

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

Marcelle Dorneles Ribeiro

TECNOLOGIA GPS
EM PESQUISA DE ORIGEM E DESTINO

Porto Alegre

2014

MARCELLE DORNELES RIBEIRO

**TECNOLOGIA GPS
EM PESQUISA DE ORIGEM E DESTINO**

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.

Orientadora: Prof.^a Helena Beatriz Bettella Cybis, Ph.D.

Porto Alegre

2014

MARCELLE DORNELES RIBEIRO

**TECNOLOGIA GPS
EM PESQUISA DE ORIGEM E DESTINO**

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 pela Orientadora e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof.^a Helena Beatriz Bettella Cybis, Ph.D.

Orientadora PPGEP/UFRGS

Prof.^a Carla Schwengber ten Caten, Dra.

Coordenadora PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professor Orlando Strambi, Dr. (Escola Politécnica/USP)

Professora Christine Tessele Nodari, Dr. (PPGEP/UFRGS)

Ana Margarita Larrañaga Uriarte, Dr. (PPGEP/UFRGS)

Dedico essa dissertação aos meus pais, Nara e
Mauro, à minha vó, Vera, à Jolie e ao meu
Fernando, com todo o meu amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à UFRGS e ao CNPQ pelos anos de estudos de alta qualidade proporcionados.

Agradeço à Prof.^a Helena Cybis, minha orientadora e amiga, que desempenhou um papel fundamental para o êxito desse trabalho.

Agradeço à minha amiga para todas as horas, Ana Margarita Larrañaga, pela disposição, dedicação e comprometimento a esse trabalho.

Agradeço aos professores da banca e da área de transportes: Luiz Afonso Senna, Luís Antonio Lindau, Christine Nodari, Fernando Michel e João Fortini Albano, por compartilhar comigo seus conhecimentos e experiências sobre os diversos temas da área.

Agradeço às amigas que o Lastran me deu e demais colegas do mestrado. Muito obrigada pelo companheirismo!

Agradeço aos meus bolsistas no Lastran, Virgínia e Marco e ao Vinicius Motter. Vocês tiveram uma participação fundamental na pesquisa.

Agradeço a todos que participaram da pesquisa O/D, que dispuseram o seu tempo e colaboraram para o enriquecimento do banco de dados.

Agradeço à CTE *Ingénierie*, Matricial Engenharia, STE e à TRENSURB pela oportunidade de atuar como profissional na área de engenharia.

Agradeço aos meus amigos por estarem comigo em todos os momentos. A vida com vocês é muito melhor!

Agradeço a minha família por apoiar a minha formação acadêmica e profissional. Meus tios, tias, primos, primas, sogros, cunhados e concunhadas, muito obrigada!

Por fim, agradeço aos meus pais, Nara e Mauro, minha vó, Vera, à Jolie e ao meu Fernando, por todo apoio, companheirismo, carinho e amor durante essa e todas as outras fases da minha vida.

RESUMO

As pesquisas de origem e destino (Pesquisas O/D) são tradicionalmente realizadas a partir do relato dos participantes de todas as viagens ocorridas nos últimos dias. No entanto, uma série de estudos realizados recentemente aponta que existem equívocos nos relatos dos participantes nas pesquisas O/D tradicionais, principalmente em relação à distância e ao tempo dos percursos relatados. Esses estudos apontam a utilização da tecnologia GPS (*Global Positioning System*) como uma forma confiável para a obtenção de informações sobre cada etapa de viagem. A tecnologia GPS, apesar de suas limitações, está disponível popularmente nos últimos anos e apresenta resultados significativos de registros em tempo real, inclusive de viagens curtas. Dessa forma, foram levantadas as experiências internacionais de estudos de pesquisas O/D segmentadas por etapa de viagem, utilizando a tecnologia GPS. Com base nisso, foi aplicada uma pesquisa de origem e destino na Região Metropolitana de Porto Alegre com GPS e com Entrevistas posteriores. Os estudos estrangeiros apontam que essa é a melhor forma para obtenção dos dados e minimização dos erros. Os dados coletados na pesquisa O/D foram tabulados em um banco de dados e as informações registradas foram tratadas em softwares gráficos gratuitos. Sendo assim, foi possível cruzar os dados relatados pelos participantes na entrevista com os dados registrados pelo aparelho GPS. As análises apontam que todos os indivíduos apresentaram discrepâncias no relato da duração e da distância, em comparação aos dados efetivamente registrados. Essas discrepâncias foram tanto positivas quanto negativas. As implicações dessas diferenças entre os dados relatados e registrados no GPS para fins de modelagem foram vistas nos modelos de escolha modal *Logit Multinomial* elaborados. O modelo elaborado a partir de dados registrados pelo GPS aponta ajustes apropriados e resultado significativo de variáveis. O modelo elaborado com base nos dados relatados não se comporta como o esperado, conforme as hipóteses previamente estabelecidas, e apresenta variáveis não significativas.

Palavras-chave: pesquisa O/D, GPS, coleta de dados, modelo de escolha modal, planejamento de transportes.

ABSTRACT

Origin and destination surveys are traditionally made from the participants' reports of all trips occurring in the last days, known as Diary Trip. However, a number of recent studies show that there are mistakes in the accounts of participants in traditional origin and destinations surveys, especially in relation to distance and time. These studies point the use of GPS (Global Positioning System) technology as a reliable way to obtain information about each trip leg. GPS technology, despite its limitations, is popularly available in recent years and presents significant results of real-time records, including short trips. Therefore, we surveyed the experiences of international origin and destination studies segmented by leg trip, using GPS technology. Based on this, a origin and destination survey was applied in the metropolitan region of Porto Alegre with GPS and Diary Trip. Foreign studies indicate that this is the best way to obtain the data and minimizing errors. The data collected in the origin and destination survey were tabulated in a database and the information recorded was treated in free graphics software. Therefore, it was possible to cross the data reported by the participants in the Diary Trips with the data recorded by the GPS. The analyzes suggest that all subjects had discrepancies in reporting the duration and distance, compared to the data actually reported. These discrepancies have been both positive and negative. The implications of these differences, between reported and recorded on the GPS data, for modeling, can be seeing in the modal choice model Multinomial Logit elaborate. The model developed from data recorded by the GPS indicates appropriate adjustments and significant outcome variables. The model developed based on reported data does not behave as expected, as previously established hypotheses, and presents no significant variables.

Keywords: origin and destination survey, GPS, data collection, modal choice model, transportation planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Sistema atual de satélites	20
Figura 2 – Histogramas	40
Figura 3 – Etapas de viagens realizadas	41
Figura 4 – Perfil dos entrevistados	41
Figura 5 – Discrepâncias entre distâncias relatadas e registradas em etapas de viagens curtas	45
Figura 6 – Discrepâncias entre distâncias relatadas e registradas em etapas de viagens longas	47
Figura 7 – Discrepâncias entre duração relatadas e registradas em etapas de viagens curtas.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pesquisas de origem e destino realizadas com a utilização de GPS com levantamento de todas as etapas de viagem	26
Tabela 2 – Motivo das etapas de viagem a pé	43
Tabela 3 - Resultados obtidos das análises das distâncias para etapas de viagens curtas	44
Tabela 4 – Comparação múltipla de médias de distância das etapas de viagens curtas	45
Tabela 5 - Valores médios e desvios padrão das discrepâncias de distância relativa	46
Tabela 6 - Resultados obtidos das análises entre distâncias para etapas de viagens longas....	46
Tabela 7 - Resultados obtidos das análises entre durações para etapas de viagens curtas	48
Tabela 8 – Comparação múltipla de médias de duração das etapas de viagem curtas	48
Tabela 9 - Valores médios e desvios padrão das discrepâncias de duração relativa	49
Tabela 10 - Número de viagens coletadas por modal.....	58
Tabela 11 - Número de viagens coletadas por motivo	59
Tabela 12 - Dados coletados para cada viagem.....	60
Tabela 13 - Dados de velocidade de cada parte de viagem de automóvel registrada.....	61
Tabela 14 - Tempo de espera nas paradas de ônibus registrados	63
Tabela 15 – Modelos de escolha modal com dados registrados e com dados relatados	64

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	13
1.2 JUSTIFICATIVA	14
1.3 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2. ARTIGO 1.....	17
1 INTRODUÇÃO	18
2 O SISTEMA GPS	19
2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA.....	19
2.2 LIMITAÇÕES DO USO	21
3 APLICAÇÕES DO SISTEMA GPS	22
4 MAPEAMENTO DAS PESQUISAS DE ORIGEM E DESTINO REALIZADAS COM A UTILIZAÇÃO DE GPS	24
5 CONCLUSÃO.....	29
3. ARTIGO 2.....	34
1 INTRODUÇÃO	35
2 A EVOLUÇÃO DA PESQUISA ORIGEM E DESTINO.....	36
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	37
3.1 DISPOSITIVO GPS UTILIZADO.....	37
3.2 PROGRAMAS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS.....	38
3.3 METODOLOGIA DE COLETA DE DADOS	38
3.4 METODOLOGIA DA ANÁLISE DE DADOS.....	39
4 RESULTADOS	40
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	40
4.2 PROBLEMAS IDENTIFICADOS.....	42
4.3 ANÁLISE DOS DADOS RELATADOS E REGISTRADOS	43
5 CONCLUSÃO.....	49
4. ARTIGO 3.....	53
1 INTRODUÇÃO	54
2 METODOLOGIA.....	55
3 DADOS	57

3.1	DADOS COLETADOS DA PESQUISA DA ORIGEM E DESTINO.....	57
3.2	DADOS COMPLEMENTARES.....	60
4	MODELAGEM DE ESCOLHA MODAL	64
5	CONCLUSÃO.....	65
5.	CONCLUSÕES.....	69
5.1	PRINCIPAIS CONCLUSÕES	69
5.2	REVISÃO DOS OBJETIVOS	72
5.3	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	73
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
7.	APÊNDICE I.....	78
8.	APÊNDICE II.....	81
9.	APÊNDICE III.....	84

1. INTRODUÇÃO

As pesquisas de origem e destino (Pesquisas O/D) são realizadas tradicionalmente a partir do relato dos participantes de todas as viagens ocorridas em um período estabelecido. Os participantes descrevem: motivo da viagem, localização da origem e do destino, hora de início e hora de fim e modo de transporte utilizado. Ainda, são anotados seus dados socioeconômicos, tais como: idade, sexo, renda e grau de escolaridade.

No entanto, uma série de estudos realizados recentemente (Bohte e Maat, 2009; Lee e Wolf, 2010; Bricka *et al.*, 2011; Houston *et al.*, 2011; Gong *et al.*, 2012; Oliveira *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2012; Stopher *et al.*, 2012) relata que existem erros significativos nos relatos. Os participantes frequentemente esquecem ou adicionam viagens não realizadas e têm percepção errônea com relação aos horários e às distâncias percorridas. Assim, as informações obtidas a partir de relatos podem levar a um conjunto de dados imprecisos.

Esses estudos apontam a utilização da tecnologia GPS (*Global Positioning System*) como uma forma mais confiável para a obtenção de certas informações sobre as viagens, como a duração, o comprimento, a localização das origens e destinos e a rota utilizada pelos participantes. Contudo, inferem que as informações sobre o modo de transporte utilizado e o motivo da viagem são melhor obtidos a partir do relato dos participantes. Entretanto, alguns estudos apontam que essas informações também podem ser obtidas por registros do GPS, indiretamente: Segundo Lee *et al.* (2012) e Gong *et al.* (2012), pode-se fazer inferência sobre o modo de transporte utilizado a partir da velocidade da viagem e; segundo Bohte e Maat (2009) e Gong *et al.* (2012) é possível obter o motivo da viagem a partir da localização dos

pontos de origem e destino, sobre uma base de dados georreferenciada em GIS (*Geographic information system*).

A tecnologia GPS está disponível para uso popular desde 1980 e começou a ser utilizada em estudos de deslocamentos de veículos, próximo ao ano 2000. A partir do ano de 2008 o uso da tecnologia intensificou, inclusive registrando dados de etapas de viagem bastante curtos, como de acesso a pé ao estacionamento. Esses dados geralmente não são relatados pelos participantes em uma pesquisa O/D tradicional.

Diante dessas considerações, ampliando o uso de informações disponíveis para a coleta de dados em engenharia de transportes, essa dissertação apresenta as aplicações de coleta de dados com GPS em pesquisas O/D em desenvolvimento no mundo e a aplicação de uma pesquisa O/D com auxílio de GPS na Região Metropolitana de Porto Alegre. A partir dos dados coletados, foram calculadas as discrepâncias entre os dados relatados pelos participantes e os dados registrados pelo aparelho GPS, em relação à duração e ao comprimento de cada etapa de viagem. Ainda, a partir do banco de dados concretizado, foram elaborados modelos de escolha modal, através dos quais é possível observar claramente a influência dos dados relatados e dos dados registrados pelo GPS na qualidade dos modelos desenvolvidos.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo principal desta dissertação é analisar a utilização da tecnologia GPS em pesquisas de origem e destino.

Os objetivos específicos desta dissertação são:

- a) apresentar as aplicações de coleta de dados com GPS em pesquisas de origem e destino consolidadas e em desenvolvimento no mundo;
- b) analisar as limitações da tecnologia GPS nas aplicações de pesquisa de origem e destino;

- c) desenvolver uma pesquisa de origem e destino através de GPS e Entrevistas posteriores em um estudo de caso na Região Metropolitana de Porto Alegre;
- d) analisar as discrepâncias nas informações fornecidas pelo GPS e pela Entrevista posterior sobre tempo e distância nas etapas de viagens realizadas;
- e) analisar a influência da utilização de dados provenientes de GPS e da Entrevista posterior em ajustes e resultados de modelos de escolha modal.

1.2 JUSTIFICATIVA

Os dados das pesquisas O/D são utilizados comumente como base para o planejamento de transportes de uma região. Por isso, é de suma importância que sejam obtidos a partir de uma fonte confiável. Assim, pode ser ordenada uma malha viária coerente com a demanda, que acomode todos os modos de transporte disponíveis, inclusive a pé.

A tecnologia GPS está disponível para ser aplicada em larga escala atualmente. Em Engenharia de Transportes, o GPS está sendo empregado amplamente, sobretudo para: monitorar veículos de transporte coletivo ao longo do itinerário (Parra, 2005), controlar os sistemas de gerenciamento de tráfego (Aguilera *et al.*, 2003), consolidar bancos de dados, que foram utilizados posteriormente para obtenção de informações sobre o padrão de viagem e as rotas escolhidas pelos motoristas (Wolf, 2004). Nesse sentido, o sistema GPS também está sendo utilizado na coleta de dados de viagem em pesquisas de origem e destino (Bohte e Maat, 2009; Lee e Wolf, 2010; Bricka *et al.*, 2011; Houston *et al.*, 2011; Gong *et al.*, 2012; Oliveira *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2012; Stopher *et al.*, 2012; Wolf, 2004).

Sendo assim, visando explorar o potencial de coleta de dados com GPS em pesquisa O/D, foi desenvolvido nesse trabalho: (i) mapeamento das pesquisas de origem e destino realizadas com o uso de GPS, (ii) aplicação da pesquisa origem e destino com GPS na Região Metropolitana de Porto Alegre, (iii) análise das limitações da coleta de dados através de GPS na pesquisa; (iv) análise das discrepâncias das informações obtidas com GPS e com as Entrevistas, com relação à duração e comprimento das viagens e (v) formulação de modelos de escolha modal com a utilização de dados obtidos através de GPS e Entrevistas. Desta

forma, o presente estudo se justifica na medida em que aprofunda a discussão sobre a coleta de dados sobre vários modais, em planejamento de transportes.

1.3 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO

Este trabalho apresenta algumas limitações associadas à metodologia de coleta de dados, à amostragem e ao aparelho GPS utilizado. A pesquisa de origem e destino com GPS e Entrevista posterior foi aplicada na Região Metropolitana de Porto Alegre. Os participantes da pesquisa são habitantes dessa região e se deslocaram dentro dela. Assim, o estudo limita-se às características dos entrevistados e à área de abrangência. A pesquisa O/D foi realizada com a utilização de 1 dispositivo GPS, *Transystem i-Blue 747a+*. Outros dispositivos e locais de detecção poderiam levar a outros erros.

Ainda, para os ajustes nos modelos de escolha modal, o banco de dados da pesquisa O/D aplicada foi alimentado por informações complementares. A partir da localização da origem e do destino das viagens coletadas na pesquisa O/D, foram estimados dados de distância, tempo e custo para viagens utilizando outros modos de transporte disponíveis, como forma de avaliar a escolha pelo modo de transporte utilizado. Esses dados também são delimitações do estudo. Dados diferentes poderiam levar a outros ajustes na modelagem.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação contém cinco capítulos. O primeiro capítulo apresentou uma introdução às pesquisas de origem e destino com a utilização de GPS, destacando os objetivos, delimitações e estrutura desta dissertação. O estudo desenvolvido nesta dissertação é apresentado em forma de artigos científicos, que correspondem aos capítulos 2, 3 e 4.

O capítulo 2 corresponde ao artigo “Mapeamento das Pesquisas de Origem e Destino realizadas com o uso de GPS”. Esse artigo apresenta uma caracterização da pesquisa de origem e destino, baseada na literatura, mostrando as técnicas tradicionais utilizadas e um mapeamento dos métodos desenvolvidos nos últimos anos com a utilização da tecnologia GPS.

O capítulo 3 corresponde ao artigo “Análise das Discrepâncias entre Dados Relatados e Coletados com GPS em Pesquisas de Origem e Destino”. Nesse artigo, é apresentada a metodologia de coleta de dados, a aplicação da pesquisa na Região Metropolitana de Porto Alegre e a análise dos resultados obtidos quanto à discrepância dos dados relatados pelos participantes com os dados coletados pelo GPS. Este artigo foi apresentado no XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET), realizado em Belém em 2013, e consta nos anais do mesmo.

O capítulo 4 corresponde ao artigo “Influência dos dados relatados e registrados em GPS em modelos de demanda”. Nesse artigo, é apresentada a modelagem de escolha modal *Multinomial Logit* dos dados registrados pelo GPS e dos dados relatados pelos participantes.

O quinto capítulo apresenta as conclusões dessa dissertação e recomendações para trabalhos futuros. Em seguida, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas na dissertação e nos artigos que a compõe e os apêndices, utilizados nessa dissertação.

2. ARTIGO 1

Mapeamento das Pesquisas de Origem e Destino com Viagens Segmentadas Realizadas com o Uso de GPS

Adaptado do Artigo publicado no XIII SEPROSUL - Semana da Engenharia de Produção Sul-Americana

Marcelle Dorneles Ribeiro (PPGEP/UFRGS)

Ana Margarita Larrañaga (PPGEP/UFRGS)

Helena Beatriz Bettella Cybis (PPGEP/UFRGS)

Resumo

As geotecnologias atuais permitem a coleta, armazenamento e mapeamento de dados georreferenciados de forma precisa. Por esse motivo, nas últimas décadas, o sistema GPS está sendo utilizado em larga escala em diversas áreas científicas, inclusive em engenharia de transportes. Nesse contexto, está sendo desenvolvida, principalmente nos Estados Unidos, uma série de metodologias da utilização do sistema GPS em pesquisas de origem e destino. As primeiras pesquisas realizadas focavam na obtenção de dados de automóveis e transporte coletivo, uma vez que estes são geralmente o modo principal de uma viagem. No entanto, há cerca de 5 anos, foram realizadas pesquisas, com o auxílio do dispositivo GPS, que obtinham dados de todas as etapas da viagem, principalmente daquelas realizadas a pé de acesso ao modo principal. Essas pesquisas apontam que o dispositivo apresentou resultados satisfatórios, uma vez que foi possível obter a rota e informações precisas quanto à duração e o comprimento da viagem, muitas vezes relatadas equivocadamente pelos entrevistados. No entanto, elas também apontam a necessidade da realização de entrevista com os participantes no final da coleta, para se obter dados exatos quanto ao motivo e o modo de cada viagem, presumidos pelos GPS. Assim, com o cruzamento das informações armazenadas pelo GPS e das relatadas pelos entrevistados é possível se obter dados

seguros quanto às viagens realizadas, podendo ter um banco de dados confiável, com o qual se é possível elaborar um planejamento de transportes coerente com a demanda e podem ser elaboradas medidas necessárias que visam a melhor utilização do espaço viário disponível.

1 Introdução

O uso de técnicas matemáticas e computacionais para a obtenção e o tratamento de informação geográfica vem aumentando gradualmente, principalmente nas áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional. Nessas áreas, o geoprocessamento de dados é amplamente utilizado, uma vez que faz parte da tendência de obtenção de uma infraestrutura voltada para a análise de informações sobre o espaço geográfico. Com a utilização das geotecnologias (Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto, Sistema de Posicionamento Global – GPS, Sistema de Informações Geográficas – SIG) é possível realizar levantamentos, cadastramentos, monitoramentos e mapeamentos de forma cada vez mais precisa.

