

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Vinicius Motter**

**UTILIZAÇÃO DE GPS NO DESENVOLVIMENTO DE  
PESQUISAS DE ORIGEM E DESTINO**

Porto Alegre

julho 2011

**VINICIUS MOTTER**

**UTILIZAÇÃO DE GPS NO DESENVOLVIMENTO DE  
PESQUISAS DE ORIGEM E DESTINO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientadora: Helena Beatriz Bettella Cybis**

Porto Alegre

julho 2011

**VINICIUS MOTTER**

**UTILIZAÇÃO DE GPS NO DESENVOLVIMENTO DE  
PESQUISAS ORIGEM-DESTINO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, julho de 2011

Profa. Helena Beatriz Bettella Cybis  
Ph.D. pela University of Leeds  
Orientadora

Profa. Carin Maria Schmitt  
Coordenadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Profa. Helena Beatriz Bettella Cybis (UFRGS)**  
Ph.D. pela University of Leeds

**Prof. Luiz Afonso dos Santos Senna (UFRGS)**  
Ph.D. pela University of Leeds

**Ana Margarita Larrañaga Uriarte (UFRGS)**  
Mestre em Engenharia de Produção pela UFRGS

Dedico este trabalho a meus pais, Eudes e Nara, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço às Profas. Helena Cybis, orientadora deste trabalho, e Carin Maria Schmitt, coordenadora das disciplinas de Trabalho de Conclusão de Curso, pelo comprometimento na concretização deste projeto. Sem elas, a realização deste estudo não teria sido possível.

Agradeço aos Mestres Engenheiros Ana Margarita Larránaga e André Jacobsen, pelo auxílio e conselhos oferecidos em momentos de necessidade.

Agradeço aos amigos Lara Muri e Jefferson Jobim, pela assistência dispensada no estudo.

Agradeço à Aline, minha namorada, por tudo que representa em minha vida.

Agradeço à minha família e amigos, pelo suporte emocional e pelo apoio integral que demonstraram durante todo o meu período de graduação.

Agradeço às pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para o andamento do projeto, sempre voluntariosas para vir em meu socorro.

Agradeço ao povo das terras altas da Etiópia que, em meados do século IX, inventou uma bebida quente chamada “café”, meu maior companheiro durante a confecção deste trabalho.

O talento é mais barato do que o sal de mesa.  
O que separa a pessoa com talento da que tem êxito é um  
monte de trabalho.

*Stephen King*

## RESUMO

MOTTER, V. **Utilização de GPS na elaboração de Pesquisas de Origem e Destino**. 2011. 78 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Problemas relacionados ao deslocamento de pessoas no perímetro urbano das grandes cidades têm aumentado consideravelmente, tornando-se uma preocupação constante da sociedade atual. Seja pelo aumento da população urbana, seja pelo aporte crescente e contínuo de veículos nas malhas viárias dos grandes centros, é cada vez mais importante a compreensão da forma como as pessoas se locomovem, a fim de que se obtenha uma visão completa do cenário existente e se tenha capacidade de buscar uma solução. Com isso em mente, este trabalho versa sobre a utilização da tecnologia GPS na coleta de dados de Pesquisas de Origem e Destino (O/D), tendo como objetivo a obtenção de melhores resultados em comparação com as técnicas atuais. Como a utilização da tecnologia nesse modelo de estudo ainda não está consolidada, procurou-se, neste trabalho, a avaliação das vantagens e desvantagens relativas ao seu uso. Desse modo, buscou-se desenvolver um procedimento que possibilitasse a utilização de dispositivos GPS de forma metódica para essa finalidade, submetendo participantes a dois dias de coleta com o aparelho (Transystem i-Blue 747 a+), assim como a uma entrevista oral ao final do período. Na sequência, propôs-se um método de tradução de dados brutos provenientes dos dispositivos, eliminando dados inválidos, caracterizando viagens e aplicando tratamentos visuais, com auxílio dos aplicativos *GPS TrackMaker* e *Google Earth*. Com isso, foi possível passar às duas etapas de análise de resultados. Por um lado, observou-se que existiram algumas limitações relacionadas ao uso dos aparelhos (pessoas não os levaram consigo, perda de bateria), assim como à própria tecnologia (qualidade de sinal, efeito de **partida a frio**, etc.). Por outro, primou-se por uma apreciação comparativa, levantando-se as principais divergências observadas entre as informações colhidas por entrevistas e pela tecnologia. Nesse ponto, puderam-se analisar claramente algumas tendências, como a de as pessoas deste estudo terem superestimado consideravelmente distância e duração de viagens. Assim, esta pesquisa abre caminhos para estudos futuros que visem a possibilitar a utilização em larga escala de dispositivos GPS para a coleta de dados de Pesquisas O/D.

Palavras-chave: planejamento de transportes; Pesquisas O/D; coleta da dados; GPS.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: representação esquemática do delineamento da pesquisa .....	17
Figura 2: modelo clássico de transportes quatro etapas .....	24
Figura 3: escopo da coleta de dados necessária para uma Pesquisa O/D .....	27
Figura 4: conjunto de formulários distribuídos em conjunto com os dispositivos .....	31
Figura 5: dispositivo GPS Atmel BTT-08 .....	32
Figura 6: dispositivo GPS Transystem i-Blue 747a+ .....	37
Figura 7: aplicativo BT747 .....	40
Figura 8: aplicativo Google <i>Earth</i> .....	41
Figura 9: aplicativo GPS <i>Trackmaker</i> .....	41
Figura 10: teste de coleta de dados ( $T = 5s$ ) .....	43
Figura 11: exemplo de arquivo de dados brutos .....	48
Figura 12: exemplo de arquivo após a primeira fase de processamento .....	51
Figura 13: exemplo de arquivo após a segunda fase de processamento .....	52
Figura 14: efeito dos chamados <b>cânions urbanos</b> .....	55
Figura 15: efeito de <b>partida a frio</b> .....	56
Figura 16: exemplo de duas viagens erroneamente unidas .....	57



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: dados absolutos sobre perda de informação .....	61
Gráfico 2: causas principais de perda de informação .....	61
Gráfico 3: divergências gerais entre relato e registro .....	63
Gráfico 4: repartição modal de etapas de viagem relatadas .....	64
Gráfico 5: perda de informação por modo .....	65
Gráfico 6: distância e duração média por modo .....	66
Gráfico 7: frequência relativa de etapas de viagem estratificadas por motivo .....	67
Gráfico 8: frequência relativa de etapas de viagem estratificadas por motivo 2 .....	68
Gráfico 9: perda de informação por motivo .....	68
Gráfico 10: perda de informação por motivo 2 .....	69
Gráfico 11: distância e duração média por motivo .....	69

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 : especificações técnicas do dispositivo GPS Transystem i-Blue 747a+ .....	38
Quadro 2: dados gerais sobre viagens .....	60

## **LISTA DE SIGLAS**

CATI: *Computing Assisted Telephonic Interview*

EDOM: Entrevista Domiciliar

GPS: *Global Positioning System*

Pesquisas O/D: Pesquisas de Origem e Destino

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA</b> .....	15
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA .....	15
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO .....	15
<b>2.2.1 Objetivo Principal</b> .....	15
<b>2.2.2 Objetivos Secundários</b> .....	15
2.3 PREMISSE .....	16
2.4 DELIMITAÇÕES .....	16
2.5 LIMITAÇÕES .....	16
2.6 DELINEAMENTO .....	17
<b>3 PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES</b> .....	20
3.1 OBJETIVOS .....	20
3.2 PRINCÍPIOS .....	20
3.3 ESTRUTURAÇÃO .....	22
<b>3.3.1 Estrutura Básica</b> .....	22
<b>3.3.2 O Modelo Quatro Etapas</b> .....	23
3.3.2.1 Geração de Viagens .....	24
3.3.2.2 Distribuição de Viagens .....	24
3.3.2.3 Divisão Modal .....	25
3.3.2.4 Alocação de Viagens .....	25
<b>4 A PESQUISA DE ORIGEM E DESTINO</b> .....	26
4.1 OBJETIVOS .....	26
4.2 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	27
<b>5 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS PARA PESQUISAS O/D</b> .....	29
5.1 ENTREVISTAS DOMICILIARES (EDOM) .....	29
5.2 GPS .....	30
<b>5.2.1 Procedimento de coleta de dados</b> .....	30
<b>5.2.2 Processamento dos dados obtidos</b> .....	32
<b>5.2.3 Problemas nas coleta de dados</b> .....	33
5.3 COMPARAÇÃO DE RESULTADOS DE UMA EDOM X GPS .....	34
<b>6 ESCOLHA DO DISPOSITIVO E CONSIDERAÇÕES INICIAIS DE UTILIZAÇÃO</b> .....	36
6.1 PROCESSO DE ESCOLHA DO DISPOSITIVO GPS .....	36

