual de Utilização*. Escola Superior Agrária – Instituto Politécnico de Castelo Branco, 1999. Disponível em: <http://www.esef.ufrgs.br/gpat/spss.pdf> Acesso em: Ago. 2010.
- Gil, A. C. (2008) *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. 6ª. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- Gujarati, D. (2006) *Econometria Básica*. 4ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- Gwilliam, K. M. (1997) *The Value of Time In Economic Evaluation of Transport Projects: Lessons from Recent Research*. World Bank, Washington DC, EUA. Disponível em: <http://siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/336291-1119275973157/td-ot5.pdf> Acesso em: Set. 2010.
- Hair, J. F., Anderson, R. E. Tatham, R. L., Black, W. C. (2006) *Análise Multivariada de Dados*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- IT Transport - ITT (2001) *The Value of Time in Least Developed Countries: Final Report*. Ardington, Inglaterra. Disponível em: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_policy/---invest/documents/publication/wcms_asist_8338.pdf Acesso em: Ago. 2010.
- Kroes, E.P.; Sheldon, R.J. (1998) *Stated Preference Methods: An Introduction*. *Journal of Transport Economics and Policy*, England: Pergamon. v.22, n.1, p.11-25, Jan.1988. Disponível em: http://www.bath.ac.uk/e-journals/jtep/pdf/Volume_XX11_No_1_11-25.pdf Acesso em: Dez. 2010.
- Lima Jr., A. B. (2007) *Viagens Park and Ride por Motivo Trabalho: Estudo de Caso na Cidade de São Paulo*. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Engenharia de Transportes.

2007. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-07012008-162933/pt-br.php>
Acesso em: Out. 2010.
- Malhotra, N. K. (2001) Pesquisa de Marketing: uma Orientação Aplicada. 4ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- Ortúzar, J. D. Modelos Econométricos de Elección Discreta. Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile, 2000. 249 p.
- Ortúzar, J.D.; Willumsen, L.G. (2001) Modelling Transport. 2.ed., England: Chichester, 375 p. 2001.
- Senna, L. A. S.; Michel, F. D. (2000) A Aceitação do Pedágio por Parte dos Usuários Gaúchos. Revista Transportes, v. 8, n. 2, p. 10-31, 2000. Disponível em: <http://www.revistatransportes.org.br/index.php/anpet/article/view/186/168> Acesso em: Nov. 2010.
- Transportation Research Board – TRB (2000) Highway Capacity Manual. Special Report 209, National Research Council, Washington, DC, EUA. 4ª ed. revised.
- Tseng, Y. Y., Verhoef, E. T. (2008) Value of Time of Day: A Stated-Preference Study. Transportation Research Part B: Methodological Volume 42, Issues 7-8, August 2008, Pages 607-618. Disponível em: <http://dare.uvu.nl/bitstream/1871/11157/1/07061.pdf> Acesso em: Jul. 2010.
- Vieira, H.F. (1996). Uma Visão Empresarial do Processo de Exportação de Produtos Containerizados Catarinenses e a Análise do Nível de Serviço Logístico. Dissertação de Mestrado, UFSC, Florianópolis. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/disserta96/helio/indice/index.htm> Acesso em: Dez. 2010.

João Paulo Cardoso Joaquim (jpc_eng@hotmail.com)
João Fortini Albano (albano@adufrgs.ufrgs.br)
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Transportes
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Av. Osvaldo Aranha, 99 – 5º andar – CEP 90035-190. Porto Alegre, RS, Brasil

4 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O ESTUDO

Como visto ao longo deste estudo, a principal preocupação em relação aos congestionamentos são suas externalidades e a sua influência na eficiência econômica da infraestrutura viária. Melhorar a eficiência econômica, neste caso, significa suprimir viagens, teoricamente, de menor valor ou importância através da proibição ou tarifação dessas viagens em horários pré-determinados.

Outra questão importante é a elasticidade de preços. Se a demanda em uma via é relativamente inelástica, o valor ideal de tarifa será alto e os efeitos sobre a redução do congestionamento serão relativamente baixos. Por outro lado, se a demanda é mais elástica, com um valor menor de tarifa pode-se reduzir os volumes de tráfego e congestionamentos. As maiores demandas nas vias variam significativamente em relação à hora do dia e localização. Como resultado se tem que o valor ideal de tarifa deve variar ao longo do dia em função dessas flutuações.

Avaliando o cenário atual do tráfego na BR-116, a primeira constatação que se faz é com relação às velocidades médias operacionais na rodovia: atualmente os motoristas têm sua velocidade média reduzida em mais de 40% devido aos congestionamentos. Essa situação é reflexo da saturação da via que, em alguns horários, para operar a um Nível de Serviço “C” (fluxo estável, mas com algumas interrupções) deveria ter uma redução de mais de 60% em seu tráfego (TRB, 2000). Os níveis atuais de congestionamentos aliados à tendência de crescimento do tráfego demonstram a necessidade de ações que garantam a manutenção da capacidade em níveis satisfatórios.

Outro importante aspecto relacionado ao sistema de tarifação são os tempos excedentes nos deslocamentos. Naturalmente, altos níveis de congestionamentos provocam os maiores desperdícios ou excesso de tempo nas viagens. Logo, considerando que a tarifa está diretamente relacionada à esses tempos, é fundamental se conhecer dados como as distâncias percorridas pelos usuários da infraestrutura e aumento dos tempos de viagens provocados pelos congestionamentos.