A utilização do sistema GPS (conforme denominado na literatura) foi consagrada nos anos 80 e, em crescimento acelerado, foi consolidada nos anos 90. A utilização desse sistema como ferramenta de localização e navegação tornou-se uma tecnologia conhecida popularmente. Assim, seu uso se tornou acessível a uma série de pessoas, não só especialistas em geotecnologias. Por causa disso, as áreas de aplicação do sistema GPS são diversas e elas englobam desde o mapeamento de regiões da superfície terrestre, cadastro georreferenciado, monitoramento de deformação dinâmico de grandes estruturas ao monitoramento de linhas de transporte coletivo e elaboração do planejamento de transportes de uma cidade, em pesquisas de origem e destino (Bernardi e Landim, 2002; Larocca, 2004).

Primeiramente, as pesquisas de origem e destino com o uso de GPS eram realizadas exclusivamente com automóveis, de forma a avaliar o deslocamento dos mesmos na malha viária. No entanto, nos últimos 5 anos foram realizadas pesquisas que obtiveram dados de todas as etapas da viagem, inclusive dos deslocamentos de acesso ao modo principal, geralmente a pé. Entretanto, por ser um procedimento recente, até então não está consolidada uma metodologia para a utilização do GPS nesse tipo de pesquisa. Nessas condições, esse artigo tem como objetivo principal identificar os estudos já elaborados sob essa perspectiva e como objetivo secundário entender o funcionamento e a aplicabilidade do sistema GPS, especialmente em engenharia de transportes.

Para tanto, esse artigo está dividido em 5 seções. Inicialmente é apresentado o funcionamento do sistema GPS, bem como sua evolução histórica e limitações, seguido pela utilização do dispositivo em engenharia de transportes, essencialmente em pesquisas de origem e destino. Por fim, é apresentada uma síntese das pesquisas de origem e destino com a utilização de GPS já realizadas, nas quais foram avaliadas todas as etapas de viagem, e a conclusão quanto à utilização dessa tecnologia em pesquisas de origem e destino.

2 O Sistema GPS

O Global Positioning System (GPS) é caracterizado como um sistema espacial. O princípio básico do funcionamento desse sistema consiste na transmissão e na recepção de sinais pelos satélites, por meio de ondas eletromagnéticas, de modo que o intervalo de tempo decorrido no percurso pode ser determinado. Uma vez que a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas é a velocidade da luz, podem ser calculadas as distâncias entre os satélites e o receptor que as rastreia. Com isso, é possível determinar as coordenadas da posição onde está o receptor, quando este está conectado com no mínimo 3 transmissores, formando uma triangulação. Para a obtenção da altitude é necessário um quarto transmissor. (Wagner, 1997; Bernardi e Landim, 2002; Coelho, 2003; Stopher, Prasad e Zhang, 2010).

Dessa forma, o GPS fornece a posição espacial, a velocidade e o tempo decorrido num sistema de referência comum, a qualquer momento, em qualquer ponto da superfície da Terra e independente das condições meteorológicas. Os dados podem ser emitidos em intervalos de milésimos de segundo ou conforme se programar. Devido à rápida obtenção de dados, sua utilização aumenta gradualmente com o tempo, se tornando um sistema padrão para georreferenciamento (Wagner, 1997; Coelho, 2003; Stopher, Prasad e Zhang, 2010).

2.1 Evolução Histórica

O primeiro sistema de satélites implantado foi o sistema de satélites denominado TRANSIT em 1967. Na época esse sistema foi utilizado principalmente para a navegação, para a prospecção de recursos naturais e para o controle de redes geodésicas. Em busca de melhores resultados, foi desenvolvido o Sistema de Posicionamento Global (GPS) *Navigation System Using Time and Ranging* (NAVSTAR), que permitiu alcançar melhores precisões (Bernardi e Landim, 2002).

O sistema GPS utilizado atualmente foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (*DoD/USA*) para a navegação, com propósitos militares. Contudo, o Congresso Americano constatou que o sistema teria um grande potencial para aplicações civis. Dessa forma, no início dos anos 80 o sistema foi amplamente divulgado e foram desenvolvidas diversas aplicações em levantamentos geodésicos e em sistemas de navegação. Em 1985, a rede era formada por 10 estações, das quais metade eram estações da Força Aérea dos Estados Unidos. A partir da década de 90, o GPS se tornou genuinamente popular. Esse fato foi consequência do avanço tecnológico no campo da microinformática, que permitiu aos fabricantes de rastreadores produzirem receptores GPS que processassem, no próprio receptor, os códigos dos sinais recebidos (Bernardi e Landim, 2002; Coelho, 2003; Larocca, 2004).

O sistema atual é composto por uma constelação de 24 satélites (21 ativos e 3 reservas) distribuídos em 6 planos orbitais com uma inclinação de 55 graus em relação ao plano do Equador, conforme apresenta a Figura 1. Eles estão localizados a cerca de 20 mil km de altitude da superfície terrestre. A cada 11 horas e 58 minutos, aproximadamente, eles completam uma volta inteira em torno da Terra. Dessa forma, a constelação atual de satélites GPS garante que a todo o instante, em qualquer lugar da superfície terrestre, pelo menos 3 satélites podem ser observados por qualquer receptor. Uma vez que um receptor precisa que pelo menos 3 satélites estejam no seu campo de visão para obter o correto cálculo da latitude e longitude e um quarto satélite para obter a altitude, o sistema apresenta uma eficácia significativa. O nível de precisão atual é de 10 metros, aproximadamente (Bernardi e Landim, 2002; Coelho, 2003; Wolf, Oliveira e Thompson, 2003; Larocca, 2004; Bohte e Maat, 2009; Stopher, Prasad e Zhang, 2010).

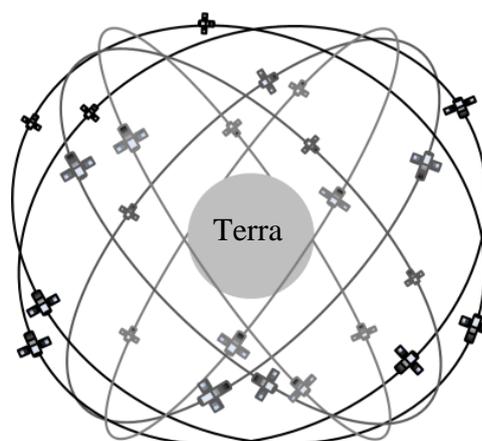


Figura 1- Sistema atual de satélites

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (IBGE) juntamente com outras instituições latino-americanas e internacionais, sob o patrocínio do *International Association of Geodesy* (IAG), criou em 1993 o Projeto de Referência Geocêntrico para a América do Sul (SIRGAS). O principal objetivo do SIRGAS foi estabelecer um sistema de referência para a América do Sul. Assim, o Brasil tem participado ativamente para o estabelecimento de redes de GPS de alta precisão no continente associados à criação de um banco de dados e centros de processamento. O estabelecimento das Redes de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBCM) no país é de grande importância para a geodesia a nível internacional (IBGE, 1994; Bernardi e Landim, 2002).

2.2 Limitações do Uso

O GPS proporciona ao usuário uma série de dados de forma confiável, inclusive sob condições precárias de cobertura (Stopher *et al.*, 2006). Os fatores mais importantes que determinam o sucesso de obtenção de valores posicionais com o GPS em condições adversas podem ser enquadrados em três categorias: (i) o ambiente, caracterizado essencialmente pela cobertura, que pode gerar um obstáculo entre o transmissor e o receptor; (ii) as técnicas de coleta de dados, que podem ser de modo estático ou dinâmico e (iii) o equipamento GPS, cujas características operacionais tem um papel determinante na coleta de dados (Bernardi e Landim, 2002).

Entretanto, são encontradas limitações quanto ao uso do sistema GPS. Elas são decorrentes de três naturezas distintas: (i) geometria da constelação de satélites; (ii) efeitos atmosféricos; e (iii) reflexão indesejada do sinal, denominada como multicaminhamento. A geometria instantânea do conjunto de satélites que se encontra acima do horizonte influencia diretamente na obtenção dos dados. É preciso que o GPS receba informações de pelo menos três satélites para formar uma triangulação e fornecer dados quanto ao posicionamento georreferenciado. Caso não receba, o sistema perde significativamente a precisão. Contudo, com a constelação de satélites atual, por meio de planos orbitais, o sistema GPS apresenta uma eficácia significativa (Coelho, 2003).

Os efeitos atmosféricos sobre o GPS são devidos principalmente às influências da ionosfera e da troposfera, camadas da atmosfera terrestre, que podem conter partículas que desviem os sinais enviados. O reflexo do efeito ionosfero pode variar de 1 metro a 100 metros e é uma função da posição, tempo e frequência utilizada. Já o efeito da troposfera não tem relação com

a frequência do dispositivo nem com a distância entre estações, mas com a refração nos sinais rastreados. O primeiro efeito pode ser eliminado com a utilização de instrumentos com duas frequências e o segundo efeito pode ser corrigido a partir de modelos teóricos em relação à troposfera (Bernardi e Landim, 2002; Coelho, 2003).

Por fim, o multicaminhamento é o resultado da reflexão indesejada do sinal por obstáculos próximos, que podem afetar tanto na propagação de códigos, quanto na recepção dos mesmos. Isto é, o aparelho GPS pode, em algumas circunstâncias, receber, além do sinal proveniente dos satélites, sinais refletidos em superfícies vizinhas, tais como construções, carros, árvores e cercas. Reflexões também podem ocorrer próximas aos satélites, durante a propagação dos dados, mas essas são menos frequentes, uma vez que eles não se encontram próximo de outros objetos refletores. Na prática, essa é a limitação mais comum do sistema nas grandes cidades. Além disso, os diferentes aparelhos GPS variam consideravelmente na resistência em aceitar os sinais de multicaminhamento (Coelho, 2003; Wolf, Oliveira e Thompson, 2003).

Entretanto, os aparelhos estão sendo aprimorados, visando minimizar as limitações da tecnologia. Grande parte dos aparelhos GPS lançados atualmente são capazes de gravar a posição exata mesmo dentro de edifícios altos e em infraestruturas em concreto armado (Stopher *et al.*, 2006; Stopher, FitzGerald e Zhang, 2008). Dessa forma, Stopher, FitzGerald e Zhang (2008) destacam que apesar de haver limitações, a tecnologia GPS é potencialmente precisa para coleta de dados e pode ser aplicada largamente na coleta de dados de forma confiável.

3 Aplicações do Sistema GPS

O sistema GPS está sendo utilizado em larga escala em engenharia, principalmente na implantação de linhas de transmissão, construção de oleodutos e gasodutos, determinação de poligonal de apoio para locação de estradas, construção de barragens de hidrelétricas e na coleta de dados para cadastro multifinalitário (Larocca, 2004). Na topografia, a precisão desse sistema permite utiliza-lo para determinar ângulos, distâncias, áreas, coordenar pontos e efetuar levantamentos. Em Engenharia de Transportes, o GPS está sendo empregado essencialmente para monitorar, controlar e auxiliar no planejamento de uma rede de transportes específica.

O monitoramento de veículos de transporte coletivo ao longo do itinerário também pode ser realizado a partir da utilização de GPS, tal como implantado no Transmilênio, em Bogotá (Parra, 2005). Dessa forma, torna-se possível fiscalizar eletronicamente o cumprimento e a pontualidade do transporte público urbano ou rodoviário. Além disso, pode ser implantado um sistema de informação que apresenta em tempo real a localização dos veículos aos usuários que estão nos pontos de parada, de forma que seja informado o tempo de espera para os próximos veículos, aumentando a capacidade de gestão e indiretamente a confiabilidade no sistema.

No controle dos sistemas de gerenciamento de tráfego, a introdução dos sistemas de rastreamento, monitoração e roteirização de veículos representa uma significativa inovação. O uso de GPS pode ser aplicado em grande escala na implantação de rastreadores em veículos que fornecem a latitude e a longitude em tempo real. Nesse contexto, o desenvolvimento de sistemas de informação trouxe perspectivas para os transportes e para a logística possibilitando o aumento da eficiência das operações de tráfego, a redução do consumo de combustível e a redução do número de acidentes e de roubos de carga (Aguilera *et al.*, 2003).

O sistema GPS está sendo utilizado para a obtenção de dados quanto ao deslocamento de veículos em uma malha viária específica. Como por exemplo, o GPS foi utilizado na Suécia, nas cidades de Borlänge, Lund e Lidköping em um estudo de dois anos de duração que teve como objetivo principal avaliar a velocidade de automóveis no espaço urbano. Em Copenhague, na Dinamarca, 4 mil veículos foram equipados com GPS em um estudo que verificou o comportamento dos motoristas frente a mudanças do preço de estacionamento. Em Atlanta, nos Estados Unidos, foi realizado um estudo que avaliou o impacto das taxas baseado no comportamento de motoristas. Não obstante, essas três pesquisas tem uma similaridade. Nelas, foram consolidados bancos de dados, que foram utilizados posteriormente para obtenção de informações sobre o padrão de viagem e as rotas escolhidas pelos motoristas (Wolf, 2004).

Nesse sentido, o sistema GPS também está sendo utilizado na coleta de dados de viagem individual em pesquisas de origem e destino (Wolf, 2004). Tradicionalmente, o método de obtenção de dados em pesquisas dessa natureza é a partir do relato dos entrevistados, com relação às viagens já realizadas por eles (Wolf, Oliveira e Thompson, 2003). No entanto, as Entrevistas agregam os enganos relatados pelos participantes, causados pela percepção

equivocada das viagens realizadas (Arruda e Silva, 2004). Por conseguinte, a principal vantagem do uso de GPS em pesquisas de origem e destino é a obtenção de informação precisa das rotas, tempo e distância (Wolf, Oliveira e Thompson, 2003; Bohte e Maat, 2009). Por esse motivo, está sendo estudada uma série de metodologias em diversas partes do mundo com o objetivo de implantar efetivamente o uso de sistema GPS em pesquisas de origem e destino. As pesquisas variam entre a utilização exclusiva do GPS na coleta ou a utilização do GPS como forma de auxílio às entrevistas posteriores.

4 Mapeamento das Pesquisas de Origem e Destino Realizadas com a Utilização de GPS

Por causa da precisão da tecnologia GPS, em diversos lugares do mundo, principalmente nos Estados Unidos, estão sendo realizadas pesquisas O/D com a utilização, exclusiva ou não, de aparelhos GPS. A primeira utilização de GPS em pesquisas de origem e destino ocorreu em Austin nos Estados Unidos, no ano de 1997 (Wolf, 2004). A partir dessa data surgiram várias outras pesquisas, se diferenciando basicamente no tamanho da amostra, no tipo, na quantidade de aparelhos utilizados e na abordagem aos entrevistados. As pesquisas tiveram como objetivo, além da obtenção dos dados, avaliar o comportamento do aparelho nesse tipo de aplicação.

Na literatura existe uma série de estudos com a utilização de GPS para a obtenção de dados referentes aos padrões de viagem em pesquisas de origem e destino. São exemplos: (i) *California Satewid Household Travel Survey (HTS)*, em 2001; (ii) *SCAG Los Angeles HTS*, de 2001 a 2002; (iii) *Pittsburgh HTS*, em 2001; (iv) *Ohio Statewide HTS*, de 2001 a 2002; (v) *Laredo Texas HTS*, em 2002; (vi) *Saint Louis HTS*, em 2002; (vii) *Tyler Longview Texas HTS*, em 2003 e; (viii) *Kansas City HTS*, em 2004. No entanto, essas pesquisas foram realizadas para obter informações do modo principal de cada viagem, sendo muitas vezes o automóvel. As pesquisas em automóveis têm como vantagem a utilização conjunta da bateria do automóvel pelo o aparelho GPS e o melhor sinal no aparelho quando a antena está localizada no para-brisa do veículo (Wolf, 2004; Stopher, FitzGerald e Zhang, 2008; Oliveira *et al.*, 2011).

No entanto, o sistema GPS pode ser utilizado em viagens de outros modos de transporte não motorizados também. Em pesquisas de deslocamentos de automóveis ou de veículos de transporte coletivo, os modos secundários utilizados, tais como viagens a pé de acesso a

paradas de ônibus ou a estacionamentos, são desprezados (Stopher *et al.*, 2006; Du, e Aultman-Hall, 2007; Houston *et al.*, 2011). Tradicionalmente, isso ocorreu devido à necessidade de produção de modelos de viagens motivados em grande parte pela previsão da demanda por viagens de automóvel ou no dimensionamento das linhas de transporte coletivo. No entanto, com o aumento da capacidade de modelagem atual é possível representar os vários estágios multimodais de uma viagem. Essa modelagem é importante para acomodar de maneira confortável todos os usuários do sistema viário e dessa forma promover um planejamento integral da cidade (Stopher e Greaves, 2007). Com isso, é possível elaborar medidas para melhorar os problemas de mobilidade, sobretudo dos pedestres (Larrañaga e Cybis, 2010).

As pesquisas de origem e destino realizadas com o auxílio de GPS, obtendo informações quanto a todas as etapas de viagens realizadas, vem sendo estudada a partir de 2008, principalmente nos Estados Unidos. Nessas pesquisas, os entrevistados carregam um dispositivo GPS consigo em todos os deslocamentos, na quantidade de dias determinados e, após o período de coleta, são entrevistados sobre as viagens realizadas naquele período. Durante a entrevista, eles indicam o modo utilizado, o tempo e a distância que perceberam de cada viagem. Dessa forma, é possível cruzar os dados relatados com os dados armazenados pelo aparelho e se obter dados completos quanto às viagens realizadas (Gleave e GeoStats, 2003; Stopher e Greaves, 2007).

Nesse contexto, a Tabela 1 apresenta 6 pesquisas desse tipo desenvolvidas nos últimos 5 anos. Estão discriminados: (i) autor; (ii) título; (iii) local; (iv) data de publicação; (v) objetivo; (vi) o número de entrevistados e; (vii) número de segmentos de viagens coletados. Ressalta-se que, está sendo realizada uma pesquisa com o mesmo enfoque em Jerusalém, Israel (Oliveira *et al.*, 2011). No entanto, até o momento somente foram divulgados dados preliminares e, por esse motivo, essa pesquisa não consta na Tabela 1. O mesmo ocorre em uma pesquisa realizada no Reino Unido (Lee e Wolf, 2010). Até o momento, Lee e Wolf (2010) fizeram uma pesquisa com os aparelhos GPS existentes no mercado para verificar a eficácia dos mesmos em pesquisas de origem e destino com a avaliação das etapas de viagem. No entanto, uma vez que a pesquisa envolveu uma série de aparelhos distintos e foi uma pesquisa-piloto não está contida na Tabela 1.

Tabela 1 - Pesquisas de origem e destino realizadas com a utilização de GPS com levantamento de todas as etapas de viagem

Autor	Título da pesquisa	Região da aplicação da pesquisa	Data da publicação	Objetivo	Número de entrevistados	Número de etapas de viagens
<i>Stopher et al.</i>	Entrevistas domiciliares com auxílio de GPS na cidade de Cincinnati, na região de Ohio.	Ohio – Estados Unidos	2012	Investigar se a tecnologia GPS é suficientemente desenvolvida para substituir as entrevistas domiciliares.	3.849	60.900
<i>Lee et al.</i>	O uso de dados obtidos de GPS em pesquisas domiciliares para avaliar a atividade física.	Massachusetts – Estados Unidos	2012	Avaliar a utilização de GPS em pesquisas, correlacionando os dados coletados de viagens a pé e de bicicleta como atividade física.	900	12.551
<i>Gong et al.</i>	Método de GPS/GIS para detectar o modo de viagens na cidade de Nova York.	Nova York - Estados Unidos	2011	A partir do cruzamento entre dados georreferenciados em GIS e registrados no GPS, identificar os modos das viagens coletadas.	49	345
<i>Bricka et al.</i>	Análise dos fatores que influenciam as diferenças entre levantamentos relatados e obtidos através de GPS.	Indiana – Estados Unidos	2011	Comparar viagens relatadas pelos participantes e registradas no aparelho GPS.	265	1.555
<i>Houston et al.</i>	Utilização avançada de GPS para monitoramento e avaliação das implicações das viagens não declaradas nas entrevistas domiciliares.	Califórnia - Estados Unidos	2011	Examinar a quantidade de viagens relatadas equivocadamente e a relação entre a exposição dos participantes a poluição em um ambiente externo.	47	908
<i>Bohte e Maat</i>	Derivação e validação dos motivos e modos de transporte para múltiplos dias baseados em levantamentos com GPS.	Utrecht e Flevoland - Holanda	2009	Elaborar uma metodologia para a obtenção do motivo e do modo da viagem a partir de dados georreferenciados.	1.104	33.868

A pesquisa realizada na cidade de Cincinnati, na região de Ohio, foi a primeira pesquisa realizada com GPS em larga escala nos Estados Unidos. Após a realização de uma pesquisa piloto, a coleta de dados foi realizada de agosto de 2009 a agosto de 2010. Na coleta, os participantes levaram consigo o GPS em todas as viagens realizadas em um período de 3 dias. Após esse período, os dados foram armazenados e mapeados e foi enviado um mapa por e-mail para os entrevistados contendo as viagens realizadas pelos mesmos. Os entrevistados foram orientados a preencher informações no mapa quanto aos deslocamentos efetuados. Ao todo, foram levantadas informações completas de 3.849 pessoas, totalizando 60.900 viagens. No entanto, apenas 989 pessoas preencheram corretamente os dados no mapa recebido por e-mail, as demais preencheram alguma parte equivocada, ou não responderam. Por conseguinte, a principal conclusão obtida é a viável aplicação do GPS em pesquisas dessa natureza, uma vez que os dados registrados das viagens formaram um banco de dados bastante rico e confiável. No entanto, os autores indicam a utilização de outra forma para a captação de dados dos entrevistados, para se obter melhor veracidade. Ainda, indicam a utilização de outro método, uma vez que os dados obtidos a partir da internet não tiveram resultados satisfatórios (Stopher *et al.*, 2012).