<b>6.1.1 A Pesquisa O/D do Reino Unido</b> .....	36
<b>6.1.2 Escolha do GPS <i>data logger</i></b> .....	37
<b>6.1.3 Especificações técnicas do i-Blue 747a+</b> .....	37
<b>6.2 CONSIDERAÇÕES INICIAS DE UTILIZAÇÃO</b> .....	39
<b>6.2.1 Escolha do <i>software</i> de configuração do <i>data logger</i></b> .....	39
<b>6.2.2 Escolha dos <i>softwares</i> de processamento de dados</b> .....	40
<b>7 METODOLOGIA DE COLETA DE DADOS</b> .....	42
<b>7.1 CRITÉRIO DE REGISTRO DE DADOS</b> .....	42
<b>7.2 GUIA DE UTILIZAÇÃO PESSOAL DO DISPOSITIVO</b> .....	44
<b>7.3 GRUPO DE ENTREVISTADOS</b> .....	45
<b>7.4 PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS</b> .....	46
<b>7.4.1 Procedimento de coleta de dados por GPS</b> .....	46
<b>7.4.2 Procedimento de coleta de dados por entrevista domiciliar</b> .....	47
<b>7.5 PROCESSAMENTO DOS DADOS</b> .....	47
<b>7.5.1 Primeira fase de edição de mapas (<i>GPS Trackmaker</i>)</b> .....	48
7.5.1.1 Supressão de dados inválidos .....	49
7.5.1.2 Caracterização de viagens .....	49
<b>7.5.2 Segunda fase de edição de mapas (<i>Google Earth</i>)</b> .....	51
<b>8 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS</b> .....	53
<b>8.1 LIMITAÇÕES E DIFICULDADES RELATIVAS AO EMPREGO DA TECNOLOGIA GPS</b> .....	53
<b>8.1.1 Qualidade do sinal (precisão dos dados obtidos)</b> .....	53
<b>8.1.2 Efeito de partida a frio</b> .....	55
<b>8.1.3 União equivocada de etapas de viagem distintas (mesmo modo de transporte)</b> .....	57
<b>8.1.4 Registro permanente de dados</b> .....	58
<b>8.1.5 Problemas relativos à utilização do dispositivo</b> .....	59
<b>8.2 COMPARAÇÃO ENTRE VIAGENS RELATADAS E REGISTRADAS</b> .....	60
<b>8.2.1 Informações gerais sobre viagens realizadas</b> .....	60
8.2.1.1 Perda de informação .....	60
8.2.1.2 Divergências entre relato e registro .....	62
<b>8.2.2 Viagens relacionadas por modo</b> .....	64
8.2.2.1 Perda de informação .....	65
8.2.2.2 Divergências entre relato e registro .....	65
<b>8.2.3 Viagens relacionadas por motivo</b> .....	66

8.2.3.1 Perda de informação .....	68
8.2.3.2 Divergências entre relato e registro .....	69
<b>9 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>71</b>
REFERÊNCIAS .....	73
APÊNDICE A .....	75
APÊNDICE B .....	77



## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, estudos relacionados à Engenharia Urbana vêm ganhando considerável importância. Dentro desse domínio, destaca-se o planejamento de transportes. Com o desenvolvimento das cidades e a crescente necessidade que as pessoas têm de se locomover, precisam ser desenvolvidos mecanismos que possibilitem o entendimento dos padrões de deslocamento existentes em uma determinada região.

Neste momento, as viagens a pé foram colocadas no foco dos estudos, de tal forma que uma tese de doutorado em desenvolvimento na Universidade tenta entender os padrões existentes para esse tipo de deslocamento. Seja pela necessidade de diminuir o número de veículos motorizados nas ruas, seja pelos benefícios resultantes do exercício físico na vida das pessoas, é importante que se saiba apontar como esse tipo de deslocamento ocorre – bem como analisar os fatores que levam as pessoas a optarem por sair de casa a pé, em detrimento de um transporte motorizado. Dessa forma, existe uma busca contínua para o desenvolvimento de ferramentas que auxiliem a analisar de forma eficiente os aspectos mais relevantes no que diz respeito à forma como as pessoas se locomovem.

Dentre as ferramentas de análise disponíveis para o planejamento de transportes, destaca-se a Pesquisa de O/D. Como será visto nos capítulos subsequentes deste trabalho, esta pesquisa tem por objetivo colher dados que visem a estabelecer o padrão de deslocamentos das pessoas de uma determinada região ou cidade. Atualmente, essa coleta é realizada através de entrevistas, pessoalmente ou por telefone, em domicílios selecionados, aleatoriamente, por meio de um processo de amostragem.

Nos métodos tradicionais de pesquisa, os dados são obtidos apenas a partir de respostas orais às perguntas efetuadas por um entrevistador, pessoalmente ou por telefone, através de CATI (*Computing Assisted Telephonic Interview*). Dessa forma, não só o nível de detalhe das informações é baixo, como também muitos dados são perdidos, pois dependem exclusivamente da memória do entrevistado. Assim sendo, a Universidade optou pela aquisição de um aparelho GPS (*Global Positioning System*), ferramenta que objetiva possibilitar ao pesquisador uma coleta de dados com uma maior precisão.

A utilização dessa tecnologia em Pesquisas de Origem e Destino não é, ainda, uma técnica de pesquisa consolidada. Projetos experimentais de levantamento de dados através de GPS têm sido realizados, entre outros países, nos Estados Unidos, na Austrália e na Áustria. Diversas questões relativas a esse procedimento de coleta de dados precisam ser melhor analisadas a fim de garantir sua confiabilidade. Dentre os aspectos que merecem especial atenção, estão a consistência e precisão dos sinais de GPS captados, o método de transcrição e interpretação de dados, assim como a definição das orientações aos entrevistados, o controle e a análise de consistência das informações coletadas.

Em suma, este trabalho tem por finalidade o estudo, a implementação e uma avaliação das vantagens e desvantagens de dispositivos GPS aplicados à coleta de dados de uma Pesquisa O/D. Como será explorado nos próximos capítulos, este projeto envolveu estudos para a compreensão da nova técnica e seu aperfeiçoamento. Para isso, utilizou inicialmente uma revisão bibliográfica, a qual versou, predominantemente, sobre Planejamento de Transportes, sobre Pesquisas de Origem e Destino e sobre a utilização de GPS como ferramenta de dados.

Na sequência, serão apresentadas todas as etapas que foram necessárias para a efetiva implementação de uma coleta de dados realizada com auxílio dessa tecnologia. Do mesmo modo, a realização das fases de coleta – tanto por GPS como por entrevistas – será descrita, bem como o subsequente processamento desses dados.

Assim, discutir-se-á criticamente sobre os resultados obtidos. Neste trabalho, a análise se deu em dois planos. Primeiramente, foi necessária uma avaliação do dispositivo empregado nas coletas, procurando elencar limitações relativas à tecnologia e à utilização do aparelho por parte dos entrevistados. Em um segundo momento, efetuou-se uma comparação entre dados obtidos por GPS e por entrevistas, a fim de exibir divergências.

Com isso, encerram-se as análises do projeto. Por fim, as considerações finais trarão as vantagens e desvantagens encontradas na utilização de dispositivos GPS, bem como sugestões de continuidade de pesquisa.



## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

Este capítulo tem por finalidade apresentar o planejamento da pesquisa, ressaltando os objetivos do trabalho e o caminho que o autor percorreu a fim de atingi-los.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa deste trabalho é: quais as vantagens e desvantagens da tecnologia GPS, aplicada à coleta de dados de uma Pesquisa de Origem e Destino, em relação às entrevistas domiciliares, no que concerne às informações sobre viagens efetuadas pelos entrevistados?

### **2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO**

O presente trabalho apresenta objetivos bem definidos, os quais estão classificados em principais e secundários e são apresentados nos próximos itens.

#### **2.2.1 Objetivos principais**

Os objetivos principais deste trabalho são:

- a) análise da implementação de dispositivos GPS aplicados à coleta de dados de uma Pesquisa de Origem e Destino;
- b) avaliação das vantagens e desvantagens entre a coleta de dados de uma Pesquisa de Origem e Destino efetuada a partir do uso de dispositivos GPS e à realizada por meio de entrevistas domiciliares.

#### **2.2.2 Objetivos secundários**

Os objetivos secundários deste trabalho são os seguintes:

- a) proposta de um método de utilização da tecnologia GPS para a coleta de dados em Pesquisas de Origem e Destino;

- b) proposta de um procedimento para tradução de dados brutos obtidos por GPS, a fim de caracterizar viagens;
- c) elaboração de um guia de utilização pessoal do modelo de dispositivos portáteis GPS empregados neste estudo;
- d) identificação de limitações e dificuldades relativas à tecnologia e à utilização dos dispositivos.

### 2.3 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que as novas tecnologias disponíveis devem ser testadas, visando a melhorias na precisão das Pesquisas de Origem e Destino e, conseqüentemente, uma melhor compreensão do padrão de viagens das pessoas.

### 2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita o foco apenas à qualidade do procedimento de coleta de dados de uma Pesquisa de Origem e Destino, primando pelo desenvolvimento de um método de utilização de dispositivos GPS, bem como pela identificação de limitações características à tecnologia. Dessa forma, não considerou os resultados finais obtidos por esse tipo de estudo.