Sobre valores de tempo, de acordo com as duas pesquisas realizadas, quando questionados diretamente sobre quanto estariam dispostos a pagar para reduzir seus tempos de deslocamentos, os usuários da BR-116 declararam que pagariam um valor médio R\$ 0,12 por minuto economizado. Entretanto, quando foi colocada a mesma situação de economia, porém baseada nos descontos na tarifa de congestionamentos esse valor caiu para R\$ 0,09 por minuto economizado. Apenas como comparativo, no Brasil, Brito & Strambi (2007) chegaram a valores que variam entre R\$ 0,18 e R\$ 0,39 por minuto de redução nos tempos de motoristas de automóvel em deslocamentos rodoviários no estado de São Paulo.

Obviamente, por ser um trabalho acadêmico, os usuários se sentiram mais confortáveis em aceitar a cobrança por pensarem que não existe a possibilidade desse tipo de sistema ser implantado. Entretanto, a percepção dos usuários em relação ao valor do seu tempo e sua disponibilidade em pagar para reduzir seus tempos de deslocamento podem ser julgadas coerentes com o que foi apresentado na pesquisa e obtido nos modelos encontrados para o comportamento desses usuários.

Pela pesquisa de Preferência Declarada realizada no terceiro artigo, a julgar pelos coeficientes encontrados na função utilidade e na elasticidade, constatou-se que as pessoas são pouco flexíveis à mudança do horário de saída que julgam ser o ideal para seus compromissos. De certa forma, são resultados coerentes: no período da manhã, sair antes é uma atitude indesejável porque as pessoas não querem esperar pelo início dos seus compromissos e, nesse caso, ficar mais tempo em casa seria o mais desejado. Ainda no período da manhã, sair mais tarde do que o habitual pode gerar atrasos devido à incerteza em relação aos congestionamentos. No período da tarde/noite a situação se diferencia pelo fato de, geralmente, as pessoas não poderem sair antes que terminem seus compromissos e sair depois pode significar chegar mais tarde em casa ou na sua próxima atividade. A diferença em relação ao que foi encontrado no segundo artigo (no qual se chegou à conclusão de que 70% dos usuários concordariam em alterar seus horários) é que não havia um tempo determinado para a troca, foi questionada apenas a possibilidade dela ser feita ou não. Logo, quando colocados os valores de 30 ou 60 minutos, puderam ser obtidos dados mais claros sobre esta situação.

Com relação ao que foi proposto na pesquisa como “economia do tempo excedente devido aos congestionamentos”, os usuários demonstraram menor atração por esse benefício logo, ele apresentou baixa influência na decisão do usuário em relação à troca de horário. Os usuários podem ter feito esse julgamento pelo fato desse tempo economizado ser teórico, isto é, não há como garantir que não haveria congestionamentos em caso de troca de horário.

Finalmente, não era a pretensão deste estudo resolver a questão dos congestionamentos no trecho analisado da rodovia BR-116 visto que, existem diversas variáveis envolvidas (opção no transporte público, implantação, questões políticas etc.) mas sim, contribuir ao estudo da precificação de vias públicas como medida de gerenciamento de demandas. Porém, os resultados demonstraram que seria possível, em conjunto com outras ferramentas, utilizar a tarifa de congestionamentos para amenizar a gravidade do problema e isso foi evidenciado pela validação do modelo gerado com os dados coletados. Considera-se que os objetivos propostos na elaboração deste trabalho foram alcançados, principalmente no que diz respeito ao comportamento dos usuários diante de um sistema de cobrança sobre os congestionamento.

Sendo assim, fica a recomendação para que futuros trabalhos que sejam desenvolvidos sobre o tema dêem um foco maior na questão da implantação do sistema, não para demonstrar que a Tarifação de Congestionamentos é a solução do problema, mas sim para se ter conhecimento sobre essa alternativa e assim decidir se a sua utilização é interessante ou não para a população e usuários do sistema viário.

REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS – ASSHTO (2010) **Transportation Reboot: Restarting America's Most Essential Operating System - The Case for Capacity: To Unlock Gridlock, Generate Jobs, Deliver Freight, and Connect Communities**. Abril, 2010. Disponível em: http://expandingcapacity.transportation.org/Unlocking_Gridlock_0410.pdf Acesso em: 13 Nov. 2010.

BRITO, A. N. ; STRAMBI, O. (2007) **Análise de Características Relacionadas à Variação do Valor do Tempo de Viagem de Motoristas Usando Técnicas de Preferência Declarada**. Transportes (Rio de Janeiro), v. 15, p. 50-57, 2007. Disponível em: <http://www.revistatransportes.org.br/index.php/anpet/article/view/47> Acesso em: 10 Set. 2010.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE – CNT E COORDENAÇÃO DE PROJETOS, PESQUISAS E ESTUDOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – COPPEAD/UFRJ (2002) **O Caminho para o Transporte no Brasil**. Rio de Janeiro, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2010) **Contas Nacionais Trimestrais. Fascículo Indicadores IBGE**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/pib/defaultcnt.shtm> Acesso em: 10 Dez. 2010.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA: ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS – IPEA (1998) **Redução das Deseconomias Urbanas com a Melhoria do Transporte Público: Relatório Síntese**. São Paulo: IPEA, 1998.

SCHRANK, D. E LOMAX, T. (2009) **Annual Urban Mobility Report**. Texas Transportation Institute. Julho, 2009. Disponível em: <http://mobility.tamu.edu/ums/> Acesso em: 25 Nov. 2010

VICKREY, W. (1952) **Principles of Efficient Congestion Pricing**. Columbia University, EUA, 1992. Disponível em: <http://www.vtpi.org/vickrey.htm> Acesso em: 17 Jan. 2010.