A pesquisa realizada na região de Massachusetts, nos Estados Unidos teve o objetivo de avaliar a utilização de GPS em pesquisas, de forma a obter dados quanto às viagens a pé ou de bicicleta, correlacionando-as como atividade física realizada pelos participantes. A pesquisa foi realizada no período entre junho de 2010 e junho de 2011, na qual 900 entrevistados carregaram o dispositivo GPS consigo durante 2 dias da semana. No total, foram registradas 12.551 viagens. O estudo conclui uma relação positiva entre transporte coletivo e nível de atividade física, uma vez que para cada viagem de transporte coletivo são necessárias 2 viagens a pé, de ida e de volta da parada, principalmente para as pessoas que tem sua moradia, escola e/ou trabalho próxima a uma parada e podem usufruir de transporte coletivo. Além disso, os autores concluem a viabilidade da utilização do GPS nesse tipo de análise (Lee *et al.*, 2012).

A coleta de dados realizada em Nova York nos Estados Unidos foi realizada em duas etapas. A primeira contou com a participação de 35 pessoas, que carregaram o GPS em 1 semana inteira no outono de 2008, na qual os entrevistados responderam a um Diário de Viagem no último dia de coleta sobre todos os dias da semana. Na segunda etapa foram coletados dados

do deslocamento de 28 pessoas, que carregaram o GPS em 5 dias durante a primavera de 2009, que responderam ao questionário de 1 dia das viagens coletadas, escolhido por eles. No final, foram analisados apenas os dias que foram relatados no Diário de Viagens para cruzar com os dados obtidos pelo GPS. Assim, foram analisados os dados de 49 dias, dos quais 25 foram obtidos na primeira etapa e 24 na segunda etapa. A pesquisa teve como objetivo a elaboração de um algoritmo para aferir o modo utilizado em cada viagem, a partir das velocidades e das rotas. O algoritmo foi elaborado a partir do cruzamento dos dados registrados no GPS com uma base de dados georreferenciada em GIS da cidade. O algoritmo obteve resultado satisfatório, com taxa de acerto de 82,6% (Gong *et al.*, 2011).

A pesquisa realizada na cidade de Indianópolis, nos Estados Unidos, teve como objetivo analisar a diferença entre os dados relatados com os dados registrados nos aparelhos GPS. A pesquisa contou com a participação de 272 pessoas que carregaram consigo o GPS durante 1 dia no ano de 2009. No entanto, apenas os dados de 265 pessoas foram considerados válidos. Essas pessoas relataram ter efetuado o total de 1.533 viagens, contudo o dispositivo armazenou 1.555 viagens. Após o cruzamento dos dados relatados e registrados, foi concluído que 22% das pessoas relataram que fizeram mais viagens que as detectadas no GPS, 49% reportaram o mesmo número de viagem e 29% relataram ter realizado um número menor de viagem que o número registrado no aparelho. A partir disso, os autores elaboraram uma metodologia, que continha duas opções para o motivo da viagem (a trabalho ou não) como variável dependente e elaboraram um modelo empírico. A pesquisa teve como conclusão que o aparelho GPS deve ser utilizado de forma conjunta com entrevistas posteriores para se obter dados de forma confiável (Bricka *et al.*, 2011).

O objetivo da pesquisa realizada na região da Califórnia nos Estados Unidos foi identificar a quantidade de locais que os entrevistados estiveram e não relataram na entrevista e analisar a exposição dessas pessoas ao ambiente externo. Foram coletados dados de 51 pessoas, que carregaram consigo o GPS por 2 ou 3 dias. No entanto, os dados de 4 pessoas foram desconsiderados por equívocos no aparelho ou no relato. Dessa forma, foram analisados dados de 47 pessoas, que realizaram o total de 908 viagens em 131 dias de coleta. Os resultados apontam que os participantes não relataram corretamente metade das viagens registradas no dispositivo. Isso significa que a posição exata em 3 horas por dia foi relatada equivocadamente e 0,6 horas das viagens foram ditas de forma equivocada. Além disso, os

resultados apontam que as pessoas ficam expostas a poluição do ar durante cerca de 50 minutos a cada 5 horas por dia e ficam expostas a poluição de veículos cerca de 30 minutos a cada 4 horas por dia, caso se encontre próximo a rotas de caminhões (Houston *et al.*, 2011).

Por fim, a pesquisa realizada na Holanda teve como objetivo a concepção de uma metodologia de coleta capaz de aferir modos e propósitos em cada viagem, além de obter as coordenadas de localização dos destinos e as distâncias, horários e duração de cada viagem de forma mais exata possível e com a mínima interação necessária com os participantes. Foram coletados dados de 1.104 pessoas nas cidades de Amersfoort e Veenendaal, na região de Utrecht e Zeewolde na região de Flevoland, que carregaram consigo o dispositivo por 7 dias consecutivos. Os participantes realizaram um total de 33.868 viagens nesse período. No final da coleta, os participantes receberam um e-mail com um mapa com a rota realizada e espaços para preenchimento de dados quanto aos destinos e os modos de cada viagem. Com a elaboração de um algoritmo foram comparados os dados estimados a partir de um banco de dados em GIS onde foi alocada a rota do entrevistado e inserida a velocidade registrada e os dados preenchidos pelos entrevistados. Os resultados apontam que 75% dos modos das viagens foram estimados corretamente pelo algoritmo. Assim, a conclusão obtida pelos autores é que a utilização de GPS e um banco de dados em GIS são grandes ferramentas conjuntas para o método de coleta de dados (Bohte e Maat, 2009).

5 Conclusão

O sistema GPS está disponível para a utilização em diversas áreas científicas nas últimas décadas. Ele apresenta uma tecnologia suficiente para coletar e armazenar dados em tempo real, de maneira segura. Isso ocorre porque a constelação de satélites atual permite o rastreamento em qualquer lugar da superfície terrestre. Assim, apesar das limitações do sistema, tais como a geometria da constelação de satélites, a atmosfera e o multicaminhamento, os resultados obtidos em diferentes análises comprovam que o dispositivo gera resultados confiáveis, com nível de precisão na ordem de 10 metros. Assim, a tendência da utilização desse sistema tende a aumentar cada vez mais.

A utilização do sistema GPS em pesquisas de origem e destino é recente. As primeiras pesquisas realizadas em torno do ano 2.000 eram focadas no modo principal de uma viagem, geralmente o automóvel ou veículos de transporte coletivo. No entanto, nos últimos 5 anos, foi executada uma série de pesquisas com todas as etapas das viagens, inclusive àquelas de

acesso aos modais principais, muitas vezes, a pé. Essas pesquisas foram realizadas principalmente nos Estados Unidos, inclusive estudos de larga escala. No entanto, estão sendo preparadas pesquisas dessa natureza em outras partes do mundo, com o auxílio do GPS.

De maneira geral, as pesquisas tiveram objetivos distintos, com diferentes propósitos e diferentes tamanhos de amostras. No entanto, todas avaliaram, diretamente ou indiretamente, o desempenho dos dispositivos GPS em viagens segmentadas a partir do modo de transporte. A avaliação dos resultados dos estudos de casos analisados mostra que as coletas a partir de dispositivos GPS tem um grande potencial. Entretanto, elas indicam que os resultados dependem diretamente da qualidade do aparelho utilizado e que o método de coleta de dados por GPS deve ser utilizado conjuntamente com entrevistas posteriores, de forma a obter resultados mais eficazes quanto ao motivo e o modo utilizado (Houston *et al.*, 2011, Bricka *et al.*, 2011, Gong *et al.*, 2011, Lee *et al.*, 2012).

As pesquisas realizadas nas 3 cidades da Holanda (Amersfoort, Veenendaal e Zeewolde) e na cidade de Cincinnati nos Estados Unidos foram aplicadas em larga escala. A primeira indica a viabilidade da utilização conjunta do GPS com uma base de dados GIS georreferenciada. Dessa forma, é possível estimar os motivos das viagens a partir dos pontos de origem e destino sobre a base GIS. Além disso, é possível obter informação se a viagem foi realizada com veículos motores ou não, a partir de dados da velocidade registrados no dispositivo GPS (Bohte e Maat, 2009). A segunda teve como principal conclusão que é viável empreender dispositivos GPS em pesquisas de origem e destino com segmentação de viagens. No entanto, esse pode ser aplicado de forma conjunta com o relato dos participantes para obter dados quanto ao modo e o motivo das viagens. Os autores ressaltam que a utilização conjunta do sistema GPS e Entrevistas posteriores ultrapassa o que se pode ser alcançado a partir de qualquer outra forma de pesquisa (Stopher *et al.*, 2012).

As demais pesquisas indicam a importância da utilização de tecnologia na coleta de dados. Os dados coletados somente a partir de relatos imprimem muitos erros, tanto de comprimento, quanto de duração das viagens (Houston *et al.*, 2011). Todavia, elas indicam a utilização de entrevistas posteriores para cruzamentos de dados relatados e registrados pelo GPS. Para isso, ambas citam a internet, visando minimizar o tempo despendido em encontrar os entrevistados pessoalmente (Gong *et al.*, 2011). No entanto, concluem que as entrevistas realizadas com a utilização da internet não são recomendadas para ser aplicada com pessoas idosas ou muito

jovens, uma vez que elas não possuem o domínio suficiente da tecnologia, podendo gerar erros de relatos em grande magnitude (Bohte e Maat, 2009; Bricka *et al.*, 2011).

Uma vez que os dados coletados em pesquisas de origem e destino são utilizados frequentemente para a elaboração do planejamento de transportes de uma região, é importante que eles sejam obtidos a partir de uma fonte confiável. Assim, podem ser elaboradas medidas coerentes com a demanda, que conduzam a uma melhor ocupação do sistema viário disponível para todos os modos de transporte, inclusive a pé. Para tanto, a tecnologia GPS se mostrou adequada, principalmente quando utilizada conjuntamente com Entrevistas posteriores.

Referências Bibliográficas

AGUILERA, L. M., GIMENEZ, C, BACIC, M. J. E NETO, R. F. 2003. Sistemas de gerenciamento de transportes – Estudo de caso. Anais do X Simpósio de Engenharia de Produção- SIMPEP. Bauru: Departamento de Engenharia de Produção. Unesp, 2003. v.1. p.1 – 10

ARRUDA, F. E SILVA, A. N. R. 2004. Diários de atividades: Uma metodologia alternativa de coleta de dados para planejamento de transportes. XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Florianópolis, Santa Catarina.

BERNARDI, J. V. E. E LANDIM, P. M. B. 2002. Aplicação do sistema de posicionamento global (GPS) na coleta de dados. Laboratório de Geomatématica, UNESP, Texto Didático 10, Rio Claro, SP.

BOHTE, W. E MAAT, K. 2009. Deriving and validating trip purposes and travel modes for multi-day GPS-based travel surveys: A large-scale application in the Netherlands. Anais Transportation Research Part C: Emerging Technologies, v. 17, p. 285-297.

BRICKA, S. G., SEN, S., PALETI, R. E BHAT, C. R. 2011. An analysis of the factors influencing differences in survey-reported and GPS-recorded trips. Journal of Transportation Research Part C 21, p. 67–88.

COELHO, A. C. S. 2003. Avaliação do desempenho de receptores GPS em levantamentos altimétricos, para fim de sistematização de terras. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

DU, J. E AULTMAN-HALL, L. 2007. Increasing the accuracy of trip rate information from passive multi-day GPS travel datasets: Automatic trip end identification issues. *Transportation Research Part A*, p. 220–232.

GLEAVE, S. D. E GEOSTATS, L. P. 2003. The use of GPS to improve travel data, study report. DTLR New Horizons Programme. London Department for Transport, 2003.

GONG, H., CHEN, C., BIALOSTOZKY, E. E LAWSON, C. T. 2012. A GPS/GIS method for travel mode detection in New York City. *Computers, Environment and Urban Systems*. V. 36, p. 131–139.

HOUSTON, D., ONG, P., JAIMES, G. E WINER, A. 2011. Traffic exposure near the Los Angeles–Long Beach port complex: using GPS-enhanced tracking to assess the implications of unreported travel and locations. *Journal of Transport Geography* 19, p. 1399–1409.

IBGE. 1994. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Especificações e normas gerais para levantamentos GPS. *Fator GIS*. Curitiba, v. 2, n. 6, p.31-34.

LARRAÑAGA, A. M. E CYBIS, H. B. B. 2010. Impacto da estrutura urbana na escolha modal: evidências de Porto Alegre. XXIV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Salvador, Bahia.

LARocca, A. P. C. 2004. O uso do GPS como instrumento de controle de deslocamentos dinâmicos de obras civis – Aplicação na área de transportes. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

LEE, M., FUCCI, A., LORENC, P. E BACHMAN, W. 2012. Using GPS data collected in households travel surveys to assess physical activity. *Anais Annual Transportation Research Board Meeting 91th*, Washington, D.C., Cd-Rom

LEE, M.; WOLF, J. GPS. 2010. Feasibility Study: GPS equipment review/pretest. *Anais Annual Transportation Research Board Meeting 89th*. Washington, D.C., Cd-Rom.

OLIVEIRA, M. G. S., VOVSHA, P., WOLF, J., BORITKER, Y., GIVON, D. E PAASCHE, J. 2011. GPS-assisted prompted recall household travel survey to support development of advanced travel model in Jerusalem, Israel. *Journal of the Transportation Research Board*. Washington, D.C. p.16-23.

PARRA, F. R. 2005. Gestão do transporte público por ônibus: os casos de Bogotá, Belo Horizonte e Curitiba. Dissertação de mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba, PR.

STOPHER, P., FITZGERALD, F., GREAVES, S. E BIDDLE, T. 2006. What can we Learn from GPS Measurement of Travel? 29th Australasian Transport Research, Sydney, Austrália.

STOPHER, P. R. E GREAVES, S. P. 2007. Household travel surveys: Where are we going? Annual Transportation Research Part A, p. 367–381.

STOPHER, P., FITZGERALD, C. E ZHANG, J. 2008. Search for a global positioning system device to measure person travel. Transportation Research Part C, p.350–369.

STOPHER, P.R. PRASAD, C. E ZHANG, J. 2010. Comparing GPS and prompted recall data records. World Conference on Transport Research, Lisboa.

STOPHER, P., WARGELIN, L., MINSER, J., TIERNEY, K., RHINDRESS, M. E O'CONNOR, S. 2012. GPS-based household interview survey for the Cincinnati, Ohio region. Anais Annual Transportation Research Board Meeting, 91th, Washington, D.C., Cd-Rom

WAGNER, D. P. 1997. Report: Lexington Area Travel Data Collection Test: GPS for Personal Travel Surveys. OHIM, OTA, and FHWA. Washington, DC., Cd-Rom.

WOLF, J., OLIVEIRA, M. E THOMPSON, M. 2003. Impact of underreporting on mileage and travel time estimates: results from global positioning system-enhanced household travel survey transportation research record. Journal of the Transportation Research Board 1854, p.189–198.

WOLF, J. 2004. Applications of new technologies in travel surveys. 7th International Conference on TravelSurvey Methods, Costa Rica.

3. ARTIGO 2

ANÁLISE DAS DISCREPÂNCIAS ENTRE DADOS RELATADOS E COLETADOS COM GPS EM PESQUISAS DE ORIGEM E DESTINO

Adaptado do Artigo publicado na XXVII ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes

Marcelle Dorneles Ribeiro

Ana Margarita Larrañaga

Helena Beatriz Bettella Cybis

Laboratório de Sistemas de Transportes - Lastran

Engenharia de Produção e Transportes

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESUMO

A tecnologia GPS está disponível amplamente nos dias atuais e está sendo empregada em diversas áreas científicas. Em planejamento de transportes, sua utilização é recente, ainda mais em pesquisas de origem e destino. No entanto, uma série de estudos atuais aponta sua viável aplicação em pesquisas dessa natureza e um grande sucesso na coleta de dados, principalmente de forma conjunta com Entrevistas posteriores. Dessa forma, esse estudo explorou o potencial da coleta de dados de viagens com dispositivos GPS, avaliou as diferenças entre dados relatados e registrado pelo GPS. Para isto, foi determinada uma metodologia de coleta, foi selecionados um dispositivo GPS, softwares gratuitos e foi realizada uma entrevista posterior pessoalmente com cada participante. A aplicação da pesquisa foi realizada na região metropolitana de Porto Alegre, na qual participantes

realizaram 1.225 etapas de viagem e essa permitiu relacionar as informações registradas pelo dispositivo com as relatadas pelos participantes, em aproximadamente 62% dos deslocamentos, considerados válidos. A comparação entre relatos dos participantes e valores registrados pelo GPS confirmou uma discrepância significativa entre valores de distância e tempo de cada etapa de viagem, obtidos a partir da aplicação de uma análise de variância, para diferentes modos de transportes. Sendo assim, uma vez que os dados coletados para planejamento de transportes é comumente obtido através de relatos, é importante compreender os limites dessas informações, sobretudo para a confiabilidade dos resultados e para o desenvolvimento de medidas eficientes.

ABSTRACT

GPS technology is available now and is being widely used in various scientific fields. The use of GPS in origin and destination surveys is recent, especially in researches of travel and transport. However, a large number of recent studies indicate that its application is feasible and have a great potential in data collection, especially jointly with a Trip Diary. This study explored the potential of data collection with GPS devices, evaluated the differences between data reported and recorded by GPS. For this, it was determined a methodology for collecting data from a GPS device, free software and a subsequent interview with each participant personally. The application of the research was conducted in the metropolitan region of Porto Alegre, in which participants performed 1,225 steps of trips that allowed comparing the information recorded by the device with those reported by participants. Approximately 62% of trips was considered valid. The comparison between reports of respondents and values recorded by the GPS confirmed a significant discrepancy between the values of distance and time of the travels, a result by the application of an analysis of variance for different modes of transport. Since the data collected for transportation planning is commonly obtained through reports, it is important to understand the limits of such information, especially for the reliability of the results and efficient measures.

1 INTRODUÇÃO

As metrópoles se deparam continuamente com o desafio de gerenciar congestionamentos, que exige a adoção de políticas inovadoras e intervenções específicas que possibilitem mitigar externalidades geradas na operação dos sistemas de transportes. A identificação e compreensão dos problemas existentes são essenciais para implantar medidas eficientes (Pluvinet, Gonzalez-Feliu e Ambrosini, 2012). Contudo, no estabelecimento das bases para a definição de intervenções, dados de transporte fornecem informações aos tomadores de decisão sobre medidas efetivas a serem realizadas. Assim, a qualidade desses é determinante na adoção de intervenções eficientes, inferindo na escolha dos investimentos e das políticas para implantar.

As metodologias de coleta de dados de viagens têm evoluído nas últimas décadas. Tradicionalmente, o levantamento destas informações é realizado a partir de Entrevistas

domiciliares, que compõem as pesquisas de Origem e Destino (pesquisas O/D) (Stopher e Shen, 2011). Esse método obtém informações de viagens a partir de relatos dos entrevistados, os quais geralmente são imprecisos e em alguns casos equivocados, principalmente com relação à distância e ao tempo das viagens (Stopher e Greaves, 2009). Contudo, uma série de estudos experimentais sobre a introdução da tecnologia GPS na coleta de dados de viagens tem sido realizada em diversas partes do mundo. A maioria analisa a coleta de dados através de GPS e de Entrevistas posteriores de forma conjunta. Este procedimento permite complementar as informações levantadas, reduzir os erros de duração e comprimento das viagens e captar as rotas reais de cada deslocamento (Stopher, FitzGerald e Xu, 2007).

Entretanto, a metodologia da utilização da tecnologia GPS na coleta de dados é recente e não está consolidada. Dessa forma, é necessário entender os benefícios e as limitações que estes métodos trazem para a obtenção de dados de transporte no Brasil. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é explorar o potencial da coleta de dados com aparelhos GPS e analisar as diferenças entre dados relatados e registrados pelo GPS. O estudo foi realizado na região metropolitana de Porto Alegre.