### 2.5 LIMITAÇÕES

O presente estudo apresenta as seguintes limitações:

- a) um pequeno número de entrevistados, devido a restrições tecnológicas (número de aparelhos disponíveis);
- b) uma situação privilegiada na coleta de dados, pois o grupo de entrevistados foi composto apenas por pessoas do convívio do autor deste trabalho. Dessa forma, a motivação para participar da pesquisa foi provavelmente superior à encontrada em situações normais (vide seção 7.3);
- c) o fato de a pesquisa ser realizada apenas em alguns pontos do município de Porto Alegre, não havendo necessariamente uma distribuição geográfica homogênea – decorrente da alínea (b).

## 2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, as quais estão representadas na figura 1 e serão descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) elaboração de diretrizes de estudo;
- c) coleta de dados realizada tanto por GPS quanto por entrevistas;
- d) elaboração do método de tradução dos dados obtidos por GPS;
- e) análise das limitações e das dificuldades encontradas;
- e) comparação entre dados obtidos por GPS e por entrevistas domiciliares;
- f) considerações finais.

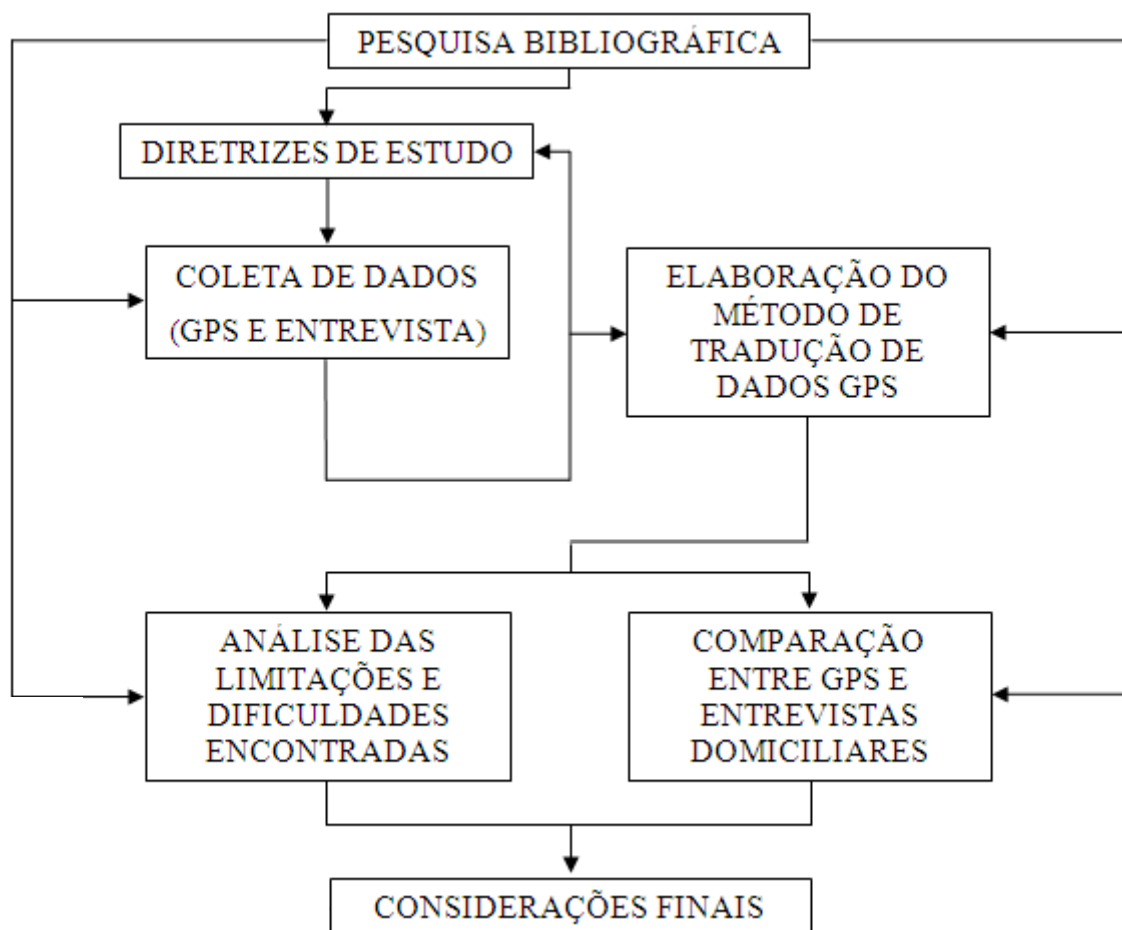


Figura 1: representação esquemática do delineamento da pesquisa

A primeira fase do estudo, que consistiu na pesquisa bibliográfica, foi realizada ao longo de todo o trabalho. Esse ponto visou a dar embasamento científico ao estudo em questão, bem como suporte a todas as etapas da pesquisa. A revisão versou principalmente sobre os seguintes pontos: planejamento de transportes, a fim de contextualizar a pesquisa; Pesquisas de Origem e Destino — da forma como são realizadas atualmente —, buscando explicar sua finalidade, seu método de execução e seu processo de coleta de informações; finalmente, sobre o GPS como ferramenta de aquisição de dados, buscando relatos sobre como essa tecnologia já está sendo empregada para obter informações sobre viagens e deslocamentos em um perímetro urbano.

Em seguida, procedeu-se à etapa de elaboração das diretrizes de estudo. Nesse ponto, o objetivo foi definir os primeiros procedimentos no que diz respeito à utilização e à configuração do dispositivo GPS que foi empregado neste estudo. Assim, buscou-se facilitar a participação dos entrevistados e maximizar a quantidade de informações utilizáveis nas análises posteriores.

Na sequência, partiu-se para a efetiva coleta de dados da pesquisa. Nessa etapa, um aparelho GPS era entregue para os entrevistados, que o utilizavam pelo período de dois dias. Ao final do experimento, o entrevistador recolhia o dispositivo e, logo após, realizava a entrevista, procurando formalizar um diário de viagens do participante.

Com a aquisição dos primeiros dados, pôde-se utilizá-los para, simultaneamente, aprimorar as diretrizes de estudo desenvolvida até o momento e iniciar a etapa de processamento propriamente dita, na qual foi desenvolvido o método de tradução de informações obtidas pelo dispositivo. Vale ressaltar que essa etapa recebeu um forte aporte de pesquisa bibliográfica e teve como objetivo a concepção de critérios que propusessem a definição de viagens a partir daquilo que era coletado por GPS. Em outras palavras, o aparelho fornece apenas dados discretos sobre tempo e espaço – alguns pontos e linhas sobre um mapa. Dessa forma, foi preciso desenvolver um método que compreendesse o conjunto desses pontos e linhas como viagens, possuindo um ponto de início, um trajeto e um fim.

Após a coleta e o processamento dos dados, duas etapas deste estudo foram desenvolvidas em paralelo. A denominada análise das limitações e dificuldades encontradas objetivou – como o próprio nome sugere – identificar e relatar todos os problemas e obstáculos encontrados ao

longo da pesquisa, sejam eles ligados à tecnologia GPS em si, sejam relativos à efetiva utilização dos dispositivos.

Já na segunda etapa, buscou-se avaliar a precisão da coleta de dados por GPS, realizando uma comparação direta entre as informações obtidas por meio dessa tecnologia e das entrevistas domiciliares. Nesse ponto, efetuou-se um exame das viagens relatadas oralmente pelos participantes, assim como das registradas pelo dispositivo, tendo como principal objetivo a aferição de divergências.

Por fim, vale ressaltar que os objetivos deste trabalho encerraram-se nas duas fases anteriores. Com isso, em uma última etapa, foram elaboradas as considerações finais.

### **3 PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES**

A fim de entender um pouco melhor as Pesquisas de Origem e Destino, bem como a forma como elas se desenvolvem, primeiramente, deve-se relacioná-las com o meio em que elas se inserem. No caso, o presente capítulo tem por objetivo iniciar a revisão bibliográfica deste trabalho, oferecendo uma contextualização do domínio do Planejamento de Transportes.

#### **3.1 OBJETIVOS**

De acordo com Bruton (1979, p. 1), “Os problemas e as dificuldades, associados com a movimentação dentro das vilas e cidades do mundo industrializado, são evidentes e públicos e destacam-se diariamente nas vidas dos residentes urbanos.”. Nesse sentido, ele ainda afirma que mesmo que esses problemas não sejam novos, o aumento das populações urbanas, assim como a utilização crescente de veículos motorizados por essas populações, faz as dificuldades de movimentação assumirem proporções cada vez maiores. Ortúzar e Willunsen (2011, p. 1), em uma publicação bem mais recente, seguem nessa mesma linha, alegando que, ainda hoje, são encontrados, no transporte, os mesmos problemas do passado. Entre esses problemas, citam os congestionamentos, a poluição, os acidentes e os déficits financeiros.