Este trabalho contribui para o desenvolvimento de pesquisas de viagens baseados em GPS no Brasil, determinando uma metodologia de coleta de dados e analisando os benefícios e limitações da sua utilização. Ainda, o estudo contribui na modelagem de demanda de transporte. Modelos de demanda se baseiam em dados obtidos de relatos dos indivíduos, entre outros, dados de tempo e distância percorridos. Conhecer a acurácia destas informações contribui significativamente para o desenvolvimento de medidas eficientes.

2 A EVOLUÇÃO DA PESQUISA ORIGEM E DESTINO

Tradicionalmente, o levantamento de dados de viagens é realizado através de Entrevistas Domiciliares, com uma amostra determinada. Na entrevista são obtidas informações referentes aos deslocamentos realizados, além de se obter informações sobre as características socioeconômicas. Assim, o objetivo principal de uma pesquisa O/D é obter informações sobre o padrão de deslocamentos de uma população, que permitam a caracterização dos deslocamentos diários e, por meio da formulação de modelos, a projeção das viagens em horizontes futuros, para planejamento de expansão ou reestruturação da rede de transportes (Wolf, Oliveira e Thompson, 2003).

A partir do ano 2000, os dispositivos GPS vêm sendo utilizados em pesquisas O/D em diversas partes do mundo (Stopher e Greaves, 2009). Os primeiros estudos realizados com a utilização de GPS para a obtenção de dados de viagem analisaram exclusivamente os automóveis e os veículos de transporte coletivo (Stopher, FitzGerald e Zhang, 2008; Oliveira *et al.*, 2011). Mas, a partir de 2008, uma série de pesquisas aponta a grande eficácia do uso conjunto de GPS e Entrevistas posteriores. A tecnologia permite a obtenção de dados em deslocamentos curtos, tais como nos deslocamentos a pé até uma parada de ônibus ou ao estacionamento, geralmente desprezados nos relatos. Os estudos realizados sobre a utilização de dispositivos GPS na coleta de dados de viagens apontam uma grande eficácia (Bohte e Maat, 2009; Lee e Wolf, 2010; Bricka *et al.*, 2011; Houston *et al.*, 2011; Gong *et al.*, 2012; Oliveira *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2012; Stopher *et al.*, 2012).

O emprego de Entrevistas e dispositivos GPS em forma conjunta aumenta a acurácia dos dados obtidos, complementando as informações e minimizando os erros. A partir do registro do GPS podem ser obtidos com precisão horários, comprimentos e rotas dos deslocamentos, e através do relato do entrevistado, informações sobre modo de transporte utilizado e motivo do deslocamento (Bohte e Maat, 2009; Lee e Wolf, 2010; Bricka *et al.*, 2011; Houston *et al.*, 2011; Gong *et al.*, 2012; Oliveira *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2012).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste trabalho foi realizada uma coleta de dados de viagens em forma conjunta, utilizando dispositivos GPS e Entrevistas posteriores na região metropolitana de Porto Alegre. O estudo constou de quatro etapas principais: (i) escolha do dispositivo GPS; (ii) determinação dos programas computacionais a serem empregados e (iii) estabelecimento da metodologia de coleta; (iv) análises dos dados. Estas etapas são descritas a seguir.

3.1 Dispositivo GPS utilizado

A escolha do dispositivo GPS teve como base o estudo realizado por Lee e Wolf (2010), no qual, foi verificado o desempenho de uma série de aparelhos GPS existentes no mercado, para a aplicação de uma Pesquisa O/D no Reino Unido. Após a avaliação de 32 aparelhos de marcas distintas, concluiu-se que 3 dispositivos GPS atenderam de forma satisfatória aos requisitos impostos por eles: O *Atmel BTT-08*, o *Globalsat DG-100* e o *Transystem i-Blue 747a+*. Foram avaliadas as características técnicas, como capacidade da memória do

aparelho, autonomia da bateria e ergonomia, e dados como a data da entrega do produto e preço. A partir desse estudo, foram analisadas algumas características específicas desses três dispositivos, que levou à escolha do dispositivo *Transystem i-Blue 747a+*.

3.2 Programas computacionais utilizados

A exportação e tratamento dos dados coletados com o GPS demandou a utilização de três *softwares* diferentes. A configuração e exportação de dados do dispositivo GPS foram realizadas através do *software BT747*, fornecido pelo fabricante em conjunto com o dispositivo. O processamento de dados foi realizado utilizando o aplicativo *GPS Trackmaker*. A escolha deste *software* envolveu testes com diversos programas gráficos disponíveis, visando extrair os melhores resultados, que, dentre os testados apresentou satisfatória simplicidade, a edição de dados e a caracterização de viagens, além de ser gratuito. A visualização final foi realizada através do *Google Earth*, *software* também gratuito, que possibilita a geração de mapas bidimensionais e visualização da área com imagens de satélite.

3.3 Metodologia de coleta de dados

Os entrevistados foram orientados a levar o dispositivo consigo em todos os deslocamentos durante 2 dias, em um bolso, por exemplo. Foram ainda instruídos a ligar o aparelho no início da manhã do primeiro dia da coleta e desligá-lo no fim do último dia da coleta. Sendo assim, não era necessária a interação do entrevistado com o aparelho em nenhum outro momento, o que evita a manipulação dos dados ou esquecimento de ligar ou desligar o aparelho. Após os dias de coleta, na entrega do aparelho ao pesquisador, foi realizada uma entrevista face a face com o participante, no qual este era indagado sobre as etapas de viagens que realizou, indicando os horários de início e fim, a distância, o modo de transporte utilizado e o motivo de cada uma. Durante a entrevista as informações dos usuários não foram questionadas. As respostas reportadas foram registradas sem discussão ou intervenção por parte do entrevistador. Dentre os possíveis métodos de entrevista decidiu-se adotar a entrevista face a face. Métodos alternativos como entrevistas por telefone ou internet, reportados na literatura, apresentam baixas taxas de respostas e dificuldade na obtenção de dados (Bohte e Maat, 2009; Lee e Wolf, 2010; Bricka *et al.*, 2011; Houston *et al.*, 2011; Gong *et al.*, 2012; Oliveira *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2012; Stopher *et al.*, 2012).

Assim, a metodologia de coleta de dados adotada consistiu na utilização de informação dada pelo entrevistado, através de relatos orais e informação registrada no *GPS* sobre todos os

deslocamentos realizados nos dois dias. Este período de coleta foi determinado com base na bateria útil do aparelho e em resultados obtidos num estudo piloto, que apontou também que dois dias é um tempo máximo admissível para reduzir o risco de esquecimento das viagens realizadas pelos entrevistados. A autonomia de funcionamento do dispositivo permite a coleta durante o período de dois dias reduzindo a interação entre o entrevistado e o GPS.

Destaca-se que nesse estudo foi analisada cada etapa da viagem, e não somente a viagem da sua origem inicial ao destino final. Entende-se por viagem o movimento de uma pessoa entre uma origem inicial e um destino final, feito para satisfazer um determinado motivo. Etapa da viagem se refere ao deslocamento ou parte de viagem feita num modo de transporte. A determinação do início e do fim de cada etapa de viagem ocorre na mudança do modo de transporte utilizado. Por exemplo, uma viagem com 2 mudanças de modo (a pé - ônibus - a pé) é constituída de três etapas: a pé até a parada de ônibus (etapa 1), de ônibus até a próxima parada (etapa 2) e a pé da parada até o destino final (etapa 3). Um deslocamento foi considerado como etapa de viagem se tivesse comprimento de no mínimo 30m, obtido através de testes com o aparelho. A metodologia proposta foi aplicada com o objetivo de obter dados sobre todos os deslocamentos realizados, inclusive os geralmente esquecidos nos relatos de viagens tradicionais. Esses são geralmente menos importantes em modelagens em amplas regiões, mas úteis em pesquisas de microrregiões e comportamentais (Clifton e Muhs, 2012).

3.4 Metodologia da análise de dados

A análise foi caracterizada por duas abordagens. Primeiro, foram analisadas as limitações e dificuldades apresentadas pela tecnologia GPS. Após, foi realizada a comparação entre as informações obtidas por GPS e as coletadas por entrevista. A análise comparativa foi obtida através da Análise de Variância (ANOVA – *Analysis of Variance*) e a comparação das médias das discrepâncias relativas. A ANOVA permitiu a comparação das discrepâncias entre relato e registro (distância e duração da viagem) em relação ao modo de transporte. Assim, foi investigada a existência de diferenças significativas entre os diferentes modos de transporte, isto é, se os entrevistados apresentavam maiores discrepâncias num modo de transporte do que em outro. Essas discrepâncias de distância e duração da viagem foram representadas de forma absoluta e relativa. A discrepância (erro) absoluta foi obtida pela diferença entre a medida relatada e registrada. A discrepância (erro) relativa foi obtida realizando o quociente entre a discrepância absoluta e a medida registrada pelo dispositivo.

A distância da viagem influencia a escolha do modo de transporte. O modo a pé geralmente é utilizado em viagens médias e curtas, isto pode ser observado em diferentes estudos, como por exemplo, na pesquisa realizada em Porto Alegre (ANTP, 2004). Portanto, as viagens foram estratificadas conforme a distância. Analisando o histograma da distância de viagem, apresentado na Figura 2, foi determinado o ponto de corte de 2km. Sendo assim, a análise ANOVA foi realizada separadamente para as viagens menores e maiores que 2km, considerando em cada caso os modos alternativos. O histograma (Figura 2) mostrou que viagens menores que 2km foram realizadas por transporte coletivo, individual e a pé. Enquanto viagens maiores a 2km foram realizadas por transporte coletivo e individual.

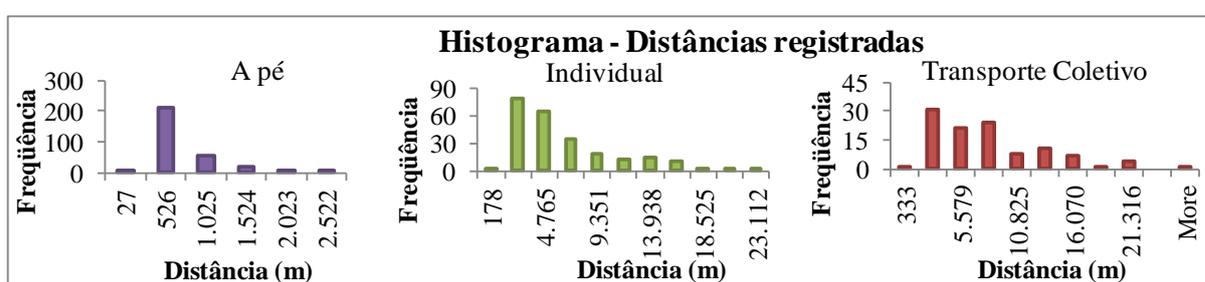


Figura 2 – Histogramas

4 RESULTADOS

A seguir estão apresentados os resultados do estudo. São apresentadas a caracterização da amostra, os problemas identificados e a análise dos dados relatados e registrados pelo GPS.

4.1 Caracterização da amostra

A amostra é composta por participantes voluntários residentes na região metropolitana de Porto Alegre (RMPA), que efetuaram viagens dentro dessas cidades. A descrição da área de estudo, tamanho da amostra e perfil dos entrevistados são apresentados a seguir.

4.1.1 Área de estudo e tamanho da amostra

A área de estudo nesse trabalho foi limitada pela RMPA, localizada no sul do Brasil. A amostra foi composta por 72 indivíduos. A escolha dos participantes foi realizada de forma a obter diversidade entre as características pessoais dos indivíduos e regiões por eles frequentados. Entre os aspectos estabelecidos para a seleção, podem ser citados: gênero, idade, grau de instrução, facilidade na utilização de tecnologia, local de residência e de trabalho. Os participantes levaram o GPS consigo por dois dias, úteis e em fim de semana, do

mês de abril de 2011 ao mês de junho de 2011 ou do mês de abril de 2012 ao mês de junho de 2013. Os entrevistados realizaram no total 1.225 etapas de viagens.

Grande parte dos deslocamentos envolveu a região central de Porto Alegre e ocorreram de forma significativa nas vias arteriais e coletoras da região. Os deslocamentos em vias locais ocorreram geralmente quando o participante se encontrava próximo a uma origem ou destino. A Figura 3 apresenta as etapas de viagens de todos os modos de transporte e motivos.



Figura 3 – Etapas de viagens realizadas

4.1.2 Perfil dos participantes

A maioria dos entrevistados (59%) tem entre 20 e 39 anos e 28% tem mais de 50 anos. No total, 55% é do sexo feminino e a metade tem ensino superior. Atualmente, aproximadamente 61% não estudam, 22% estudam algum curso superior e 4% estudam outra categoria de curso, tal como cursos preparatórios para concursos, inclusive concurso vestibular ou cursos profissionalizantes. Ainda, 93% trabalham atualmente e 7% são aposentados, pensionistas ou estão desempregados. A Figura 4 apresenta o perfil dos entrevistados.

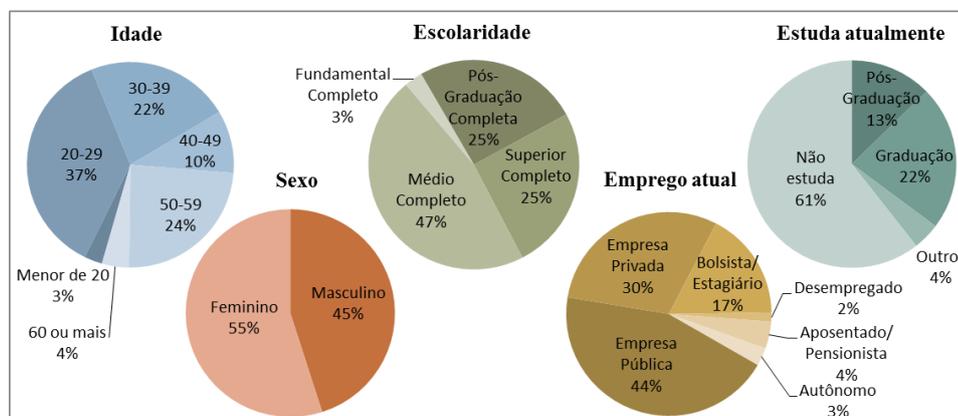


Figura 4 – Perfil dos entrevistados

4.2 Problemas identificados

O uso de dispositivos GPS pode representar melhoras significativas nas coletas de dados de Pesquisas O/D, mas foi detectada uma série de dificuldades na coleta de dados, devido a problemas oriundos da própria tecnologia. Os problemas encontrados foram provenientes de duas naturezas distintas: (i) a qualidade do sinal e (ii) o efeito da partida a frio.

4.2.1 *Qualidade do sinal*

Os dispositivos GPS tem uma imprecisão característica, que varia de acordo com a qualidade da antena e a frequência do aparelho e com a quantidade de satélites disponíveis no momento da aquisição de dados. Conseqüentemente, alguns pontos foram gravados com coordenadas de um local muito próximo a ele e não com as coordenadas exatas de localização. Além disso, o GPS não respondeu bem aos cânions urbanos, isto é, às áreas densamente construídas, com uma grande concentração de altos edifícios. No centro de Porto Alegre, em especial, a qualidade de recepção de sinal do GPS mostrou-se precária, impossibilitando em alguns momentos a determinação do trajeto da viagem. Esse fenômeno é denominado como Multicaminhamento e é causado pela reflexão indesejada do sinal por obstáculos próximos ao GPS ou à antena (Spilker e Parkinson, 1996). Apesar desta imprecisão, foi possível determinar inícios e fim de deslocamentos, não prejudicando as análises realizadas.

4.2.2 *Partida a frio*

O efeito da partida a frio diz respeito ao tempo que o GPS despense para determinar a sua localização ao ser ligado ou ao receber novamente o sinal dos satélites, em caso de tê-lo perdido (Stopher e Shen, 2011). Isso normalmente ocorreu na primeira utilização no dia, ou quando a pessoa passa um determinado período dentro de um lugar fechado, em que o dispositivo não consegue definir sua posição rapidamente. Assim, o maior problema ocasionado por essa limitação foi a perda de informações relativas ao início de viagens. Entretanto, uma vez ocorrida a perda de informação, o impacto na interpretação dos dados não foi grande. Muitas vezes, o início de uma etapa de viagem está localizado no fim da etapa anterior e, caso seja a primeira do dia, seu ponto inicial normalmente é o da residência, ou o mesmo da última viagem do dia anterior. Além disso, o intervalo de tempo que o GPS registra um ponto é pequeno, sendo possível inferir a rota realizada pelo entrevistado.

4.2.3 *Validade das etapas de viagens realizadas*

Do total de 1.225 etapas coletadas, 237 (19%) foram desconsideradas devido às limitações da tecnologia: descarga da bateria (11%), perda de sinal (38%) e etapas de viagens curtas (51%). Nas etapas de viagens curtas não foi possível determinar o local exato da troca de modo de transporte. Os participantes foram orientados a relatar deslocamentos maiores de 30 metros. Ainda, devido a relatos equivocados dos participantes, do total de etapas de viagem coletadas, 226 (18%) foram desconsideradas, por causa de: Etapas de viagens não relatadas (52%), etapas de viagem relatadas a mais (24%) e esquecimento de carregar consigo o GPS (24%).

4.3 **Análise dos dados relatados e registrados**

Do total de etapas de viagens coletadas, 762 (62%) são válidas e foram consideradas nas análises. As análises se referem ao modo de transporte utilizado, obtidos através do relato dos entrevistados. As etapas a pé merecem destaque, por representarem uma parte significativa das viagens coletadas e por serem subdimensionados em pesquisas O/D tradicionais.

4.3.1 *Análise das etapas de viagens realizadas*

A análise de dados mostrou a distribuição modal das etapas de viagens realizadas pela amostra. As etapas de viagens realizadas por automóvel e motocicletas representaram 40%, por ônibus, lotação ou trem, 17% e 44% pelo modo a pé. O número de etapas de viagens a pé foi superior às etapas de viagens por outros modos. Isso se deve, sobretudo, ao fato que grande parte das etapas de viagens a pé ser de acesso a outros modos de transporte (48% do total), como deslocamento à parada de transporte coletivo ou ao estacionamento. Foram estratificadas as etapas de viagens a pé conforme o motivo da viagem. As etapas de viagens restantes apresentaram motivos diversos, principalmente de compras ou refeição e a trabalho, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 – Motivo das etapas de viagem a pé

Motivo	Observações	Porcentagem	Motivo	Observações	Porcentagem
Assuntos Pessoais	24	7%	Levar/pegar pessoas	6	2%
Compras/ Refeição	40	12%	Outros	5	2%
Escola/ Estudo	14	4%	Saúde	3	1%
Acesso a outro modal	160	48%	Trabalho	39	12%
Lazer ou Recreação	13	4%	Voltar para casa	28	8%

4.3.2 Análise ANOVA

Diversas análises de variância foram realizadas, considerando as seguintes fontes de variabilidade: motivo das etapas de viagem, modo de transporte, combinações e interações entre as mesmas. Foram analisadas as variáveis distância e duração. Várias destas análises de um, dois e três fatores não mostraram resultados estatisticamente significativos. Os resultados apresentados são aqueles que mostraram resultado significativo.

4.3.2.1 Discrepância entre distância relatada e registrada

Foi realizada uma análise ANOVA para etapas de viagens de até 2km e outra para etapas de viagens maiores que 2km, de acordo com o histograma apresentado na Figura 1 (seção 3.4). A Tabela 3 apresenta os resultados da ANOVA para as diferenças entre distâncias relatadas e registradas, expressas em forma absoluta, em relação ao modo de transporte, para etapas de viagens menores que 2km, consideradas curtas.

Tabela 3 - Resultados obtidos das análises das distâncias para etapas de viagens curtas

ANOVA	SQ	Gl	MQ	F	Sig.
Entre grupos	6884274,681	2,00	3442137,341	5,760	0,003
Dentro do grupo	2,109x10 ⁸	353,00	597550,297		
Total	2,178x10 ⁸	355,00			
	Estatística	Gl1	Gl2		Sig
<i>Brown-Forsythe</i>	2,482	2,00	77,603		0,070
<i>Levene</i>	23,845	2,00	353,000		0,000

O teste de *Levene* para a discrepância absoluta de distância, apresentado na Tabela 2, mostra que não é possível afirmar a existência de homogeneidade das variâncias ($\text{sig} = 0,000 < 0,05$). A análise ANOVA assume que as variâncias dos grupos são estatisticamente iguais. O não cumprimento desta condição requer a utilização de um teste mais robusto do que o teste *F* utilizado habitualmente na ANOVA. Dessa forma, o teste *Brown-Forsythe* foi utilizado. Este teste realiza uma análise de variância transformando a variável resposta, permitindo assim analisar grupos de dados com diferente variância. O resultado deste teste foi significativo, usando um nível de significância de 0,10. É possível concluir a existência de diferença significativa nas médias dos grupos analisados, isto é, a discrepância entre distância relatada e registrada não é a mesma nos diferentes modos, existindo modos que os indivíduos superestimam/subestimam mais a distância percorrida do que em outros. Para saber em quais

modos os indivíduos pesquisados divergem mais ou menos, realizou-se a comparação múltipla de médias, apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Comparação múltipla de médias de distância das etapas de viagens curtas

Teste	(I) Modo	(J) Modo	Diferença de médias (I-J)	Erro padrão	Sig.
<i>Tukey HSD</i>	A pé	Individual	-363,606	110,254	0,003
		Transporte coletivo	65,494	164,605	0,916
	Individual	A pé	363,606	110,254	0,003
		Transporte coletivo	429,100	186,701	0,057
	Transporte Coletivo	A pé	-65,494	164,605	0,916
		Individual	-429,100	186,701	0,057
<i>Dunnett t (2-sided)a</i>	A pé	Transporte coletivo	65,494	164,605	0,851
	Individual	Transporte coletivo	429,100	186,701	0,035

A comparação múltipla de médias foi realizada através dos testes de *Tukey HSD* e *Dunnett*. Os resultados dos testes estão apresentados na Tabela 3 e graficamente na Figura 5. Para visualização, na Figura 5, as etapas de viagens de Transporte Coletivo foram utilizadas como base na comparação entre os modais, na qual a diferença de médias de distância absoluta foi considerada zero. Os resultados mostraram que os indivíduos apresentam diferentes discrepâncias entre distâncias relatadas e efetivamente registradas ao utilizar veículo individual do que usar transporte público ou viajar a pé.. Provavelmente, o sentido das vias, configuração viária e presença de faixas exclusivas para transporte coletivo, leve as pessoas a percorrer caminhos diferentes em veículo individual do que aqueles realizados por outros modos. Isto pode influenciar a percepção do indivíduo sobre a distância percorrida.

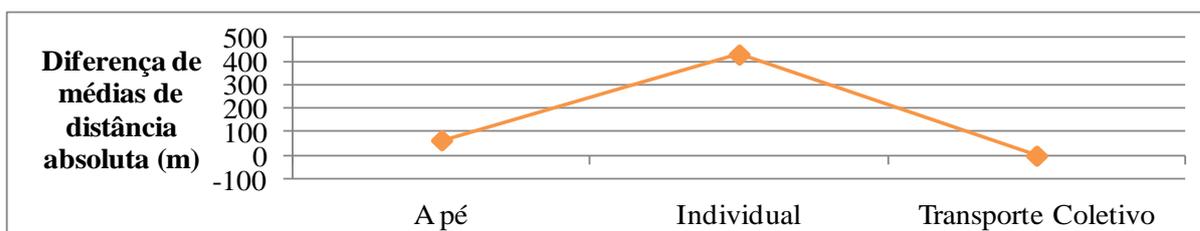


Figura 5 – Discrepâncias entre distâncias relatadas e registradas em etapas de viagens curtas

Os testes de *Tukey HSD* e *Dunnett* permitem analisar a diferença das médias. Entretanto, é interessante analisar se existem tendências apresentadas pelos indivíduos a super/subestimar valores e poder comparar os efeitos entre distância e duração. Assim, foram analisados os valores médios e desvios padrão das discrepâncias de distância relativa (Tabela 5). Os resultados indicam uma tendência dos indivíduos a superestimar distâncias percorridas ao realizar deslocamentos curtos (menores que 2km) em todos os modos. Estas discrepâncias relativas são similares para os deslocamentos em transporte coletivo (39%) e a pé (42%), coincidindo com a análise ANOVA realizada anteriormente para distâncias absolutas. Porém, os deslocamentos em veículo individual apresentam uma discrepância menor (28%).

Tabela 5 - Valores médios e desvios padrão das discrepâncias de distância relativa

Etapas de viagens menores que 2km						
Modo de Transporte	Relatada maior que registrada pelo GPS			Relatada menor que registrada pelo GPS		
	N	Média	Desvio Padrão	N	Média	Desvio Padrão
A pé	191	42%	0,275	147	-73%	0,824
Individual	61	28%	0,185	35	-80%	1,353
Transporte Coletivo	18	39%	0,211	8	-57%	0,721
Etapas de viagens maiores que 2km						
Individual	102	36%	0,243	102	-66%	1,212
Transporte Coletivo	35	22%	0,215	63	-139%	2,471

A Tabela 6 apresenta os resultados da ANOVA para etapas de viagens maiores que 2km, consideradas longas. Assim como na análise apresentada anteriormente para viagens curtas, são apresentadas as diferenças entre distâncias relatadas e registradas, expressas em forma absoluta, em relação ao modo de transporte.

Tabela 6 - Resultados obtidos das análises entre distâncias para etapas de viagens longas

ANOVA	SQ	Gl	MQ	F	Sig.
Entre grupos	2,613x10 ⁸	1,00	2,613x10 ⁸	7,172	0,008
Dentro do grupo	8,635x10 ⁹	237,00	3,644x10 ⁷		
Total	8,897x10 ⁹	238,00			
	Estatística	Gl1	Gl2	Sig	
<i>Brown-Forsythe</i>	5,149	1,00	105,696	0,025	
<i>Levene</i>	12,455	1,00	237,000	0,001	

Tem-se na Tabela 5 que o teste de homogeneidade das variâncias, teste de *Levene*, foi significativo ($\text{sig}=0,001<0,05$). Portanto, não é possível afirmar a existência de homogeneidade das variâncias. O teste utilizado foi o *Brown-Forsythe* ao invés do teste *F* utilizado geralmente na ANOVA. O resultado deste teste foi significativo, usando um nível de significância de 0,05. Conclui-se que a discrepância entre distância relatada e registrada não é a mesma em veículo individual e transporte coletivo (Figura 6) para deslocamentos maiores que 2km. Para visualização, na Figura 6, as etapas de viagens de Individual foram utilizadas como base na comparação com as etapas de viagens por Transporte Coletivo, na qual a diferença de médias de distância absoluta foi considerada zero.

A análise de médias e desvios, apresentada na Tabela 4, mostra que os indivíduos subestimam a distância percorrida em transporte coletivo (139%). Nada é possível afirmar em relação aos deslocamentos em veículo individual, pois os deslocamentos superestimados e subestimados coincidem em número de ocorrências (102), não apresentando tendências. Embora a discrepância seja um pouco maior ao subestimar (66% ao subestimar, 36% ao superestimar) as discrepâncias tendem a se compensar entre os diferentes indivíduos.

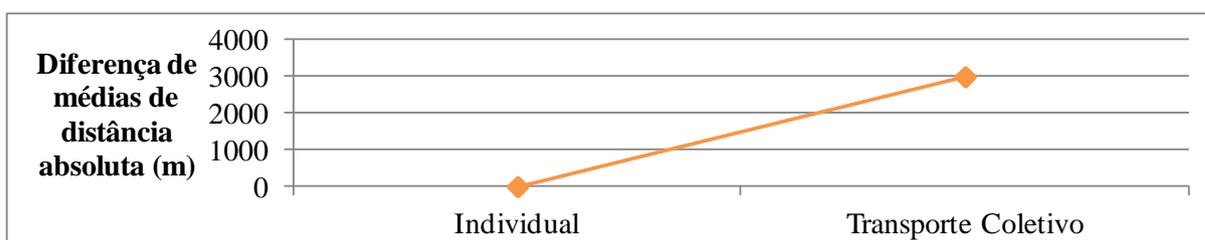


Figura 6 – Discrepâncias entre distâncias relatadas e registradas em etapas de viagens longas

4.3.2.2 Discrepância entre duração relatada e registrada

De forma análoga à análise da discrepância quanto à distância relatada e registrada, foi realizada uma análise ANOVA para etapas de viagens de até 2km e outra análise ANOVA para etapas de viagens maiores que 2km, com relação à duração relatada e registrada. A Tabela7 apresenta os resultados da ANOVA para as diferenças entre durações relatadas e registradas, expressas em forma absoluta, em relação ao modo de transporte, para etapas de viagens menores a 2km, condieradas curtas.

Tabela 7 - Resultados obtidos das análises entre durações para etapas de viagens curtas

ANOVA	SQ	GI	MQ	F	Sig.
Entre grupos	454,056	2,00	227,028	6,332	0,002
Dentro do grupo	12657,133	353,00	35,856		
Total	13111,188	355,00			
	Estatística	GI1	GI2	Sig	
<i>Levene</i>	4,640	2,00	353,00	0,010	

O teste de *Levene* verificou homogeneidade das variâncias ($\text{sig} = 0,10 > 0,05$), validando a utilização do teste *F* para ANOVA. Verifica-se que a discrepância entre duração relatada e registrada difere conforme o modo utilizado. A comparação múltipla de médias, realizada utilizando os Testes de *Tukey* e *Dunnnett*, apresentada na Tabela 8, indica que o erro de percepção de tempo é maior em veículo indifical do que nos outros modos, de forma análoga ao encontrado na análise de distância (Figura 7). Para visualização, na Figura 7, as etapas de viagens por Transporte Coletivo foram utilizadas como base na comparação com as etapas de viagens dos demais modais, na qual a diferença de médias de duração absoluta foi considerada zero.

Tabela 8 – Comparação múltipla de médias de duração das etapas de viagem curtas

Teste	(I) Modo	(J) Modo	Diferença de médias (I-J)	Erro padrão	Sig.
<i>Tukey</i> <i>HSD</i>	A pé	Individual	-3,007	0,854	0,001
		Transporte Coletivo	0,109	1,275	0,996
	Individual	A pé	3,007	0,854	0,001
		Transporte Coletivo	3,116	1,446	0,081
	Transporte Coletivo	A pé	-0,109	1,275	0,996
		Individual	-3,116	1,446	0,081
<i>Dunnnett t</i> <i>(2-sided)a</i>	A pé	Transporte Coletivo	0,109	1,275	0,992
	Individual	Transporte Coletivo	3,116	1,446	0,050

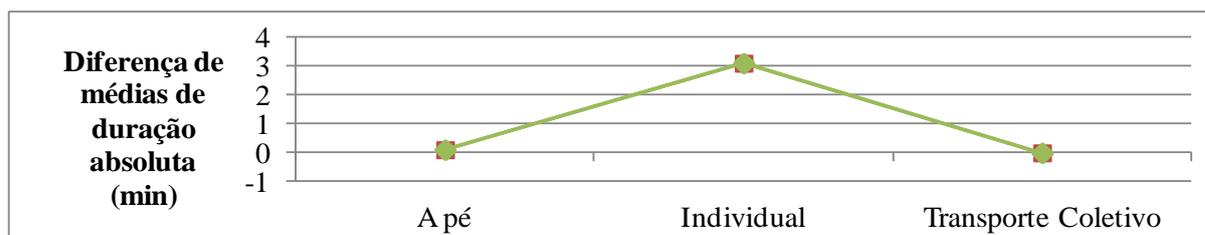
**Figura 7** – Discrepâncias entre duração relatadas e registradas em etapas de viagens curtas

Tabela 9 - Valores médios e desvios padrão das discrepâncias de duração relativa

Etapas de viagens menores que 2km						
Modo de Transporte	Relatada maior que registrada pelo GPS			Relatada menor que registrada pelo GPS		
	N	Média	Desvio Padrão	N	Média	Desvio Padrão
A pé	143	33%	0,212	195	-108%	1,574
Individual	18	23%	0,176	78	-140%	1,884
Transporte Coletivo	7	34%	0,239	19	-79%	0,320
Etapas de viagens maiores que 2km						
Individual	78	26%	0,228	126	-44%	0,547
Transporte Coletivo	31	20%	0,230	67	-35%	0,421

A análise de médias e desvios da duração relativa dos deslocamentos (Tabela 9) mostra que os indivíduos tendem a subestimar a duração dos deslocamentos nos três modos analisados. Estas discrepâncias relativas são menores para as etapas de viagens em transporte coletivo (80%) e a pé (108%), e maiores para as etapas de viagens em veículo individual (140%).

De forma oposta ao resultado obtido para viagens menores a 2km, o resultado da análise de discrepância da duração para etapas de viagens longas não mostrou diferença significativa entre os modos ($\text{sig} = 0,45 > 0,05$). Para etapas de viagens longas (maiores a 2km) os erros de percepção de duração absoluta da viagem são similares para o veículo individual e o transporte coletivo. Analisando os valores de médias (Tabela 8) observa-se uma tendência dos indivíduos a subestimar as durações das etapas de viagens (44% veículo individual, 35% transporte coletivo).

5 CONCLUSÃO

A metodologia estabelecida de coleta de dados de viagens segregadas pelo modo de transporte com a utilização conjunta do sistema GPS com Entrevistas posteriores apresentou resultados satisfatórios. As informações registradas pelo aparelho puderam ser relacionadas com as informações relatadas pelos participantes em aproximadamente 62% das etapas de viagens coletadas. As etapas de viagens descartadas são provenientes de limitações da tecnologia (19%) e do relato equivocado dos entrevistados (18%). Sendo assim, das 1.225 etapas de viagens coletadas, dos 72 participantes da pesquisa, 762 foram considerados válidas. A maioria das etapas de viagens coletadas válidas foi realizada pelo modo a pé. A expressiva observação dos deslocamentos a pé se deve ao fato que há pelo menos uma etapa de viagem a

pé em grande parte das viagens por automóvel ou por transporte coletivo. Os deslocamentos realizados exclusivamente a pé até o destino final ocorreram principalmente por motivo de compras e refeição ou a trabalho e elas apresentaram comprimento e duração variados.

Análises ANOVA e análises de médias e desvios padrão foram realizadas estratificando as etapas de viagens conforme a distância, menores e maiores que 2km. Em etapas de viagens menores que 2km os modos considerados foram transporte coletivo, veículo individual e a pé e em etapas de viagens maiores que 2km foram transporte coletivo e veículo individual.

Os resultados mostraram que todos os indivíduos apresentaram discrepâncias na duração e distância relatadas e efetivamente registradas. Estas discrepâncias foram tanto positivas quanto negativas.

A análise das discrepâncias na duração das viagens mostrou uma clara tendência a subestimar o tempo de viagem, tanto em etapas de viagens curtas como longas e em todos os modos. A magnitude da discrepância entre relato e registro também foi maior nos indivíduos que subestimaram do que os que superestimaram tempos das etapas de viagem. A magnitude da discrepância para os respondentes que superestimaram a duração foi de aproximadamente 20% a 30%. Entretanto, para os que subestimaram, esta discrepância variou entre 35% e 140%. Em etapas de viagens longas, a discrepância foi proporcionalmente menor do que em curtas.

Em relação à discrepância entre a distância informada e a distância real das etapas de viagens, foram observadas discrepâncias significativas. Entretanto, não é possível afirmar uma tendência a super ou subestimar distância informada das etapas de viagens. Na amostra analisada foi possível observar maior número de indivíduos que superestimaram, mas a magnitude da discrepância foi maior nos indivíduos que subestimaram.

Em projetos de planejamento de transportes, frequentemente informações sobre tempos e distâncias de viagem são obtidos a partir de relatos de entrevistados. Estes dados são comumente utilizados em modelos para previsão de demanda por transportes e outras finalidades. A compreensão sobre os limites destes dados obtidos é essencial para a confiabilidade dos resultados destas aplicações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTP (2004) Associação Nacional dos Transportes Públicos. Pesquisa de origem e destino, o mais completo instrumento para levantar dados de demanda de viagens. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

BOHTE, W. E MAAT, K. (2009) Deriving and validating trip purposes and travel modes for multi-day GPS-based travel surveys: A large-scale application in the Netherlands. *Anais Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, v. 17, p. 285-297.

BRICKA, S. G., SEN, S., PALETI, R. E BHAT, C. R. (2011) An analysis of the factors influencing differences in survey-reported and GPS-recorded trips. *Journal of Transportation Research Part C* 21, p. 67–88.

CLIFTON, K. E MUHS, C. D. (2012) Capturing and representing multimodal trips in travel surveys: A review of the practice. *Anais Annual Transportation Research Board Meeting, 91th, Washington, D.C., Cd-Rom.*

GONG, H., CHEN, C., BIALOSTOZKY, E. E LAWSON, C. T. (2012) A GPS/GIS method for travel mode detection in New York City. *Computers, Environment and Urban Systems*. V. 36, p. 131–139.

HOUSTON, D., ONG, P., JAIMES, G. E WINER, A. (2011) Traffic exposure near the Los Angeles–Long Beach port complex: using GPS-enhanced tracking to assess the implications of unreported travel and locations. *Journal of Transport Geography* 19, p. 1399–1409.

LEE, M.; WOLF, J. GPS. (2010) Feasibility Study: GPS equipment review/pretest. *Anais Annual Transportation Research Board Meeting 89th, Washington, D.C., Cd-Rom.*

LEE, M., FUCCI, A., LORENC, P. E BACHMAN, W. (2012) Using GPS data collected in households travel surveys to assess physical activity. *Anais Annual Transportation Research Board Meeting 91th, Washington, D.C., Cd-Rom.*

OLIVEIRA, M. G. S., VOVSHA, P., WOLF, J., BORITKER, Y., GIVON, D. E PAASCHE, J. (2011). GPS-assisted prompted recall household travel survey to support development of advanced travel model in Jerusalem, Israel. *Journal of the Transportation Research Board*. Washington, D.C. p.16-23.

PLUVINET P, GONZALEZ-FELIU J, AMBROSINI C, *et al.* (2012) GPS data analysis for understanding urban goods movement. *Procedia Social and Behavioral Science*. 39:450-462.

SPIPKER, J. J. E PARKINSON, B. W. (1996) Global Positioning System: Theory and applications. Progress in Astronautics and Aeronautics, vol. 163, v.1, p. 478.

STOPHER, P. R. E SHEN, L. (2011) An In-Depth Comparison of GPS and Diary Records. Anais Annual Transportation Research Board Meeting 91th, Washington, D.C., Cd-Rom.

STOPHER, P. R. E GREAVES, S. (2009) Missing and Inaccurate Information from Travel Surveys – Pilot Results. 32nd Australasian Transport Research Forum ATRF 2009, Auckland, New Zealand.

STOPHER, P. R., FITZGERALD, F. E XU, M. (2007) Assessing the accuracy of the Sydney Household Travel Survey with GPS. Transportation. 34:723–741.

STOPHER, P., FITZGERALD, C. E ZHANG, J. (2008) Search for a global positioning system device to measure person travel. Transportation Research Part C, p.350–369.

STOPHER, P., WARGELIN, L., MINSER, J., TIERNEY, K., RHINDRESS, M. E O'CONNOR, S. (2012) GPS-based household interview survey for the Cincinnati, Ohio region. Anais Annual Transportation Research Board Meeting, 91th, Washington, D.C., Cd-Rom.

STOPHER, P., FITZGERALD, F., GREAVES, S. E BIDDLE, T. (2006) What can we Learn from GPS Measurement of Travel? 29th Australasian Transport Research, Sydney, Austrália.

WOLF, J., OLIVEIRA, M. E THOMPSON, M. (2003) Impact of underreporting on mileage and travel time estimates: results from global positioning system-enhanced household travel survey transportation research record. Journal of the Transportation Research Board 1854, p.189–198.

4. ARTIGO 3

INFLUÊNCIA DOS DADOS RELATADOS E REGISTRADOS EM GPS EM MODELOS DE DEMANDA

**Artigo a ser submetido ao XIV SEPROSUL - Semana da Engenharia de Produção Sul-
Americana**

Marcelle Dorneles Ribeiro

Ana Margarita Larrañaga

Julian Arellana*

Helena Beatriz Bettella Cybis

Laboratório de Sistemas de Transportes - Lastran

Engenharia de Produção e Transportes

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

* Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia

RESUMO

As pesquisas de origem e destino servem como base para diversas modelagens em engenharia de transportes, inclusive para ajustes de modelos de escolhas modais. As escolhas do modo de transporte utilizado em cada viagem são provenientes, em grande parte, de parâmetros comportamentais. O comportamento de escolha é influenciado por características pessoais e do ambiente. Assim, para analisar a escolha pelo modo de transporte em meio urbano, foi realizada uma modelagem *Logit Multinomial*, baseada nas informações coletadas em uma

pesquisa de origem e destino de baixa escala aplicada na Região Metropolitana de Porto Alegre, com GPS e Entrevistas posteriores. O banco de dados foi complementado com viagens por outros modos de transporte para os mesmos pares de origem e destino coletados, a partir de uma rota adequada e obedecendo ao gerenciamento de tráfego na região. Os modelos elaborados a partir de dados registrados e dados relatados apresentam diferenças claras. O primeiro apresenta valores significativos de parâmetros, enquanto o segundo não se comporta como o esperado, conforme hipóteses previamente estabelecidas. Isso ocorre porque os dados de viagem, principalmente de tempo e distância, são relatados de maneira errônea pelas pessoas, que perceberam esses fatores equivocadamente. Sendo assim, a aplicação exclusiva de entrevistas para a obtenção de dados de mobilidade não é a forma mais segura para a modelagem da demanda.