Frente a essas dificuldades, surge a necessidade do Planejamento de Transportes. Consoante Ortúzar e Willunsen (2011, p. 1), “[...] o processo de planejamento dos transportes tem sido desenvolvido com o objetivo de aliviar esses problemas, enquanto que, ao mesmo tempo, se utilizam os modos de transporte disponíveis para movimentação.”.

#### **3.2 PRINCÍPIOS**

Segundo Hutchinson (1979, p. 3), “A premissa fundamental que norteia muitos estudos de planejamento de transportes é que a condição de equilíbrio ano-horizonte de uma área urbana seja significativa para a tentativa de previsão e avaliação.”. De acordo com ele, deve-se estimar a tendência de desenvolvimento do solo de uma determinada região para um período futuro - geralmente 20 anos mais tarde. Dessa maneira, estima-se a demanda por transportes

gerada na região, podendo-se então oferecer um conjunto de planos alternativos para o ano-horizonte.

Por outro lado, Mello (1975, p. 8) coloca que se deve ter cuidado ao relacionar o uso do solo com o transporte. Em suas palavras, “Os transportes têm a propriedade de poder modificar a distribuição espacial de todas as atividades produtivas.” Assim, apenas o fato de se modificar as condições de acesso de uma localidade pode gerar diversos efeitos sobre as atividades produtivas locais, como o impulso ao seu desenvolvimento ou até mesmo o seu deslocamento.

Sendo assim, Bruton (1979, p. 2) sintetiza e incrementa as premissas colocadas, estabelecendo princípios e hipóteses que se estabelecem como básicos a fim de se estimar a demanda por transportes em um horizonte futuro. Segundo ele:

- a) padrões de viagens são tangíveis, estáveis e previsíveis;
- b) demandas por movimentos estão diretamente relacionadas com a distribuição e intensidade de usos do solo, que são possíveis de ser exatamente determinados em alguma data futura;
- c) relacionamentos decisivos existem entre todos os modos de transportes e o papel futuro de um particular modo não pode ser determinado sem se considerar todos os outros modos;
- d) o sistema de transportes influencia no desenvolvimento de uma área tão bem quanto serve a esta área;
- e) áreas de urbanizações contínuas requerem uma ampla consideração regional da situação de transporte;
- f) o estudo de transportes é uma parte integrante do processo geral do planejamento e não pode ser considerado adequadamente de forma isolada;
- g) o processo de planejamento dos transportes é contínuo e requer constante atualização, confirmação e aperfeiçoamento.

Com isso, percebe-se que, no desenvolvimento do planejamento de transportes, não cabem esquemas rígidos. A criatividade do planejador é necessária, e características específicas de cada região podem determinar metodologias diferentes na concepção de cada estudo (MELLO, 1975, p. 8). Contudo, Hutchinson (1979, p. 8) afirma que não se pode esquecer o seguinte:

O planejamento de transportes urbanos é um processo contínuo que envolve interação entre governo e comunidade urbana. A avaliação das condições existentes na comunidade determina uma escolha por parte do governo entre várias alternativas e, através da execução dessas ações, espera-se a eliminação das condições insatisfatórias.

Portanto, “[...] qualquer alocação de recursos, qualquer decisão, deve ser fruto de um estudo sério, pois só assim se estará tendo a certeza de se obter a melhor alocação dos recursos disponíveis.” (MELLO, 1975, p. 8).

### 3.3 ESTRUTURAÇÃO

O processo de planejamento de transportes resulta em propostas para o melhoramento das situações em questão. Dependendo do estudo, essas propostas podem tomar formas diferentes. Contudo, ainda que “[...] tipos diferentes de estudos de transportes sejam elaborados para atingir objetivos distintos, eles têm, em comum, a mesma estrutura básica.” (BRUTON, 1979, p. 15). Dessa forma, nos itens a seguir, será descrita a estrutura básica e o Modelo Quatro Etapas.

#### 3.3.1 Estrutura Básica

Bruton (1979, p. 15) descreve três etapas que constituem a estrutura essencial de qualquer processo de planejamento de transportes:

- a) uma etapa de pesquisas e análise que estabeleça a demanda presente por movimento, seu grau de atendimento, as relações entre essa demanda por movimentos e o ambiente urbano;
- b) uma etapa de previsão e de formulação do plano que projete, para alguma data futura, a provável demanda por viagens – baseada nos dados coletados e nas relações estabelecidas na etapa de pesquisas e análise, e que formule proposições que venham atender a essa demanda;
- c) uma etapa de avaliação que verifique se as proposições de transportes elaboradas satisfazem a demanda por viagens, prevista com segurança, capacidade e níveis de serviço adequados e que proporcione o máximo de benefícios para a comunidade pelo mínimo de custos.

Através de uma análise um pouco mais aprofundada das etapas supracitadas, a fim de que o processo de planejamento de transportes seja descrito de uma forma mais completa, Bruton (1979, p. 15-16) ainda identifica as suas principais fases:

- a) formulação explícita de metas e objetivos;
- b) coleta de dados sobre o uso do solo, população, condições econômicas e padrões de viagens para a situação atual;



- c) estabelecimento de relações quantificáveis entre os movimentos e o uso do solo, população e fatores econômicos existentes atualmente;
- d) previsão de uso do solo, população e fatores econômicos para o ano-meta do estudo e o desenvolvimento de plano(s) de uso do solo;
- e) previsão das origens, destinos e distribuição das demandas futuras por movimentos, usando as relações estabelecidas para a situação atual e o uso do solo, população e fatores econômicos previstos;
- f) previsão dos movimentos prováveis de pessoas a serem realizados pelos diferentes modos de viagem no ano-meta;
- g) desenvolvimento de redes alternativas de rodovias e de transporte público ajustado ao plano de uso do solo previsto e dimensionado para acomodar os produtos de movimentos estimados;
- h) atribuição das viagens previstas aos sistemas alternativos de redes coordenadas de transportes;
- i) avaliação de eficiência e da viabilidade econômica das redes alternativas de transportes, tanto em termos sócio-econômicos como de custos e benefícios;
- j) seleção e implementação das redes de transporte mais apropriadas.

### 3.3.2 O Modelo Quatro Etapas

De acordo com Ortúzar e Willunsen (2011, p. 20), anos de desenvolvimento e pesquisa acabaram resultando naquilo que hoje é conhecido como o modelo clássico de transportes. Na figura 2, a forma geral desse modelo é apresentada. Essa abordagem clássica do planejamento de transportes começa com a determinação dos sistemas de zonas e redes a serem considerados, além da coleta e codificação de dados de planejamento, calibração e validação.

Dentre essas informações, normalmente estão inseridos diferentes tipos de dados relativos à população de cada zona da área de estudo, bem como níveis de atividade econômica - incluindo emprego, comércio e instalações recreativas e educacionais. Na sequência, os dados são utilizados na elaboração dos quatro submodelos, que serão abordados nos itens subsequentes sendo eles geração de viagens, distribuição de viagens, divisão modal e alocação de viagens.

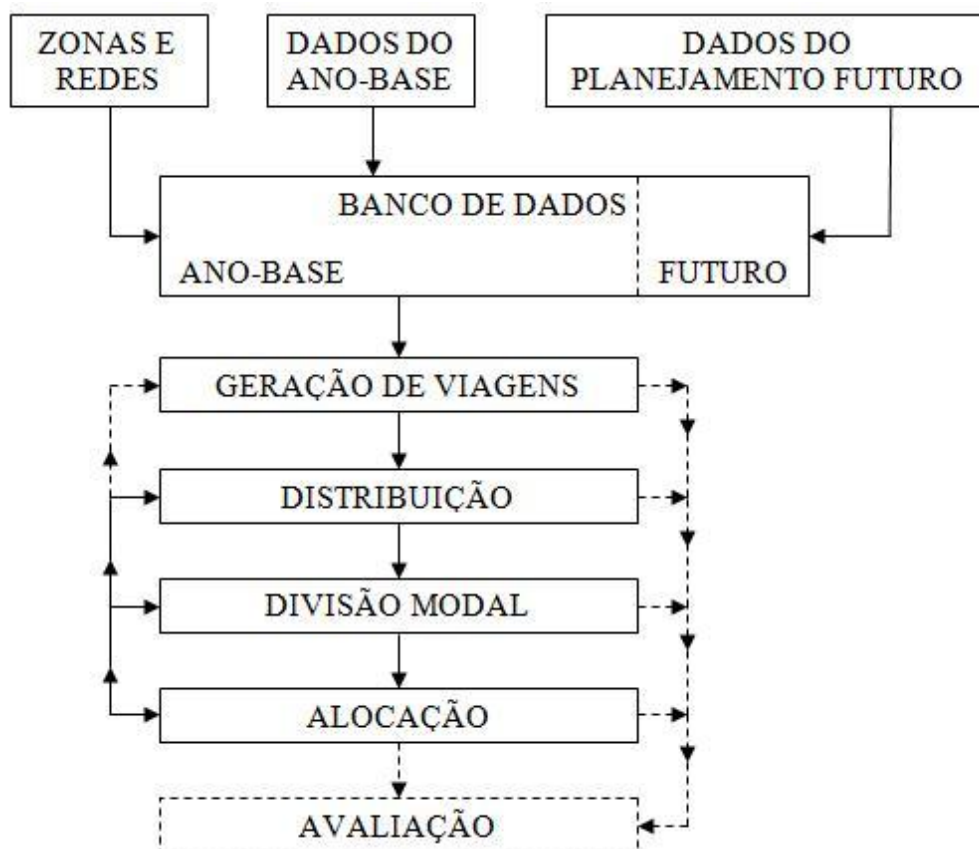


Figura 2: modelo clássico de transportes quatro etapas (baseada em ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011, p. 21)

### 3.3.2.1 Geração de Viagens

De acordo com Ortúzar e Willumsen (2011, p. 21), a partir das informações coletadas, estabelece-se a primeira subetapa do processo. Nesse ponto, estima-se um modelo do número total de viagens geradas e atraídas por cada zona da área de estudo. Conforme Hutchinson (1979, p. 31), ainda cabe salientar que “[...] a principal tarefa da fase de análise de geração de viagens é relacionar a intensidade de viagens de e para parcelas do solo a medidas do tipo e da intensidade do uso do solo.”.