ABSTRACT

The origin and destination surveys serve as a basis for several modeling in transportation engineering, including adjustments of different modal choices. The choices of transport mode used for each trip are derived largely from behavioral parameters. The choice behavior is influenced by personal characteristics and environment. To analyze the choice of mode of transport in urban areas, it was performed a Multinomial Logit modeling, based on information collected in a GPS and Diary Trips origin and destination survey of low scale applied in the Metropolitan Region of Porto Alegre. The database was supplemented with trips by other modes of transport for the same pairs of origin and destination using an adequate route and obeying the traffic management in the region. The models developed from data recorded and reported data show clear differences. The first presents better adjustments and significant results of parameters, while the second lacks the proper consistency. This is because people, who mistakenly perceived these factors, especially time and distance, report the driving data, wrongly. Consequently, application of the Diary Trip to obtain mobility data is not the safest way.

1 INTRODUÇÃO

As pesquisas de origem e destino são comumente utilizadas como base para a construção de modelos de escolha modal. As escolhas quanto ao modo de transporte utilizado em cada viagem são provenientes, em grande parte, de parâmetros comportamentais. O comportamento de escolha é influenciado por características pessoais e do ambiente, de maneira física. Usualmente, as pessoas conhecem os atributos do ambiente (infraestrutura de rede de transporte) e a partir dele extraem as informações relevantes de acordo com seus próprios critérios (Carrion, 2013).

Visando analisar as escolhas de modo de transportes em viagens urbanas foram estimados modelos de escolha discreta, utilizando dados de tempo e custo de cada modo de transporte para pares de origem e destino. Para tanto, foram utilizados como base, dados de viagens coletados em uma pesquisa de origem e destino (pesquisa O/D) realizada com a utilização de

GPS e de Entrevistas posteriores. O banco de dados foi alimentado com informações relatadas pelos participantes e gravadas no dispositivo GPS sobre as mesmas viagens. Sendo assim, foi possível analisar o comportamento e a percepção das pessoas frente a diferentes opções de deslocamentos entre um par de origem e destino.

O objetivo deste estudo é analisar a influência da precisão dos dados relatados e dos dados registrados pelo GPS em modelos de escolha modal. Para tanto, foram estimados modelos de escolha discreta. Esse tipo de modelagem permite obter informações quanto à percepção das pessoas frente a alternativas. Uma vez que os dados foram obtidos com base em experiências relatadas e registradas em GPS de uma série de pessoas com diferentes características, modelos dessa natureza apresentam resultados significativos. Assim, o próximo capítulo apresenta a metodologia aplicada. A seguir estão apresentadas as informações da coleta de dados realizada, seguida pelos dados complementares. Após, estão apresentados os modelos elaborados e por fim estão as considerações finais.

2 METODOLOGIA

Para analisar as escolhas de modo de transporte, foi utilizada a modelagem *Logit Multinomial*. Esse tipo de modelo é de escolha discreta e é bastante difundido na área de engenharia de transportes. Com informações desagregadas, é elaborado um modelo, baseado na teoria da Utilidade, conhecido como Função Utilidade. A função de Utilidade é uma representação matemática, que faz uma ordenação dos benefícios percebidos pelas pessoas, de acordo com a satisfação que estes lhes fornecem. Dessa forma, o modelo descreve a probabilidade da escolha de um modal acontecer, a partir de características pré-determinadas (Senna e Michel, 2000; Ben-Akiva e Lerman, 1985)

A modelagem *Logit Multinomial* assume uma parcela de erro ou perturbações no modelo. Ainda, para a modelagem, os erros devem ser independentes e identicamente distribuídos, conferidas por uma distribuição de *Gumbell*.

Os modos de transportes foram agregados em 3 grupos, conforme natureza da viagem: (i) A pé, caracterizado por viagens sem veículo com motor, constituído pelas viagens a pé e de bicicleta; (ii) Transporte Coletivo, caracterizado por viagens em transporte público existente na região, composto pelas viagens de ônibus, trem/metrô, lotação (mini-ônibus) e (iii)

Individual, caracterizado por viagens em veículo individual, constituído por viagens de automóvel, motocicleta e táxi.

Na Função Utilidade foram utilizados como parâmetros o custo, em reais, e o tempo, em minutos, de percurso. Destaca-se que, o tempo total de viagens de transporte coletivo é composto por tempo de acesso de caminhada, tempo no veículo e tempo de espera na parada. Ainda, algumas viagens de transporte individual, cuja origem ou destino encontra-se a uma distância maior de 30m, o tempo de viagem é composto por tempo de acesso e tempo no veículo. Sendo assim, cada componente do tempo possui o seu coeficiente β . A Função Utilidade está apresentada na Equação 1.

$$U_i = C_i + \beta_{\text{Cost}_i} \times \text{Cost}_i + \beta_{\text{TimeE}_i} \times \text{TimeE}_i + \beta_{\text{TimeV}_i} \times \text{TimeV}_i + \beta_{\text{TimeA}_i} \times \text{TimeA}_i \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

U_i : Função utilidade para escolha de viagem no modal i ;

C_i : Constante específica para viagem com o modal i ;

β_{Cost_i} : Coeficiente para custo para viagem com o modal i ;

Cost_i : Custo para viagem com o modal i ;

β_{TimeE_i} : Coeficiente para tempo de espera na viagem com modal i ;

TimeE_i : Tempo de espera na viagem no modal i .

β_{TimeV_i} : Coeficiente para tempo de viagem no modal i ;

TimeV_i : Tempo de viagem no modal i .

β_{TimeA_i} : Coeficiente para tempo de acesso ao modal na viagem com modal i ;

TimeA_i : Tempo de acesso ao modal na viagem no modal i .

Destaca-se que a constante específica para viagem em ônibus é nula. Isso porque ambos os coeficientes específicos das viagens a pé e das viagens em veículo individual são obtidos relacionados com ela.

Para verificar se as variáveis contribuam de forma significativa na explicação do comportamento, foi utilizado o p-value (Valor p). Ele caracteriza o quanto os dados rejeitam a hipótese nula, permitindo a avaliação dos resultados do teste de hipóteses. Além disso, foi utilizada a função de verossimilhança para a estimação de parâmetros. Ainda, como medida de desempenho foi utilizado o Pseudo- R^2 .

3 DADOS

A base de dados utilizada nesse trabalho é proveniente de uma pesquisa de origem e destino realizada na Região Metropolitana de Porto Alegre, com GPS e Entrevistas posteriores. Entretanto, para poder avaliar a escolha modal da demanda, foram estimados os atributos de viagens com outros modos de transporte para os mesmos pares origem e destino coletados na pesquisa O/D. Isto é, para cada par de origem e destino, passa a existir, se possível, 3 viagens distintas: uma por veículo individual, uma por transporte coletivo e uma a pé. A seguir estão apresentados os dados coletados na pesquisa O/D e os dados complementares.

3.1 Dados coletados da pesquisa da origem e destino

Ao todo, 72 pessoas participaram da coleta de dados com GPS e Entrevistas posteriores. Eles realizaram no total, 1.225 etapas de viagens, das quais, 762 foram consideradas válidas. Foi relatada cada etapa de viagem realizada e não somente a viagem da sua origem inicial ao destino final. Entende-se por viagem o movimento de uma pessoa entre uma origem inicial e um destino final, feito para satisfazer um determinado motivo. Etapa da viagem se refere ao deslocamento ou parte de viagem feita num modo de transporte. A determinação do início e do fim de cada etapa de viagem ocorre na mudança do modo de transporte utilizado. Contudo, a fim de se obter dados referentes da viagem entre a origem e o destino final, as etapas de viagem de uma mesma viagem foram somadas.

3.1.1 Amostra e perfil dos participantes

A área de estudo na pesquisa foi limitada pela Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), localizada no sul do Brasil. A amostra foi composta por indivíduos selecionados através de contatos do Laboratório de Sistemas de Transportes da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A maioria dos entrevistados (59%) tem entre 20 e 39 anos e 28% tem mais de 50 anos. No total, 55% é do sexo feminino e a metade tem ensino superior. Ainda, 93% trabalham atualmente e 7% são aposentados, pensionistas ou estão desempregados. A escolha dos participantes foi realizada de forma a obter diversidade entre as características pessoais dos indivíduos. A amostra obtida é ampla e diversificada suficiente para fazer inferências sobre distorções entre os registros e relatos obtidos.

O espaço amostral foi de um período de 144 dias não consecutivos. A coleta foi realizada do mês de abril de 2011 ao mês de junho de 2011 e do mês de abril de 2012 ao mês de junho de 2013, em dias úteis e em fim de semana. A maioria dos deslocamentos envolveu a região

central de Porto Alegre, nos bairros Centro e demais bairros lindeiros. De maneira geral, os deslocamentos ocorreram de forma significativa nas vias de maiores fluxos da cidade, comparado às vias locais.

3.1.2 Dispositivo GPS e programas computacionais

A partir de um estudo realizado por Lee e Wolf (2010), foi escolhido o dispositivo GPS *Transystem i-Blue 747a+* para registrar os deslocamentos dos participantes. Para tratar os dados coletados e cruzar as informações gravadas pelo dispositivo GPS e relatadas nas entrevistas, foram utilizados três *softwares* diferentes: (i) *software BT747*, para importar as informações da memória do GPS para o computador; (ii) *GPS Trackmaker*, para visualizar e tratar as rotas de forma gráfica e; (iii) *Google Earth*, para visualização final a partir de mapas bidimensionais e visualização da área com imagens de satélite. O primeiro *software* foi obtido juntamente com o aparelho GPS. Os últimos são programas computacionais gratuitos.

3.1.3 Deslocamentos coletados

Do total de etapas de viagens realizadas, 762 foram consideradas válidas. As demais foram descartadas por limitações na tecnologia GPS (237) - causadas por descarga da bateria, perda de sinal ou etapas de viagens unidas - e por equívocos dos participantes (226), causadas por esquecimento ou relatos de etapas de viagem a mais. Agrupando as etapas de viagens em viagens com par origem e destino, tem-se o total de 505 viagens válidas – contendo uma ou mais etapas de viagens.

A análise de dados levantados mostrou a divisão modal dos deslocamentos realizados pela população amostrada. Os deslocamentos realizados por veículos individuais (automóvel, motocicleta e táxi) representaram 51%, por transporte coletivo (ônibus, lotação e trem), 19% e deslocamentos a pé e por bicicleta, 30%. A Tabela 10 mostra essas quantidades, apresentando um ID para cada agrupamento.

Tabela 10 - Número de viagens coletadas por modal

ID Viagens	Número de Viagens		Observação
Individual	256	51%	Automóvel, Motocicleta, Táxi
A pé	154	30%	A pé, Bicicleta
Transporte Coletivo	95	19%	Ônibus, Lotação, Metrô
Total	505	100%	-

As viagens coletadas apresentaram diversos motivos. A maioria das viagens (69%) foi de caráter não compulsório, sendo divididas em: (i) Assuntos Pessoais, (ii) Compras/Refeição, (iii) Lazer ou Recreação, (iv) Levar ou pegar pessoas, (v) Saúde, (vi) Voltar para casa e (vii) Outros. As demais viagens, compulsórias, representam 31% e são divididas em escola e trabalho. As viagens a trabalho apresentam maior porcentagem que as viagens a estudo, em mais de 50%. A Tabela 11 apresenta o número de viagens coletadas para cada motivo relatado pelos participantes da pesquisa.

Tabela 11 - Número de viagens coletadas por motivo

		Motivo	Número de viagens		
Viagens Compulsórias	Escola/Estudo	45	9%	155	31%
	Trabalho	110	22%		
Viagens não Compulsórias	Assuntos Pessoais	45	9%	350	69%
	Compras/Refeição	94	19%		
	Lazer ou Recreação	23	5%		
	Levar ou pegar pessoas	30	6%		
	Saúde	6	1%		
	Voltar para casa	147	29%		
	Outros	5	1%		
Total Geral		505	100%	505	100%

3.1.4 *Tabulação dos dados coletados*

Com os dados da pesquisa O/D foi possível montar um banco de dados que continha uma série de informações sobre cada viagem e cada etapa de viagem realizada pelos participantes. A Tabela 12 apresenta as informações coletadas para cada viagem realizada. Os dados foram divididos em: (i) Dados pessoais do participante que realizou a viagem; (ii) Dados sobre a viagem, que contêm o motivo e o modo de transporte de cada etapa de viagem realizada, caso exista mais de uma; (iii) Modo principal, que contém informações de distância, tempo e custo do principal modo da viagem e; (iv) Modo secundário, que contém informações de distância, tempo e custo de cada etapa de viagem secundária. Destaca-se que, na existência de mais de uma etapa secundária, anotaram-se ambos dados separadamente. Dessa forma, foi possível agregar as etapas de viagens separadamente.

Tabela 12 - Dados coletados para cada viagem

Dados pessoais	Dados sobre a viagem	Modo principal	Modo secundário
- ID viagem	- Modo principal	- Tempo de viagem registrado	- Tempo de viagem registrado
- ID pessoa	- Motivo	- Distancia registrada	- Distancia registrada
- Nome	- Modo na etapa 1	- Tempo de viagem relatado	- Tempo de viagem relatado
- Idade	- Modo na etapa 2	- Distancia relatada	- Distancia relatada
- Sexo	- Modo na etapa 3	- Tempo de acesso origem	- Tempo de acesso origem
- Estuda atualmente	- Modo na etapa 4	- Tempo de acesso destino	- Tempo de acesso destino
- Grau		- Tempo de espera na origem	- Tempo de espera na origem
- Atividade principal		- Tempo de espera no destino	- Tempo de espera no destino
		- Tempo total da viagem	- Tempo total da viagem

3.2 Dados complementares

A partir da localização da origem e do destino das viagens coletadas na pesquisa O/D, foram estimadas viagens com outros modos de transporte. Os pontos de origem e destino das viagens coletadas por veículo individual foram utilizados para estimar viagens por ônibus e a pé. Os pontos de origem e destino das viagens coletadas por veículo de transporte coletivo foram utilizados para estimar viagens por automóvel e a pé. Os pontos de origem e destino das viagens coletadas por viagens a pé foram utilizados para estimar viagens por automóvel e ônibus. Entretanto, as viagens a pé foram estimadas apenas para os pontos de origem e destino que se distanciaram em, no máximo, 2km.

Sendo assim, foram estimados dados de distância, tempo e custo para os modos alternativos disponíveis para cada viagem. Os dados foram tabulados da mesma forma que as viagens coletadas. A seguir está uma síntese da forma de obtenção dos dados estimados para cada modal.

3.2.1 Automóvel

Para estimar a distância das viagens de automóvel, foi utilizado o programa computacional gratuito *Google Maps*. O *software* contém a malha viária da Região metropolitana de Porto Alegre, com os comprimentos exatos de cada *link*. Além disso, o *software* contém as proibições de conversões e sentido das vias, conforme o gerenciamento de tráfego existente na região. Nas situações em que o programa apresentou mais de uma opção de rota para um

par origem e destino, escolheu-se a mais rápida. Sendo assim, foi obtida a distância estimada para cada viagem por automóvel.

Para a obtenção dos tempos de cada viagem, foram utilizadas as distâncias obtidas pelo *Google Maps* e as velocidades médias de acordo com a hora que a viagem iniciou. Para ter-se a velocidade para cada viagem, foi feita uma análise com base nos dados das etapas de viagens realizadas por automóveis coletados na pesquisa O/D, em cada período do dia, conforme mostra a Tabela 13. Ressalta-se que foram utilizados apenas os dados referentes às etapas de viagem de automóvel. Os dados relatados de acesso a estacionamentos, por exemplo, não foram considerados para obtenção da velocidade média por automóvel.

Tabela 13 - Dados de velocidade de cada parte de viagem de automóvel registrada

Dados registrados	Antes do Pico da manhã	Pico da manhã	Entrepico	Pico da tarde	Depois do Pico da tarde
	até 7:30	7:30-9:30	9:30-17:30	17:30-19:30	depois das 19:30
Amostra	5	49	113	42	46
Vel. Média (km/h)	40,4	24,1	23,0	18,7	28,8
Desvio padrão	3,7	8,6	9,7	8,7	9,0

O custo das viagens de automóvel foi estimado sendo composto por duas parcelas: Custo de deslocamento e custo de estacionamento. Essas parcelas foram somadas posteriormente para se obter o custo total da viagem.

O custo de deslocamento se refere ao combustível gasto para o deslocamento entre a origem e o destino. Para tanto, foi obtida a média do consumo de gasolina de 9,8 km/litro, a partir da pesquisa realizada pelo INMETRO (2013), que apresentou o consumo de 435 veículos leves de 134 modelos mais comuns atuais no Brasil. Foi utilizada essa média, uma vez que é desconhecido o automóvel que seria utilizado pelas pessoas. O preço da gasolina foi fixado em R\$2,79/litro, conforme média anual apresentada no relatório elaborado pela ANP (2013) para a cidade de Porto Alegre. Foi utilizado o preço médio na cidade de Porto Alegre, uma vez que os deslocamentos ocorreram de forma expressiva na cidade e os preços das cidades lindeiras à capital não variam significativamente do preço da mesma. Além disso, foi utilizado o preço da gasolina frente ao álcool, porque as vendas de gasolina nos postos de combustíveis na região sul são superiores a 3 vezes à venda de álcool (Rezende, Nakao e Abrão, 2011),

apesar de estarem circulando atualmente uma quantidade significativa de carros flex, em que se pode utilizar tanto gasolina quanto álcool.

O custo de estacionamento foi obtido a partir de uma pesquisa de mercado, em que foram coletadas as informações do custo de estacionamento na primeira meia-hora e por hora de uma série de estacionamentos existentes na região central da cidade de Porto Alegre. A região está limitada pelo viaduto da Conceição, Largo Edgar Koetz e Avenida Loureiro da Silva. Foi estabelecida essa região porque a maior parte dos estabelecimentos localizados nessa zona não possui vagas para estacionamento nem para carga e descarga. Nessa área, as vagas disponíveis na via pública não são suficientes para acomodar a demanda diária (Feder, 2007). A pesquisa foi realizada em janeiro de 2013. Como resultado, a partir da média dos dados coletados, foram obtidos os preços de R\$6,00 a meia-hora, R\$9,00 uma hora e R\$2,00 na hora adicional, nas viagens com estacionamento na zona central. Para o estacionamento nas demais zonas da cidade, o custo foi considerado zero.

3.2.2 *A pé*

Foi estabelecido que apenas viagens com menos de 2km poderiam ter sido realizadas a pé, já que na cidade de Porto Alegre, 95% das viagens a pé têm distâncias menores que 2km (Larrañaga e Cybis, 2010). A estimativa da distância das viagens a pé foi realizada a partir do *software* gratuito *Google Maps*. Após alocar a origem e o destino, o programa apresenta algumas rotas de deslocamento a pé. Foi escolhida a viagem mais rápida.

A duração das viagens a pé foi obtida a partir dos dados de distância e velocidade. Os dados de velocidade foram determinados de acordo com as etapas de viagens a pé registradas. Do total de etapas de viagens a pé registradas, teve-se uma velocidade média de 4,3km/h (com velocidade mínima de 1,08km/h e máxima de 11,54km/h). As velocidades a pé não variaram conforme o horário do dia. Ressalta-se que as viagens a pé possuem custo zero.

3.2.3 *Transporte Coletivo*

Para escolher uma linha de transporte coletivo disponível entre cada par origem e destino, foi utilizado de maneira conjunta o *software* gratuito *Google Maps* e o guia *PoaTransportes*, da Empresa Pública de Transportes e Circulação (EPTC), que regula e fiscaliza as atividades relacionadas com o trânsito e os transportes do Município de Porto Alegre. Após a identificação da linha mais adequada (e, conseqüentemente, rota mais adequada) a ser

utilizada, foram empregadas informações fornecidas pela EPTC, a partir do monitoramento do Sistema de Ônibus Monitorado Automaticamente (SOMA).

O SOMA é um sistema de monitoramento automático dos veículos de transporte coletivo ao longo do itinerário, que tem como finalidade principal fiscalizar eletronicamente o cumprimento e a pontualidade do transporte coletivo de Porto Alegre. Sendo assim, estão implantadas antenas fixas em determinados pontos da malha viária da cidade, que gravam as passagens de cada veículo de transporte público da capital. A cada passagem do veículo por cada antena é criado um registro com o endereço da antena, o laço pelo qual o veículo passou e a hora de sua passagem. Dessa forma, se tem as informações de cada linha de ônibus de Porto Alegre, em cada dia e em diferentes horas do dia (Ladeira, Michel e Pavanatto, 2009). Com os endereços dos pontos de origem e destino, linha de ônibus elegida, endereço das antenas do SOMA que obtêm informações da linha, dia da viagem e horário de início da viagem, foram estimados os tempos de cada viagem por transporte coletivo.