### 3.3.2.2 Distribuição de Viagens

O próximo passo é a alocação dessas viagens para destinos específicos. Em outras palavras, nesta etapa realiza-se a distribuição de viagens pelo espaço, gerando uma matriz de viagens entre as zonas definidas na área de estudo (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011, p. 21).

Hutchinson (1979, p. 77) ainda complementa essa definição dizendo que “O propósito da fase de análise de distribuição de viagens é desenvolver um procedimento que sintetize as ligações entre zonas de tráfego tanto para viajantes cativos do transporte coletivo como para viajantes com escolha.”.

### 3.3.2.3 Divisão Modal

O estágio seguinte normalmente envolve a criação de modelos de escolha do meio de transporte, resultando na divisão modal das viagens geradas (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011, p. 21). Nessa análise, busca-se “[...] estimar a provável repartição de viajantes de transporte coletivo com escolha entre o transporte coletivo e a viagem por automóvel, dado o custo generalizado de viagem pelas duas modalidades.” (HUTCHINSON, 1979, p. 51).

### 3.3.2.4 Alocação de Viagens

Por fim, o último estágio do modelo clássico requer a alocação das viagens, após a sua divisão modal, nas suas redes correspondentes. (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011, p. 21). Desse modo, “O propósito da fase de análise de alocação de rotas é desenvolver uma técnica que simule o modo pelo qual as viagens por automóvel e transporte coletivo entre cada par origem-destino se distribuem sobre as ligações de suas respectivas redes.” (HUTCHINSON, 1979, p. 114).

## 4 A PESQUISA DE ORIGEM E DESTINO

Sendo a Pesquisa de Origem e Destino uma importante ferramenta de aquisição a análise de dados para o planejamento de transportes, este capítulo tem por objetivo definir a Pesquisa O/D, buscando, na literatura conceitos, premissas, objetivos e método de execução. Conforme Bruton (1979, p. 28):

O processo de planejamento de transportes envolve a utilização de uma quantidade considerável de dados. Devem-se coletar dados sobre as características e padrão das viagens atuais na área em estudo, procurando-se determinar a futura distribuição do uso do solo e da população.

Com isso, neste ponto é preciso dar um enfoque maior à coleta de dados desse tipo de estudo, tendo em vista os objetivos do presente trabalho. Além disso, cabe ressaltar que são colocados em destaque, neste capítulo, os procedimentos de coleta de dados como são realizados atualmente, ou seja, por EDOM (Entrevista Domiciliar) ou CATI (*Computing Assisted Telephonic Interview*).

### 4.1 OBJETIVOS

Segundo Stopher e Wargelin (2010, p. 2), Pesquisas O/D são projetadas para fornecer informações sobre os padrões de viagens diários, incluindo início e fim de viagens, horário das tomadas de decisão durante o dia, escolhas de meio de transporte, comprimento e distância de viagens, locais de atividade e rotas tomadas. Esses dados são, normalmente, obtidos a partir de informações auto-relatadas em um diário. Nos Estados Unidos, utilizam-se mais frequentemente CATI, a fim de coletar as informações - embora outros países também façam uso de entrevistas pessoais ou pesquisas pelo correio.

Com isso, em muitas áreas urbanas – especialmente em grandes regiões metropolitanas – as Pesquisas O/D têm um papel importante. Algumas vezes, esses dados são coletados principalmente para a previsão de cenários futuros; em outros casos, eles são usados apenas para retratar de forma detalhada a imagem da situação atual (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011, p. 21).

## 4.2 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A figura 3 é útil para descrever o escopo de um estudo que vise a capturar todas as viagens de uma área metropolitana. Primeiramente, é necessário definir a área de interesse do estudo. O limite externo dessa área é chamado de cordão externo. Uma vez definida essa fronteira, a área é dividida em zonas, a fim de se ter uma ideia clara e espacialmente desagregada da origem e destino das viagens. Assim, pode-se também quantificar variáveis diversas, como população e emprego (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011, p. 74).

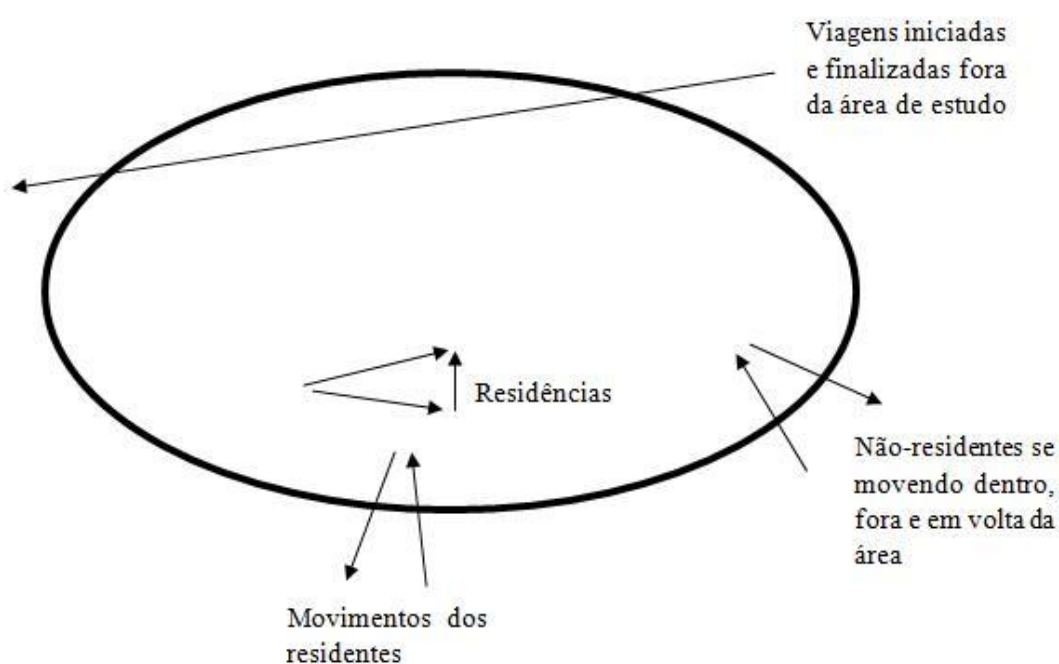


Figura 3: escopo da coleta de dados necessária para uma Pesquisa O/D (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011, p. 74)

Nesse mesmo sentido, Bruton (1979, p. 26-27) enriquece a definição, indicando o seguinte:

Para se garantir a coleta dos dados sobre padrão de viagem e uso do solo de uma maneira eficiente e econômica, define-se a área de estudo por um limite chamado cordão externo. A área dentro do cordão externo é pesquisada intensivamente – analisa-se o uso do solo presente e futuro em um certo nível e obtém-se dados sobre o padrão de viagem por meio da técnica de entrevista domiciliar. Os movimentos com origem fora da área limitada pelo cordão externo e que o cruzam são pesquisados nos seus pontos de cruzamento.

Além disso, para se obter dados com nível de detalhe suficiente para se chegar a conclusões significativas sobre taxas de geração e distribuição de viagens, Bruton (1979, p. 28) finaliza a definição de área de estudo, classificando os dois principais tipos de zona de tráfego:

- a) zonas externas – localizam-se fora da área delimitada pelo cordão externo. Normalmente, elas cobrem toda a área do município. Tendo em vista que a influência dos geradores de tráfego tende a diminuir com o aumento da distância, essas zonas aumentam de tamanho, à medida que se afastam da área de estudo;
- b) zonas internas – zonas que se localizam dentro do cordão externo. A fim de se obter taxas de geração confiáveis e dados mais precisos, busca-se definir pequenas zonas.

Assim, Taylor<sup>1</sup> (1963 apud BRUTON, 1979, p. 29) afirma que a área limitada pelo cordão é dividida em setores, sendo um deles a área central. Os outros são divididos utilizando-se barreiras naturais, como rios, canais, em conjunto com áreas de convergência de tráfego.

---

<sup>1</sup>A obra consultada indica tratar-se de um artigo não publicado, de autoria de Taylor, M. A., intitulado *Zoning for Urban Travel Studies*. O artigo foi desenvolvido pelo *Road Research Laboratory*, sob o código LN/415/MAT, no ano de 1963.

## **5 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS PARA PESQUISAS O/D**

Neste capítulo, serão buscadas as informações que embasarão, cientificamente, os processos de coleta de dados que serão utilizados neste estudo. Em um primeiro momento, serão mostradas as técnicas de entrevista convencionais – as domiciliares –, com seus procedimentos, vantagens e desvantagens.

Já em um segundo momento, serão buscadas informações que tratem da técnica que será objeto de estudo. Desse modo, procurar-se-á definir a tecnologia GPS como ferramenta na coleta de dados de uma Pesquisa O/D, informando como ela já vem sendo utilizada atualmente.

### **5.1 ENTREVISTAS DOMICILIARES (EDOM)**

As entrevistas domiciliares, muito aplicadas atualmente, representam muito bem as técnicas convencionais de coleta de dados. Segundo Bruton (1979, p. 35), a partir do momento em que o conjunto de domicílios selecionados pelo processo de amostragem esteja definido, pode-se partir para a coleta de dados propriamente dita. No caso de uma EDOM, a arrecadação das informações é realizada por entrevistadores treinados especialmente para esse fim, com a supervisão de técnicos qualificados.

Ortúzar e Willumsen (2011, p. 79) mostram que o procedimento de uma entrevista domiciliar ocorre através de duas etapas. Primeiramente, ocorre uma primeira visita ao domicílio selecionado, a fim de apresentar e de explicar a entrevista, assim como recolher alguns dados socioeconômicos da família. Os entrevistados são brevemente orientados quanto à utilização dos instrumentos da entrevista – os questionários, no caso – e requisitados a preencher todos os dados relativos às suas viagens nos dias subsequentes.

No dia seguinte ao do último dia de pesquisa, uma segunda visita ao domicílio é realizada, com o objetivo de recolher as informações coletadas. Cabe ressaltar que frequentemente é necessário auxiliar algumas pessoas a completarem os questionários nesse estágio. As informações solicitadas, segundo Bruton (1979, p. 38), incluem os seguintes dados:

[...] o endereço exato da origem e do destino, o tempo de começo e fim da viagem, o propósito da viagem e o modo utilizado. Distinguem-se até dez diferentes propósitos de viagens, sendo só mais significativos aqueles de/para o trabalho, escola ou universidade, no próprio trabalho, social, esportivo ou recreativo, de serviço de passageiros, do lar e mudança de modo de viagem. Os modos de viagem mais significativos são motorista de carro, passageiro de carro, motorista de veículos de carga, passageiro de veículos de carga, motociclista, passageiro de trem, ônibus, táxi, bicicletas ou mesmo a pé. Dependendo da natureza do estudo, alguns destes modos podem ser considerados conjuntamente ou omitidos.

## 5.2 GPS

Na última década, dispositivos GPS têm sido utilizados cada vez mais como um meio para validar pesquisas domiciliares de origem e destino e, mais recentemente, como um meio para determinar a resposta para políticas de mudança no comportamento de viagens. No entanto, embora vários trabalhos tenham apresentado argumentos de que o GPS já está pronto para ser usado como um substituto em potencial para pesquisas convencionais de viagens, há uma espécie de relutância em se prosseguir nessa direção. Logo, ainda não se sabe se uma pesquisa realizada exclusivamente com base na tecnologia GPS é capaz de capturar todas as informações coletadas em uma pesquisa realizada através de entrevistas (STOPHER; WARGELIN, 2010, p. 1-2).

### 5.2.1 Procedimento de coleta de dados

O procedimento da pesquisa começa com o fornecimento de dispositivos GPS a cada morador com idade superior a 12 anos no domicílio selecionado. Esses habitantes são requisitados a carregar o dispositivo consigo para todos os lugares durante um período de três dias. É desejável que esse período comece no dia seguinte ao da chegada dos aparelhos ao domicílio. Um número suficiente de dispositivos deve ser enviado, de forma que todas as pessoas com idade superior à mínima tenham um aparelho à disposição. Esse aparelho deverá ser identificado, a fim de se assegurar que as viagens digam respeito apenas à pessoa designada. Cada dispositivo GPS também deverá estar acompanhado de um cartão que permita aos entrevistados indicar o que fizeram no dia: se o carregaram consigo durante a totalidade do dia, ou apenas em parte; se o deixaram em casa; se não efetuaram nenhuma viagem durante o dia. O cartão também deve conter um espaço para indicar se a bateria do dispositivo descarregou durante algum período do dia.



Além disso, a cada domicílio também são fornecidos formulários, os quais visam a coletar informações relativas à residência e a seus habitantes, assim como aos veículos possuídos ou utilizados por eles. Esses formulários também coletam outras informações importantes, como os endereços profissionais de todos os membros da residência que trabalham fora de casa, os endereços de cada escola ou estabelecimento de ensino frequentados pelos moradores, assim como dois dos mercados mais visitados. Para habitantes com idade inferior à mínima, breves formulários de viagens são fornecidos, a fim de que se possa estimar a perda de informações relativas a essas crianças (STOPHER; WARGELIN, 2010, p. 3-4). Como exemplo, a figura 4 mostra o conjunto de formulários utilizados na pesquisa de Stopher e Wargelin (2010).

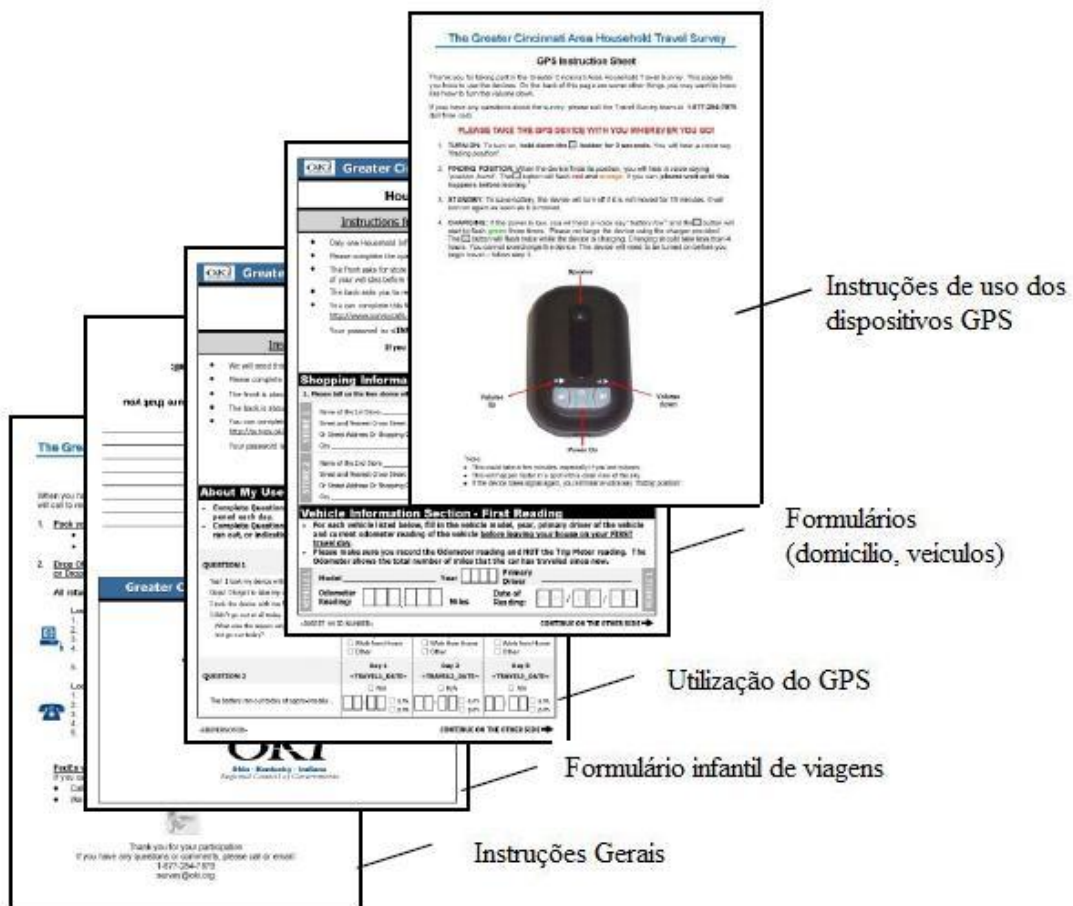


Figura 4: conjunto de formulários distribuídos em conjunto com os dispositivos GPS (adaptada de STOPHER; WARGELIN, 2010, p. 4)

Uma vez que os entrevistados tenham completado a coleta de dados, os dispositivos e formulários são recolhidos e as informações são processadas. Após o processamento de dados, é possível que alguns domicílios sejam solicitados a participar de um processo de

verificação dos dados, no qual se tem a possibilidade de ratificar ou corrigir as informações coletadas por GPS. Nesse caso, essa validação tem dois objetivos principais: gerar dados adicionais sobre as viagens, os quais não podem ser coletados por GPS, assim como desenvolver e aprimorar ferramentas computacionais utilizadas no processamento das informações oriundas dessa tecnologia.