Ainda, foram acrescentados os tempos de caminhada e os tempos de espera na parada de ônibus. Os tempos de caminhada – no começo e/ou no fim da viagem e entre duas linhas de ônibus – foram determinados conforme a distância entre a parada e o ponto de origem e/ou destino e foi aplicada a metodologia de estimativa das viagens a pé.

Os tempos de espera na parada foram determinados com base nos tempos de espera registrados das viagens coletadas por transporte coletivo na pesquisa O/D aplicada. Os tempos de espera variaram conforme o período do dia. A Tabela 14 apresenta os tempos de espera na parada coletados pelo GPS. Foram utilizados os tempos médios de espera na parada em cada período do dia, para cada viagem por transporte coletivo estimada.

Tabela 14 - Tempo de espera nas paradas de ônibus registrados

Dados registrados	Antes do Pico da manhã	Pico da manhã	Entrepico	Pico da tarde	Depois do Pico da tarde
	até 7:30	7:30-9:30	9:30-17:30	17:30-19:30	depois das 19:30
Amostra	2	14	20	11	11
Tempo médio de espera na parada (min)	4,9	3,5	8,9	5,6	5,4
Desvio padrão	0,8	2,9	8,8	5,5	3,9

A tarifa de ônibus urbano em Porto Alegre foi fixada em R\$2,80 em 2013. Esse valor foi utilizado como custo de todas as viagens estimadas por transporte coletivo, uma vez que a tarifa da cidade é integrada. Além disso, ressalta-se que foi estimada a utilização de no máximo 2 linhas de ônibus nas viagens de transporte coletivo.

4 MODELAGEM DE ESCOLHA MODAL

O banco de dados formado com informações pessoais dos participantes, dados relatados pelos mesmos, registrados pelo aparelho GPS e estimados por outros modais a partir da localização da origem e do destino apresenta uma série de informações físicas, perceptivas e precisas sobre mesmas viagens. Assim, visando obter uma correlação significativa entre parâmetros, que explicassem o comportamento das pessoas frente a diferentes opções de modais, foram elaborados modelos *Logit Multinomial* diferentes.

A seguir estão apresentados 2 modelos de escolha modal. O primeiro utiliza dados registrados pelo GPS, o segundo utiliza dados relatados pelos participantes. Os modelos utilizam como parâmetros o custo e o tempo. Os tempos estão estratificados em: (i) tempo de caminhada até a parada ou estacionamento, (ii) tempo de espera na parada, (iii) tempo de percurso dentro do veículo e (iv) tempo de caminhada da parada até o destino final. Entretanto, o tempo de caminhada até a parada ou estacionamento e o tempo de caminhada da parada até o destino final foram somados, porque ambos representam etapas de viagem a pé, de acesso ao modal principal. A Tabela 15 apresenta os resultados obtidos para ambas as modelagens.

Tabela 15 – Modelos de escolha modal com dados registrados e com dados relatados

Variáveis	Dados Registrados no GPS		Dados Relatados	
	Coefficientes	Valor-p	Coefficientes	Valor-p
Constante Auto	-0.474	0.10	-0.331	0.25
Constante A pé	+0.426	0.18	+0.181	0.57
Custo	-0.0434	0.05	-0.0371	0.08
Tempo no veículo	-0.0426	0.00	+0.0105	0.27
Tempo de acesso	-0.0743	0.01	-0.0606	0.04
Tempo de espera	-0.110	0.00	-0.113	0.00
	Número de observações = 505		Número de observações = 505	
	Log-Verossimilhança = -279.342		Log-Verossimilhança = -285.452	
	Pseudo-R ² = 0.108		Pseudo-R ² = 0.089	

A modelagem elaborada com os dados registrados no GPS apresenta parâmetros de tempo e de custo negativos, conforme mostra a Tabela 6. Isso indica que tanto o tempo quanto o custo têm uma relação inversa com a atratividade da escolha: Quanto maior o tempo, ou o custo, menos atrativo se torna a alternativa. Com relação a Constante A pé, o parâmetro foi positivo, comprovando a atratividade das viagens a pé. O ajuste nessa modelagem mostra-se satisfatório, de acordo com o Valor-p, que se apresenta menor que 0,05 na maioria das variáveis. Nas demais, encontra-se igual a 0,1 em uma e menor que 0,2 na outra.

A modelagem elaborada com os dados relatados pelos participantes, também apresentada na Tabela 6 demonstra uma incoerência no parâmetro de tempo dentro do veículo e, no caso de viagens a pé, a viagem total. Este se mostra positivo e não significativo. De acordo com o modelo, quanto mais tempo passado dentro do veículo, mais atrativa é a escolha por esse modal. Sendo assim, o modelo não se comporta conforme o esperado, conforme as hipóteses previamente estabelecidas. Além disso, o Valor-p tem valores elevados, na ordem de 0,2 a 0,6, comprovando que as variáveis não são significativas.

Os valores de Pseudo-R² são da ordem de 0,1 em ambas as modelagens, mostrando ajuste aceitável dos dados dos modelos *Logit Multinomial*. Valores na ordem de 0,4 são considerados excelentes ajustes (Ortúzar e Willumsen, 2011). Contudo, o ajuste na modelagem a partir de dados relatados se mostrou pior, comparado com a modelagem elaborada a partir dos dados registrados pelo aparelho GPS. O modelo *Logit Multinomial* elaborado com base nos dados registrados pelo GPS apresentou resultados significativos, com ajustes satisfatórios. O modelo elaborado com base nos dados relatados apresentam variáveis não significativas.

5 CONCLUSÃO

Com base nos dados da pesquisa O/D realizada com GPS e Entrevistas posteriores, alimentada por informações complementares de viagens com outros modais nos mesmos pares de origem e destinos coletados, foi possível analisar as escolhas pelo modo de transportes em viagens urbanas. A partir do cruzamento de informações sobre mesmas viagens, estudou-se o comportamento e a percepção das pessoas frente a diferentes opções de deslocamentos na cidade.

Nesse sentido, analisou-se a influência dos dados relatados e dos dados registrados pelo GPS na modelagem da escolha modal. Os modelos *Logit Multinomial* elaborados a partir de dados registrados e dados relatados apresentam diferenças claras. O primeiro se comporta conforme o esperado, conforme as hipóteses previamente estabelecidas, e apresenta parâmetros significativos. O segundo, apesar de apresentar ajuste satisfatório, apresenta parâmetros não significativos e não se comporta conforme esperado. Isso se deve ao fato que os dados de viagem, principalmente de tempo e distância, são relatados de maneira errônea pelas pessoas, que perceberam esses fatores equivocadamente.

Sendo assim, a aplicação exclusiva de entrevistas para a obtenção de dados de mobilidade, conforme método tradicional, não é a forma mais segura. Os participantes frequentemente esquecem ou adicionam viagens não realizadas e têm percepção equivocada com relação aos horários e às distâncias percorridas. As pesquisas de origem e destino servem como base para diversas tomadas de decisões na área de engenharia de transportes e devem ser elaboradas a partir de fontes confiáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP (2013) Síntese dos Preços Praticados em Porto Alegre – Resumo 1, de 10/11/2013 a 16/11/2013. Associação Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. CLP – Sistema de Levantamento de Dados.

BEN-AKIVA, I. G. e LERMAN, S. R. (1985) *Discrete Choice Analysis: Theory and Application*. The MIT Press. 390 p.

BOHTE, W. e MAAT, K. (2009) Deriving and validating trip purposes and travel modes for multi-day GPS-based travel surveys: A large-scale application in the Netherlands. *Anais Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, v. 17, p. 285-297.

BRICKA, S. G., SEN, S., PALETI, R. e BHAT, C. R. (2011) An analysis of the factors influencing differences in survey-reported and GPS-recorded trips. *Journal of Transportation Research Part C* 21, p. 67–88.

CARRION, C. (2013) *Travel Time Perception Errors: Causes and Consequences*. Tese de Doutorado de Psicologia. Faculty of the Graduate School of the University of Minnesota. Minnesota, EUA.

FEDER, M. (2007) Projeto “Linha Vermelha”. 16º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito. Maceió/ Al. Cd-Rom.

GONG, H., CHEN, C., BIALOSTOZKY, E. e LAWSON, C. T. (2012) A GPS/GIS method for travel mode detection in New York City. *Computers, Environment and Urban Systems*. V. 36, p. 131–139.

HOUSTON, D., ONG, P., JAIMES, G. e WINER, A. (2011) Traffic exposure near the Los Angeles–Long Beach port complex: using GPS-enhanced tracking to assess the implications of unreported travel and locations. *Journal of Transport Geography* 19, p. 1399–1409.

INMETRO (2013) Tabelas de Consumo/Eficiência Energética de Veículos Automotores Leves – atualizada em 05/11/2013. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Programa Brasileiro de Etiquetagem.

LARRAÑAGA, A. M. e CYBIS, H. B. B. (2010) Impacto da Estrutura Urbana na Decisão de Caminhar: Evidências de Porto Alegre. XXIV ANPET, Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes 2010. v. 1. p. 1-12.

LADEIRA, M. C. M; MICHEL, F. D. e PAVANATTO, S. A. (2009) Monitoramento da Operação de Transporte Público: O Caso de Porto Alegre. XXIII ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2009, Vitória. Cd-Rom.

LEE, M., FUCCI, A., LORENC, P. e BACHMAN, W. (2012) Using GPS data collected in households travel surveys to assess physical activity. *Anais Annual Transportation Research Board Meeting 91th, Washington, D.C.*, Cd-Rom

LEE, M. e WOLF, J. (2010) Feasibility Study: GPS equipment review/pretest. *Anais Annual Transportation Research Board Meeting 89th. Washington, D.C.*, Cd-Rom.

OLIVEIRA, M. G. S., VOVSHA, P., WOLF, J., BORITKER, Y., GIVON, D. e PAASCHE, J. (2011) GPS-assisted prompted recall household travel survey to support development of advanced travel model in Jerusalem, Israel. *Journal of the Transportation Research Board*. Washington, D.C. p.16-23.

ORTÚZAR, J. D. e WILLUMSEN, L. G. (2011) *Modelling Transport*. 4rd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2011.

REZENDE, A. J., NAKAO, S. H. e ABRÃO, S. (2011) Estudo sobre a Carga Tributária dos Combustíveis. Núcleo de Estudos em Controladoria e Contabilidade Tributária. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Universidade de São Paulo.

SENN, L. A. S. e MICHEL, F. D. (2000) A aceitação do pedágio por parte dos usuários gaúchos. ANPET, Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes 2010. v. 8. n. 2

STOPHER, P., WARGELIN, L., MINSER, J., TIERNEY, K., RHINDRESS, M. e O'CONNOR, S. (2012) GPS-based household interview survey for the Cincinnati, Ohio region. Anais Annual Transportation Research Board Meeting, 91th, Washington, D.C., Cd-Rom.

5. CONCLUSÕES

Essa dissertação apresentou uma análise sobre a utilização da tecnologia GPS em pesquisas de origem e destino. Este capítulo apresenta as principais conclusões deste estudo, uma revisão dos objetivos e recomendações para trabalhos futuros.

5.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Uma vez que, até o instante, não está consolidada uma metodologia de coleta de dados de uma pesquisa O/D estratificadas por etapas de viagem com a utilização de GPS, foi elaborado um mapeamento bibliográfico das pesquisas O/D estratificadas por etapas de viagem, com auxílio de GPS e entrevistas posteriores já realizadas no mundo. No levantamento bibliográfico, foi possível elencar uma série de métodos distintos de coleta e de tratamento de dados. Entretanto, todas as pesquisas levantadas apontam a viabilidade da utilização de GPS em pesquisas O/D que coletam informações sobre todas as etapas das viagens, principalmente se aplicado com entrevistas posteriores (Bohte e Maat, 2009; Lee e Wolf, 2010; Bricka *et al.*, 2011; Houston *et al.*, 2011; Gong *et al.*, 2012; Oliveira *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2012; Stopher *et al.*, 2012).

A aplicação da pesquisa O/D com GPS e Entrevistas posteriores na Região Metropolitana de Porto Alegre corroborou para a verificação do desempenho da tecnologia GPS em coletas de dados de deslocamento. A tecnologia GPS apresentou precisão suficiente

para registrar os dados de maneira confiável, inclusive em deslocamentos curtos e a pé, contudo, maiores que 100m. Os principais limitadores da utilização de GPS na Região Metropolitana de Porto Alegre foram: a qualidade do sinal e a partida a frio. O primeiro se refere aos cânions urbanos, localizados principalmente no centro de Porto Alegre, que causaram reflexão indesejada do sinal de GPS em alguns pontos. O segundo, diz respeito ao tempo que o GPS dependia para determinar a sua localização ao ser ligado ou a receber novamente o sinal dos satélites, em caso de tê-lo perdido. Entretanto, apesar das limitações, foi elaborado um banco de dados completo com informações relatadas e registradas no GPS, de grande potencial.

Com o banco de dados consolidado no estudo de caso, foi possível analisar os relatos dos participantes, em comparação com os dados registrados no aparelho GPS. A partir do banco de dados, foi constatado que os indivíduos erraram a distância e o tempo de forma diferente em cada modal de transporte em viagens curtas, com menos de 2km, de acordo com a análise de variância ANOVA. Isso significa que os participantes tiveram percepções diferentes em viagens com diferentes modos de transporte e percepções de mesma ordem nos mesmos modais. Ainda, com a análise de variância ANOVA, verificou-se que em viagens longas, com mais de 2km, os participantes erraram a distância de forma diferente entre os modos de transporte, mas o mesmo não se pode afirmar com relação à duração.

As análises de comparação múltipla de médias apontam que todos os indivíduos apresentaram discrepâncias no relato da duração e da distância nas etapas de viagens. As discrepâncias foram tanto positivas quanto negativas. Em relação à discrepância entre a distância das viagens registradas e relatadas, não é possível afirmar uma tendência a super ou subestimar pelos indivíduos. Existe um maior número de pessoas que superestimaram, mas a magnitude da discrepância foi maior nos indivíduos que subestimaram. Contudo, a análise das discrepâncias entre os dados relatados e os dados registrados da duração das viagens mostrou uma clara tendência a subestimar o tempo de viagem, tanto em viagens curtas como longas e em todos os modos de transporte. Com base nisso, pode-se concluir que as pessoas acreditaram que os deslocamentos demandaram menos tempo, do que na verdade ocorreu.

Isso possivelmente se deve ao fato de que a percepção do tempo está relacionada com o ambiente exterior (Carrion, 2013). A cidade apresenta um dinamismo, na qual uma série de movimentos ocorre próximo às pessoas e elas acabam se ocupando com demais atividades ao

seu redor, mesmo se deslocando. Quanto mais as pessoas se ocupam, mais o tempo tende a passar mais rápido. Logo, por estarem se locomovendo e, provavelmente, fazendo demais atividades ao mesmo tempo, tais como falar no telefone, conversar ou ler um livro no ônibus, a percepção que elas têm é de que o tempo passou mais rápido do que na verdade aconteceu.

Visando verificar as implicações dessas diferenças entre os dados relatados e registrados no GPS para fins de modelagem, foram elaborados modelos de escolha modal *Logit Multinomial*, que utilizaram como parâmetros o tempo e o custo de cada viagem. Para tanto, o banco de dados da pesquisa O/D aplicada com GPS e Entrevistas posteriores foi alimentado por informações complementares de viagens por diferentes modos de transporte entre os mesmos pontos de origem e destino coletados.

As diferenças entre o modelo elaborado com os dados registrados pelo GPS e o modelo elaborado com os dados relatados são claras. Enquanto o primeiro aponta ajustes apropriados e parâmetros significativos, o segundo não se comporta conforme as hipóteses previamente estabelecidas e apresenta algumas variáveis não significativas. Isso demonstra que a utilização de dados provenientes de relatos de pessoas pode levar a um conjunto de dados imprecisos.

Com base no exposto, essa dissertação corrobora a utilização da tecnologia GPS em pesquisas de origem e destino com etapas de viagens estratificadas conforme modo de transporte. A aplicação da pesquisa O/D com GPS e Entrevistas posteriores na Região Metropolitana de Porto Alegre apresentou resultados satisfatórios, porque foi possível elaborar um banco de dados bastante rico de informações relatadas e registradas, que se completaram. Stopher *et al.* (2012) apontam que a utilização do sistema GPS e Entrevistas posteriores ultrapassa o que se pode ser alcançado a partir de qualquer outra forma de coleta de dados. Sendo assim, é possível minimizar os equívocos dos participantes, que ocorrem comumente em pesquisas tradicionais de origem e destino. Dessa forma, o planejamento de transportes de uma cidade pode ser elaborado com base em informações concretas da demanda.

5.2 REVISÃO DOS OBJETIVOS

A seguir está apresentada a revisão dos objetivos:

- a) *apresentar as aplicações de coleta de dados com GPS em pesquisas de origem e destino consolidadas e em desenvolvimento no mundo;*

O primeiro artigo dessa dissertação apresentou a técnica tradicional de coleta de dados para uma pesquisa de origem e destino. Além disso, mostrou a evolução desse tipo de pesquisa no mundo. Ainda, apresentou uma série de pesquisas de origem e destino com a utilização conjunta entre GPS e Entrevistas posteriores realizadas atualmente.

- b) *analisar as limitações da tecnologia GPS nas aplicações de pesquisa de origem e destino;*

O primeiro artigo dessa dissertação apresentou as limitações da tecnologia GPS. O segundo artigo mostrou dados quantitativos de limitações encontrados na pesquisa de campo realizada com a tecnologia GPS. Os dados foram agregados conforme o tipo de limitação ocorrida.

- c) *desenvolver uma pesquisa de origem e destino através de GPS e Entrevistas posteriores em um estudo de caso na Região Metropolitana de Porto Alegre;*

O segundo artigo dessa dissertação apresentou a pesquisa de origem e destino realizada com GPS e Entrevistas posteriores na Região Metropolitana de Porto Alegre. Foram coletados dados de pedestres, veículos de transporte coletivos e veículos individuais, a partir de dados de entrevistas e registrados em aparelho GPS. A pesquisa de origem e destino com GPS e Entrevistas posteriores está descrita de forma resumida no terceiro artigo também.

- d) *analisar as discrepâncias nas informações fornecidas pelo GPS e Entrevistas posteriores sobre tempo e distância nas etapas de viagens realizadas;*

O segundo artigo dessa dissertação apresenta o desenvolvimento da pesquisa de origem e destino aplicada com a utilização de GPS e Entrevistas posteriores. Esse artigo apresenta também as discrepâncias nas informações fornecidas pelo GPS e Entrevistas posteriores sobre tempo e distância nas etapas de viagens realizadas.

e) *analisar a influência da utilização de dados provenientes de GPS e Entrevistas posteriores em ajustes e resultados de modelos de escolha modal.*

A análise da influência da utilização de dados provenientes de GPS e Entrevistas posteriores em ajustes e resultados de modelos de escolha modal, está apresentada no terceiro artigo dessa dissertação. A análise foi feita com base no banco de dados elaborado a partir de informações coletadas na pesquisa de origem e destino com GPS e Entrevistas posteriores e por informações complementares.

5.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Propõe-se que os pontos de origem e destino coletados na pesquisa O/D com GPS e Entrevistas posteriores sejam tratados sobre uma base de dados georreferenciada em GIS (*Geographic information system*), que contenha informações sobre o uso do solo. Sendo assim, segundo Gong *et al.* (2012) e Bohte e Maat (2009), os motivos das viagens poderiam ser obtidos a partir dos dados registrados pelo GPS. Ainda, de acordo com Bohte e Maat (2009), pode-se ser elaborado um algoritmo que detecta o motivo da viagem de acordo com a proximidade do ponto de destino com o uso do solo das áreas do mapa georreferenciado.

Recomenda-se também, que trabalhos futuros avaliem outras estruturas de modelagem de escolha modal entre dados obtidos por GPS e por Entrevistas posteriores na pesquisa origem e destino. A modelagem nessa dissertação foi feita de forma *Logit Multinomial*. Podem ser elaboradas modelagem *Logit Multinomial* incorporando a heterogeneidade e variabilidade entre os indivíduos, *Logit Misto* com variabilidade sistemática nas preferências dos indivíduos e *Logit Misto* incorporando coeficientes randômicos. Espera-se que modelos com estruturas mais flexíveis apresentem menores diferenças entre os dados relatados e os dados registrados pelo GPS.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILERA, L. M., GIMENEZ, C, BACIC, M. J. E NETO, R. F. Sistemas de gerenciamento de transportes – Estudo de caso. **Anais X Simpósio de Engenharia de Produção- Simpep**. Bauru: Departamento de Engenharia de Produção. Unesp, 2003. v.1. p.1 – 10, 2003

ANP **Síntese dos Preços Praticados em Porto Alegre** – Resumo 1, de 10/11/2013 a 16/11/2013. Associação Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. CLP – Sistema de Levantamento de Dados, 2013.