### 5.2.2 Processamento dos dados obtidos

Stopher et al. (2010, p. 4) explicam como é realizado o procedimento dos dados obtidos, afirmando que, a fim de se coletar o maior número de dados possível, o aparelho é programado para gravar a posição do usuário a cada segundo, sendo também equipado com um sensor de vibração. Esse sensor tem a finalidade de economizar a bateria do aparelho, visto que o desliga caso não registre nenhuma vibração por um determinado período. Assim que uma nova vibração é captada, ele automaticamente volta a buscar a posição de forma instantânea. A figura 5 nos traz um exemplo de aparelho utilizado para este tipo de pesquisa.



Figura 5: dispositivo GPS Atmel BTT-08 (STOPHER et al., 2010, p. 5)

Uma vez que um domicílio completa seu período de pesquisa, os aparelhos são devolvidos aos pesquisadores que fazem o download dos arquivos. O que é obtido é uma corrente de dados modificada do aparelho, que fornece a posição do dispositivo segundo a segundo durante todo o período de dois ou três dias que esteve em posse do entrevistado. Esses dados são então processados por uma série de programas computacionais desenvolvidos pelos pesquisadores. O primeiro deles busca eliminar dados redundantes ou falsos, como os obtidos pelo aparelho em descanso ao final de viagens, ou, até mesmo, no meio de uma delas, como durante a espera em um semáforo. Nesse ponto, a corrente de dados é dividida em o que se consideram viagens individuais. Com a finalização desse processo, mapas são gerados pelo

programa. Além deles, é gerado um arquivo sumário que mostra o que se assumem ser os pontos iniciais e finais de cada viagem, o horário (aproximado ao segundo mais próximo) de início e fim, assim como algumas características de cada viagem (distância, tempo decorrido, velocidade média, etc.).

A seguir, como nunca se tem a certeza de que os programas interpretam corretamente todas as informações, é necessária uma fase de edição de mapas. Nesse estágio, procuram-se eventuais erros que possam ter passado pelos programas, como dados falsos que não tenham sido removidos. Algumas vezes, a divisão de viagens não é caracterizada corretamente, uma vez que pequenas paradas (como largar ou pegar uma pessoa) não são contabilizadas - assim como o contrário também pode ocorrer.

Uma vez terminada a edição dos mapas, os dados são processados por uma série de rotinas a fim de torná-los apresentáveis aos entrevistados. Entre elas, pode-se destacar uma que compara os endereços coletados com a localização do ponto final das viagens e grava todos os resultados positivos, de forma que o local de trabalho, do domicílio, estabelecimento educacional ou mercado locais possam ser mostrados no mapa, assim como possíveis motivos para as viagens (STOPHER et al., 2010, p. 5).

### **5.2.3 Problemas nas coletas de dados**

Segundo Stopher e Wargelin (2010, p. 13-14), os aparelhos GPS registram todas as informações sobre localização. Os únicos erros que podem ocorrer, partindo-se do princípio que todos os dados são carregados e processados corretamente, são os listados abaixo:

- a) problema da primeira inicialização – o aparelho experiencia um atraso na determinação da posição até que a viagem já tenha iniciado. Isso não ocorre para nenhuma viagem, exceto para a primeira do primeiro dia, a qual precisa ser consertada por edição no mapa;
- b) perda de sinal – isso só é um problema caso ocorra próximo ao final de uma viagem e resulta em um registro de destino prematuro. Isso pode ser consertado normalmente por edição no mapa. Se a perda de sinal ocorrer no meio de uma viagem, o software de processamento corrige-a automaticamente.

Outros problemas que se podem ter com a aquisição de dados por GPS ocorrem no caso de a pessoa não carregar o aparelho consigo o dia inteiro, ou de a bateria descarregar. Desse modo,

se a pessoa apontar no formulário que esqueceu o aparelho durante parte do dia, ou que a bateria descarregou, esse dia é excluído da amostragem.

### 5.3 COMPARAÇÃO DE RESULTADOS DE UMA EDOM X GPS

Stopher e Wargelin (2010, p. 2) afirmam que está muito bem documentado o fato de que informações autorrelatadas levam a imprecisões. A maior desvantagem é, indiscutivelmente, a perda de dados por viagens não relatadas. Por exemplo, trabalhos recentes, como o de Stopher e Greaves (2009, p. 13), compararam o conjunto de dados obtidos pelo método tradicional de entrevistas com as informações registradas por GPS. Nesse caso, eles mostraram que as informações coletadas pelo método tradicional sugerem uma perda de dados próxima de 20 por cento, podendo chegar inclusive a 60 por cento.

Além desse tipo de falha, comparações entre CATI e GPS descobriram que os entrevistados tendem a superestimar o tempo de viagens, assim como subestimar, seriamente, a distância delas. Viagens não motorizadas, a pé particularmente, também aparentam ser insuficientemente lembradas, embora a extensão da discrepância ainda não tenha sido estabelecida cientificamente (STOPHER; WARGELIN, 2010, p. 2). Dados sobre localização tendem a ser ainda mais problemáticos, uma vez que as pessoas são raramente capazes de fornecer informações sobre endereços ao nível de detalhamento exigido para os propósitos de geoprocessamento e planejamento, e isso acontece, inclusive, para destinos visitados frequentemente, como escola, trabalho e o mercado local (STOPHER<sup>2</sup> et al., 2007 apud STOPHER; WARGELIN, 2010, p. 2). A situação é ainda mais problemática quando se tenta determinar o caminho percorrido, com poucas pessoas capazes de detalhar a rota tomada em termos de uma sequência de nomes de ruas. De fato, raramente é o caso em que entrevistas domiciliares tentam coletar informações sobre rotas, devido à já conhecida dificuldade em fazer as pessoas reportarem esse tipo de informação (STOPHER; WARGELIN, 2010, p. 2).

Um problema adicional percebido com abordagens clássicas de coletas de dados e, nesse mesmo sentido, com qualquer tipo de pesquisa via telefone ou Internet, é o fardo do

---

<sup>2</sup>STOPHER, P.; CLIFFORD, E.; ZHANG, J.; FITZGERALD, C. **Deducing Mode and Purpose from GPS Data**. In: THE TRB TRANSPORTATION PLANNING APPLICATION CONFERENCE, 11., 2007, Daytona Beach. **Proceedings...** Daytona Beach: Transportation Research Board, 2007.

entrevistado. Esse fardo obviamente aumenta com o aumento do nível de detalhamento exigido e do número de dias de observação (STOPHER et al., 2008, p. 4).

Sendo assim, a quantidade de pessoas selecionadas e que não completam a pesquisa é, sem dúvida, o problema mais grave enfrentado por todos os pesquisadores. Mesmo existindo uma variabilidade acentuada, dependendo da estratégia utilizada, em regra, pode-se antecipar aproximadamente apenas 20-30 por cento de resposta para uma pesquisa realizada por via postal, 25-40 por cento para CATI e 60-75 por cento para uma pesquisa por EDOM (STOPHER; WARGELIN, 2010, p. 2). De acordo com Wolf (2006, p. 11), a tecnologia GPS é passiva por natureza, o que torna a participação mais fácil do que nos métodos tradicionais.

## 6 ESCOLHA DO DISPOSITIVO E CONSIDERAÇÕES INICIAIS DE UTILIZAÇÃO

Uma vez encerrados os capítulos que dão base teórica ao trabalho, chega-se ao ponto em que é efetivamente iniciado o desenvolvimento do estudo em questão. O objetivo principal deste capítulo é relatar o processo de escolha do dispositivo GPS utilizado, caracterizá-lo e descrever as impressões iniciais obtidas na sua utilização.

### 6.1 PROCESSO DE ESCOLHA DO DISPOSITIVO GPS

O primeiro passo a ser dado, em todos os estudos envolvendo a utilização da tecnologia GPS, é a definição e a aquisição, se necessária, do aparelho a ser utilizado. Nesse momento, é importante frisar que este projeto não possuía disponibilidade em termos de calendário (tampouco financeiro), para empreender uma vasta pesquisa de mercado que visasse a definir o melhor aparelho para a coleta de dados. Conseqüentemente, foi necessário buscar na literatura um estudo que disponibilizasse informações sobre aparelhos com potencial de utilização para esse tipo de pesquisa.

#### 6.1.1 A Pesquisa O/D do Reino Unido

No ano de 2008, foi realizada uma Pesquisa O/D no Reino Unido (*UK National Travel Survey*) e, durante esse estudo, foi decidido verificar a viabilidade de uma coleta de dados por GPS dentro da realidade britânica. Dessa forma, Lee e Wolf (2010) tiveram de realizar exatamente a pesquisa de mercado que interessa a este trabalho.