ANTP - Associação Nacional dos Transportes Públicos. **Pesquisa de origem e destino, o mais completo instrumento para levantar dados de demanda de viagens**. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2004.

ARRUDA, F. E SILVA, A. N. R. Diários de atividades: Uma metodologia alternativa de coleta de dados para planejamento de transportes. **Anais XVIII Congresso De Pesquisa E Ensino Em Transportes**. Florianópolis, Santa Catarina, 2004.

BEN-AKIVA, I. G. e LERMAN, S. R. **Discrete Choice Analysis: Theory and Application**. The MIT Press. 390 p., 1985.

BERNARDI, J. V. E. E LANDIM, P. M. B. **Aplicação do Sistema de Posicionamento Global (GPS) na Coleta de Dados**. Texto didático 10. Laboratório de Geomatématica, UNESP, Rio Claro, SP, 2002.

BOHTE, W. E MAAT, K.. Deriving and validating trip purposes and travel modes for multi-day GPS-based travel surveys: A large-scale application in the Netherlands. **Anais Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v. 17, p. 285-297, 2009.

BRICKA, S. G., SEN, S., PALETI, R. E BHAT, C. R. An analysis of the factors influencing differences in survey-reported and GPS-recorded trips. **Transportation Research Part C** 21, p. 67–88, 2011.

CARRION, C. **Travel Time Perception Errors: Causes and Consequences**. Tese de Doutorado de Psicologia. Faculty of the Graduate School of the University of Minnesota. Minnesota, EUA, 2013.

CLIFTON, K. E MUHS, C. D. Capturing and representing multimodal trips in travel surveys: A review of the practice. **Anais Annual Transportation Research Board Meeting, 91th**, Washington, D.C., 2012, CD-ROM.

COELHO, A. C. S. **Avaliação do desempenho de receptores GPS em levantamentos altimétricos, para fim de sistematização de terras**. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2003.

DU, J. E AULTMAN-HALL, L. Increasing the accuracy of trip rate information from passive multi-day GPS travel datasets: Automatic trip end identification issues. **Transportation Research Part A**, p. 220–232, 2007.

FEDER, M. Projeto “Linha Vermelha”. **Anais 16º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito**. Maceió/ Al, 2007, CD-ROM.

GLEAVE, S. D. E GEOSTATS, L. P. **The use of GPS to improve travel data, study report**. DTLR New Horizons Programme. London Department for Transport, 2003.

GONG, H., CHEN, C., BIALOSTOZKY, E. E LAWSON, C. T. A GPS/GIS method for travel mode detection in New York City. **Computers, Environment and Urban Systems**. V. 36, p. 131–139, 2012.

HOUSTON, D., ONG, P., JAIMES, G. E WINER, A. Traffic exposure near the Los Angeles–Long Beach port complex: using GPS-enhanced tracking to assess the implications of unreported travel and locations. **Journal of Transport Geography** 19, p. 1399–1409, 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Especificações E Normas Gerais Para Levantamentos GPS**. Fator GIS. Curitiba, v. 2, n. 6, p.31-34, 1994.

INMETRO. **Tabelas de Consumo/Eficiência Energética de Veículos Automotores Leves** – atualizada em 05/11/2013. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Programa Brasileiro de Etiquetagem, 2013.

LADEIRA, M. C. M; MICHEL, F. D. e PAVANATTO, S. A. Monitoramento da Operação de Transporte Público: O Caso de Porto Alegre. **Anais XXIII ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, 2009, Vitória, 2009, CD-ROM.

LARRAÑAGA, A. M. E CYBIS, H. B. B. Impacto da estrutura urbana na escolha modal: evidências de Porto Alegre. **Anais XXIV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**. Salvador, Bahia, 2010.

LAROCCA, A. P. C. **O uso do GPS como instrumento de controle de deslocamentos dinâmicos de obras civis – Aplicação na área de transportes**. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2004.

LEE, M., FUCCI, A., LORENC, P. E BACHMAN, W. Using GPS data collected in households travel surveys to assess physical activity. **Anais Annual Transportation Research Board Meeting 91th**, Washington, D.C., 2012, CD-ROM.

LEE, M.; WOLF, J. GPS. Feasibility Study: GPS equipment review/pretest. **Anais Annual Transportation Research Board Meeting 89th**. Washington, D.C., 2010, CD-ROM.

OLIVEIRA, M. G. S., VOVSHA, P., WOLF, J., BORITKER, Y., GIVON, D. E PAASCHE, J. GPS-assisted prompted recall household travel survey to support development of advanced travel model in Jerusalem, Israel. **Journal Of The Transportation Research Board**. Washington, D.C. p.16-23, 2011.

ORTÚZAR, J. D. e WILLUMSEN, L. G. **Modelling Transport**. 4rd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2011.

PARRA, F. R. **Gestão do transporte público por ônibus: os casos de Bogotá, Belo Horizonte e Curitiba**. Dissertação de mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba, PR, 2005.

PLUVINET P, GONZALEZ-FELIU J, AMBROSINI C, *et al*. GPS data analysis for understanding urban goods movement. **Procedia Social And Behavioral Science**. **39**:450-462, 2012.

REZENDE, A. J., NAKAO, S. H. e ABRÃO, S. **Estudo sobre a Carga Tributária dos Combustíveis**. Núcleo de Estudos em Controladoria e Contabilidade Tributária. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Universidade de São Paulo, 2011.

SPIPKER, J. J. E PARKINSON, B. W. Global Positioning System: Theory and applications. **Progress in Astronautics and Aeronautics**, vol. 163, v.1, p. 478, 1996.

STOPHER, P., FITZGERALD, F., GREAVES, S. E BIDDLE, T. What can we Learn from GPS Measurement of Travel? 29th **Australasian Transport Research**, Sydney, Austrália, 2006.

STOPHER, P. R. E GREAVES, S. P. Household travel surveys: Where are we going? **Anais Annual Transportation Research Part A**, p. 367–381, 2007.

STOPHER, P. R. E GREAVES, S. Missing and Inaccurate Information from Travel Surveys – Pilot Results. **32nd Australasian Transport Research Forum ATRF 2009**, Auckland, New Zealand, 2009.

STOPHER, P. R., FITZGERALD, F. E XU, M. Assessing the accuracy of the Sydney Household Travel Survey with GPS. **Transportation Research. 34:723–741**, 2007.

STOPHER, P., FITZGERALD, C. E ZHANG, J. Search for a global positioning system device to measure person travel. **Transportation Research Part C**, p.350–369, 2008.

STOPHER, P.R. PRASAD, C. E ZHANG, J. Comparing GPS and prompted recall data records. **World Conference on Transport Research**, Lisboa, 2010.

STOPHER, P. R. E SHEN, L. An In-Depth Comparison of GPS and Diary Records. **Anais Annual Transportation Research Board Meeting 91th**, Washington, D.C., 2011, CD-ROM.

STOPHER, P., WARGELIN, L., MINSER, J., TIERNEY, K., RHINDRESS, M. E O'CONNOR, S. GPS-based household interview survey for the Cincinnati, Ohio region. **Anais Annual Transportation Research Board Meeting, 91th**, Washington, D.C., 2012, CD-ROM.

WAGNER, D. P. Report: Lexington Area **Travel Data Collection Test: GPS for Personal Travel Surveys**. OHIM, OTA, AND FHWA. Washington, DC., 1997, CD-ROM.

WOLF, J., OLIVEIRA, M. E THOMPSON, M. Impact of underreporting on mileage and travel time estimates: results from global positioning system-enhanced household travel survey transportation research record. **Journal of the Transportation Research Board 1854**, p.189–198, 2003.

WOLF, J. Applications of new technologies in travel surveys. 7th **International Conference on Travel Survey Methods**, Costa Rica, 2004.

7. APÊNDICE I

ENTREVISTA POSTERIOR – TABELA DE COLETA DE DADOS

8. APÊNDICE II

**BANCO DE DADOS DE DADOS PESSOAIS E DE ETAPAS DE VIAGENS
COLETADAS NA PESQUISA DE ORIGEM E DESTINO – EXEMPLO DE TABULAÇÃO**

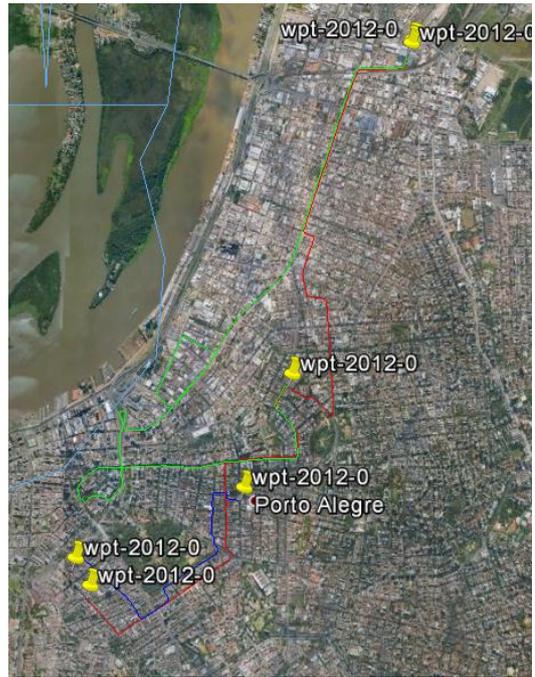
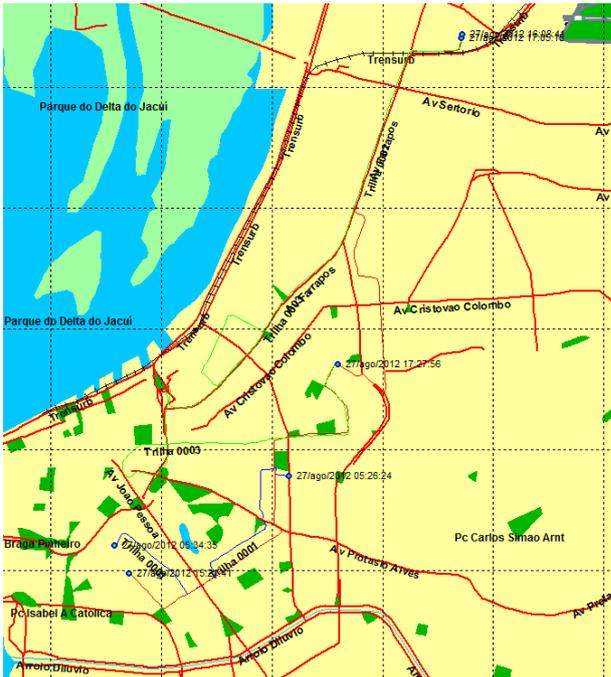
ID	Idade	Sexo	Estuda atualmente	Grau de instrução	Atividade principal
10	30	M	Não estuda	Superior	Funcionário setor Privado
11	30	F	Não estuda	Superior	Funcionário setor Privado
12	26	F	Não estuda	Superior	Desempregado
13	28	M	Não estuda	Superior	Funcionário setor Privado
14	27	M	Pós-Graduação	Pós-Graduação	Funcionário setor Privado
15	40	F	Pós-Graduação	Pós-Graduação	Funcionário Público
16	23	F	Graduação	Superior incompleto	Bolsista/Estagiário
17	26	M	Não estuda	Pós-Graduação	Funcionário setor Privado
18	27	M	Não estuda	Pós-Graduação	Funcionário setor Privado
19	27	M	Pós-Graduação	Superior	Funcionário setor Privado
20	54	M	Não estuda	Pós-Graduação	Funcionário Público
21	54	M	Pós-Graduação	Pós-Graduação	Funcionário Público
22	72	F	Não estuda	Superior	Aposentado/Pensionista
23	53	F	Não estuda	Superior	Funcionário Público
24	24	F	Pós-Graduação	Superior	Funcionário setor Privado
25	61	F	Não estuda	Superior incompleto	Aposentado/Pensionista
26	29	F	Não estuda	Pós-Graduação	Funcionário setor Privado
27	18	F	Outros	Médio	Funcionário setor Privado
28	26	F	Não estuda	Superior	Funcionário setor Privado
29	45	M	Não estuda	Superior	Funcionário setor Privado
30	20	M	Graduação	Superior incompleto	Bolsista/Estagiário
31	52	F	Não estuda	Médio	Funcionário setor Privado
32	53	M	Não estuda	Médio	Funcionário setor Privado
33	24	F	Graduação	Superior incompleto	Desempregado

ID Pessoa	Viagem	Parte	Data	Modo	Motivo	Dist Rel (m)	Hora Rel I	Hora Rel F	Esq?	ñ Reg?	Motivo ñ Reg	Dist Reg (m)	Hora Reg I	Hora Reg F
60	1	1051	07/05/2013	A pé	Acesso a outro modal	150	6:28	6:31				157	06:28:10	06:30:20
60	1	1052	07/05/2013	Ônibus	Acesso a outro modal	400	6:36	6:40				838	06:34:40	06:36:27
60	1	1053	07/05/2013	A pé	Acesso a outro modal	50	6:40	6:42				44	06:36:37	06:37:32
60	1	1054	07/05/2013	Ônibus	Trabalho	200000	6:47	7:50				19692	06:44:07	07:49
60	1	1055	07/05/2013	A pé	Acesso a outro modal	200	7:50	8:00				314	07:49:42	07:55:32
60	2	1056	07/05/2013	A pé	Compras/Refeição	300	12:30	12:40				404	12:31:53	12:39:28
60	3	1057	07/05/2013	A pé	Trabalho	300	13:20	13:30				448	13:15:21	13:26:05
60	4	1058	07/05/2013	A pé	Saúde	1500	17:30	17:45				1298	17:31:13	17:50:43
60	5	1059	07/05/2013	A pé	Acesso a outro modal	300	19:05	19:15				690	19:05:05	19:14:55
60	5	1060	07/05/2013	Ônibus	Voltar para casa	200000	19:30	20:30				19051	19:33:15	20:27:35
60	5	1061	07/05/2013	A pé	Acesso a outro modal	50	20:30	20:33				163	20:27:40	20:33:55
60	1	1062	08/05/2013	A pé	Acesso a outro modal	150	6:28	6:31				166	06:28:01	06:31:01
60	1	1063	08/05/2013	Ônibus	Acesso a outro modal	400	6:36	6:40				834	06:22:06	06:34:36
60	1	1064	08/05/2013	A pé	Acesso a outro modal	50	6:40	6:42				49	06:34:36	06:35:26
60	1	1065	08/05/2013	Ônibus	Trabalho	200000	6:47	7:50				19456	06:43:06	07:45:48
60	1	1066	08/05/2013	A pé	Acesso a outro modal	300	7:50	8:00				411	07:45:53	07:51:03
60	2	1067	08/05/2013	a pé	Acesso a outro modal	50	17:38	17:42				199	17:41:14	17:47:33
60	2	1068	08/05/2013	Ônibus	Voltar para casa	200000	17:49	19:09				20465	17:53:23	19:26:53
60	2	1069	08/05/2013	A pé	Acesso a outro modal	50	19:09	19:12				187	19:27:03	19:29:33
61	1	1070	18/05/2013	Bicicleta	Lazer ou Recreação	100	12:00	12:05		1	Viagem curta			
61	2	1071	18/05/2013	Bicicleta	Voltar para casa	100	12:15	12:20		1	Viagem curta			
61	1	1072	19/05/2013	Automóvel	Compras/Refeição	1500	12:00	12:06				1166	11:24:22	11:25:47
61	2	1073	19/05/2013	Automóvel	Voltar para casa	1500	12:16	12:22				1079	11:32:32	11:33:57
62	1	1074	18/05/2013	Automóvel	Compras/Refeição	400	12:00	12:02				626	12:58:59	13:01:01
62	2	1075	18/05/2013	Automóvel	Voltar para casa	400	12:04	12:06				573	13:03:51	13:05:39
62	3	1076	18/05/2013	Automóvel	Compras/Refeição	2500	15:30	15:35				3348	15:47:14	15:52:02
62	3	1077	18/05/2013	Automóvel	Compras/Refeição	1000	15:55	15:57				570	16:20:02	16:21:20
62	4	1078	18/05/2013	Automóvel	Voltar para casa	3000	16:12	16:18				3939	16:30:20	16:36:41
62	5	1079	18/05/2013	Automóvel	Compras/Refeição	3000	21:30	21:36				3837	21:29:16	21:40:40
62	6	1080	18/05/2013	Automóvel	Voltar para casa	3000	21:51	22:00				3939	21:42:35	21:48:42
63	1	1081	22/05/2013	A pé	Levar ou pegar pessoas	300	10:00	10:05				232	10:08:49	10:13:39
63	2	1082	22/05/2013	A pé	Voltar para casa	300	10:10	10:15				192	10:16:04	10:19:04
63	3	1083	22/05/2013	A pé	Acesso a outro modal	700	11:20	11:30		1	Inexistente			
63	3	1084	22/05/2013							1		165	11:14:23	11:17:08
63	3	1085	22/05/2013							1		354	11:25:28	11:30:28
63	3	1086	22/05/2013	Ônibus	Trabalho	17000	11:32	11:45				10647	11:36:13	11:49:42
63	4	1087	22/05/2013	A pé	Acesso a outro modal	1000	11:45	11:55				596	11:49:07	11:57:22
63	5	1088	22/05/2013							1		117	20:55:11	20:56:31
63	5	1089	22/05/2013	Automóvel	Voltar para casa	15000	20:30	20:45				18585	20:56:36	21:36:38
63	1	1090	23/05/2013	Automóvel	Levar ou pegar pessoas	300	10:30	10:31				294	10:34:16	10:35:14
63	2	1091	23/05/2013	Automóvel	Trabalho	15000	10:40	10:55				13411	10:39:39	10:55:32
63	3	1092	23/05/2013							1		9245	13:29:15	13:50:27
63	4	1093	23/05/2013							1		17554	16:29:19	16:43:10
63	5	1094	23/05/2013							1		3643	16:51:46	17:01:36
63	6	1095	23/05/2013							1		3567	17:19:21	17:33:58
63	7	1096	23/05/2013							1		426	17:45:03	17:47:21
63	8	1097	23/05/2013	Automóvel	Voltar para casa	21000	20:50	21:21		1	Inexistente			
64	1	1098	22/05/2013	A pé	Levar ou pegar pessoas	600	9:30	9:40				838	09:53:19	10:06:59
64	2	1099	22/05/2013	A pé	Outros	300	9:40	9:45				357	10:12:34	10:17:04
64	3	1100	22/05/2013	A pé	Assuntos Pessoais	50	11:30	11:32		1	Viagem curta			
64	4	1101	22/05/2013	A pé	Trabalho	250	11:50	11:53				392	12:02:49	12:08:26
64	5	1102	22/05/2013	A pé	Outros	200	11:53	11:56				191	12:35	12:37:53
64	6	1103	22/05/2013	A pé	Voltar para casa	300	13:00	13:05				377	12:55:35	13:00:00
64	7	1104	22/05/2013	A pé	Acesso a outro modal	300	13:30	13:35				690	13:27:45	13:33:10
64	7	1105	22/05/2013	Trem/metrô	Trabalho	8000	13:50	14:00				7757	13:41:10	13:53:05
64	7	1106	22/05/2013	A pé	Acesso a outro modal	350	14:00	14:08				685	13:53:10	14:01:20
64	8	1107	22/05/2013	A pé	Acesso a outro modal	350	19:45	19:53				598	19:42:27	19:51:22
64	8	1108	22/05/2013	A pé	Voltar para casa	8000	19:55	20:05				7659	19:55:47	20:04:42
64	8	1109	22/05/2013	A pé	Acesso a outro modal	300	20:30	20:40				951	20:32:27	20:37
64	1	1110	23/05/2013	Automóvel	Levar ou pegar pessoas	600	10:00	10:05				1059	09:53:54	09:57:14
64	2	1111	23/05/2013	Automóvel	Levar ou pegar pessoas	15000	10:15	10:45				17925	10:07:03	10:44:33
64	3	1112	23/05/2013	Automóvel	Compras/Refeição	30000	10:45	11:45				19839	10:45:53	11:33:53
64	4	1113	23/05/2013	Automóvel	Voltar para casa	5000	12:15	12:30				4427	12:01:41	12:11:41
64	5	1114	23/05/2013	A pé	Outros	300	12:30	12:35				589	12:29:46	12:38:46
64	6	1115	23/05/2013	A pé	Outros	300	12:35	12:40				142	12:41:16	12:43:36
64	7	1116	23/05/2013	A pé	Compras/Refeição	350	12:40	12:48				202	12:47:21	12:49:36

9. APÊNDICE III

ETAPAS DE VIAGENS COLETADAS EM CADA DIA DE PESQUISA GRAFICADAS NO SOFTWARE *GPSTRACKMAKER* E *GOOGLE EARTH* – EXEMPLO DE APRESENTAÇÃO

Dia 76 – Participante 38



Dia 77 – Participante 39