Durante a realização do seu estudo, Lee e Wolf (2010) avaliaram 32 aparelhos de marcas diferentes. Após extensivos testes, chegaram à conclusão de que três dispositivos (*GPS data loggers*) atendem de forma satisfatória os requisitos:

- a) Atmel BTT-08 (vide figura 5);
- b) Globalsat DG-100;
- c) Transystem i-Blue 747a+.

### 6.1.2 Escolha do GPS *data logger*

Tendo os resultados do estudo de Lee e Wolf (2010) como referência, a escolha do *data logger* obedeceu a alguns critérios específicos. Entre eles, foi analisada a disponibilidade dos fornecedores, o preço, a agilidade na entrega. Da mesma forma, foram analisados alguns dados técnicos, como a capacidade da memória, a autonomia da bateria, a ergonomia, entre outros. Com isso, foi feita a opção pela compra do dispositivo da Transystem Inc., o **i-Blue 747a+** (figura 6).

Entretanto, a pesquisa possui objetivos metodológicos, estando a avaliação da tecnologia empregada entre eles. Dessa forma, no ato da compra, existiu uma preocupação muito grande com o desempenho que esse aparelho poderia apresentar. Por isso, com o intuito de evitar grandes despesas com um aparelho que poderia não ser o ideal, optou-se pela compra de apenas um *data logger* para este estudo.



Figura 6: dispositivo GPS Transystem i-Blue 747a+  
(TRANSSYSTEM INC., 2011)

### 6.1.3 Especificações técnicas do i-Blue 747a+

A fim de melhor caracterizar o dispositivo que foi utilizado no estudo, é importante conhecer as suas especificações técnicas. O quadro 1 traz essas informações, as quais foram fornecidas pelo fabricante.

Categoria	Parâmetro	Descrição
Geral	Chip do GPS	MTK
	Frequência	L1,1575.42 MHz
	Código C/A	1.023MHz (taxa de chip)
	Canais	66 canais
	Antena	Antena interna com LNA
	Dado	WGS-84
Aquisição de Sinal	Partida a frio	35s, média
	Partida a morno	34s, média
	Partida a quente	1,5s média
	AGPS	< 15s
Energia	Bateria	Li-Ion
	Tempo de Recarga	3h (Condições Normais)
	Autonomia	32h
	Saída	Mini USB
Ambiental	Operação	-10°C a +60°C
	Estocagem	-20°C a +60°C
	Recarga	0°C a +40°C
	Umidade Relativa	5% a 90%
Precisão (sem DGPS)	Posição	Sem auxílio: 3.0m 2D-RMS
		DGPS: 2,5m, 2D-RMS
	Velocidade	Sem auxílio: 0,1m/s
		DGPS: 0,05m/s
Sensitividade	-165dBm (monitoramento)	
Dinâmica	Altitude	< 18000m
	Velocidade	< 515m/s
	Aceleração	4g
Interface	Bluetooth	Compatível v1.2
	Potência de Saída	Classe2 (10 meter espaço livre)
	Frequência	2,4 a 2,4835GHz
Protocolo		NMEA-0183 (V3.01) - GGA, GSA, GSV, RMC (padrão) Bit dados: 8, bit parada:1
Física	Dimensões	46,5W x 72,2L x 20H mm
	Peso	64g
Memória		Até 125,000 way points.
		Grava dados GPS por intervalo de tempo / distância / limite de velocidade / botão
Outros	LED	Bluetooth, Navegação, Bateria/Recarga
	Certificação	CE / FCC

Quadro 1: especificações técnicas do dispositivo GPS Transystem i-Blue 747a+ (adaptado de TRANSYSTEM INC., 2011)



## 6.2 CONSIDERAÇÕES INICIAS DE UTILIZAÇÃO

Com a chegada do iBlue-747a+, foi preciso passar a uma das etapas mais importantes deste trabalho. Esse ponto, como o próprio título da divisão indica, teve como objetivo uma formalização dos primeiros contatos com o aparelho. Em suma, foi necessário aprender a manuseá-lo, assim como realizar testes iniciais, com o objetivo de melhor compreender o processo de aquisição de dados, virtudes e limites do dispositivo em estudo. Na sequência serão apresentados os aplicativos que serviram de base para a configuração do dispositivo e exportação dos dados obtidos.

### 6.2.1 Escolha do software de configuração do *data logger*

Com o objetivo de extrair os melhores resultados possíveis na coleta de dados, uma correta configuração do dispositivo certamente desempenharia um papel fundamental. Desse modo, foi necessário definir qual seria o programa a ser utilizado para esse fim.

O primeiro software testado foi o do próprio fabricante, o qual foi recebido juntamente com o produto. Embora esse programa, em um primeiro momento, tenha parecido ser de fácil utilização, as suas aplicações se mostraram um tanto limitadas. Por esse motivo, acabou sendo descartado.

Como alternativa, surgiu o aplicativo BT747, o qual é utilizado na configuração e exportação de dados de *data loggers* similares ao deste estudo. Uma vez que é gratuito (*freeware*) e oferece uma gama de aplicações muito satisfatória, foi o escolhido para este trabalho. Maiores informações, assim como o próprio *software*, encontram-se disponíveis na sua página institucional (DE WEERD, 2011). A fim de ilustrar esta divisão, a figura 7 mostra a janela principal do BT747.

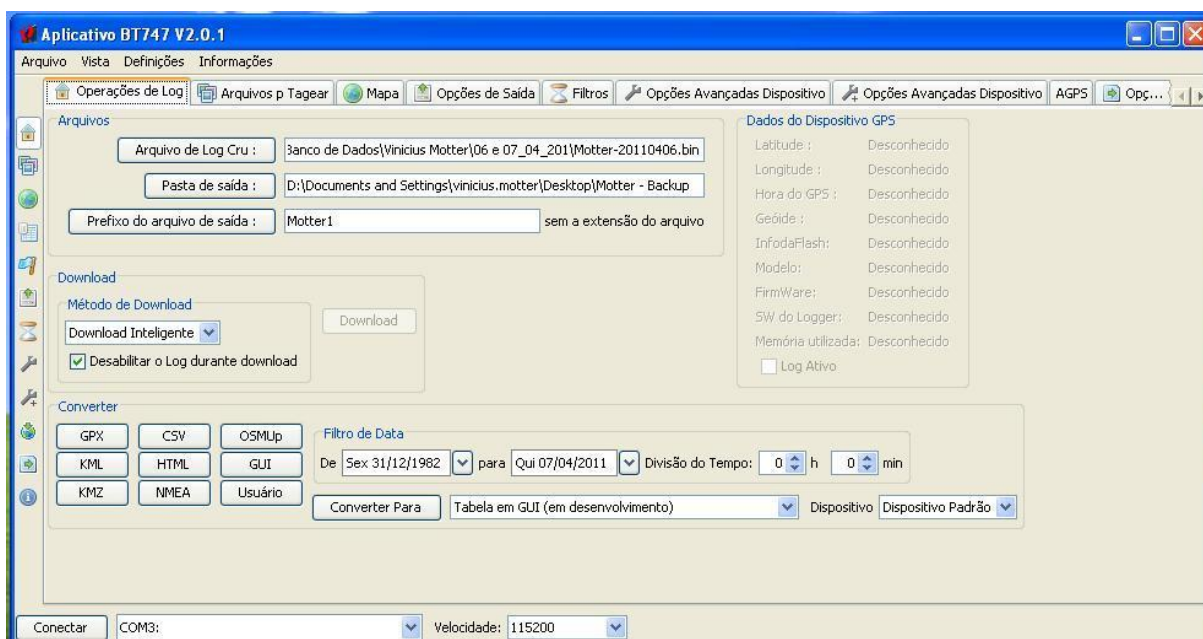


Figura 7: aplicativo BT747

## 6.2.2 Escolha dos *softwares* de processamento de dados

Ainda foi preciso definir o aplicativo que, uma vez coletados os dados, seria utilizado para a sua edição, tradução em viagens (e etapas de viagens) e apresentação final para os entrevistados. Levando em conta aspectos como simplicidade de utilização, interface gráfica detalhada e estética de apresentação, foi definido que o programa utilizado para a apresentação final dos dados seria o *Google Earth* (figura 8). Maiores informações, assim como o próprio aplicativo, encontram-se disponíveis na sua página institucional (GOOGLE, 2011).

No entanto, o *Google Earth* não correspondeu totalmente às necessidades do processamento de dados. Embora ele seja um aplicativo excelente em termos de apresentação, não é possível modificar as informações importadas. No caso deste estudo, isso foi um grande complicador, uma vez que a edição de dados GPS foi uma etapa fundamental no procedimento de caracterização de viagens.

Por esse motivo, também foi preciso utilizar o programa *GPS Trackmaker* (figura 9). Mesmo não tendo a estética como um de seus pontos fortes, ele permitiu, com satisfatória simplicidade, a edição de dados e a caracterização de viagens. Assim, pôde-se efetuar a eliminação de pontos incorretos e imprecisos, a definição de início e fim de cada etapa das

viagens, além de outras intervenções que se mostraram necessárias. O GPS *Trackmaker* apresenta uma versão gratuita e está disponível no seu site institucional (GEO STUDIO TECNOLOGIA, 2011).

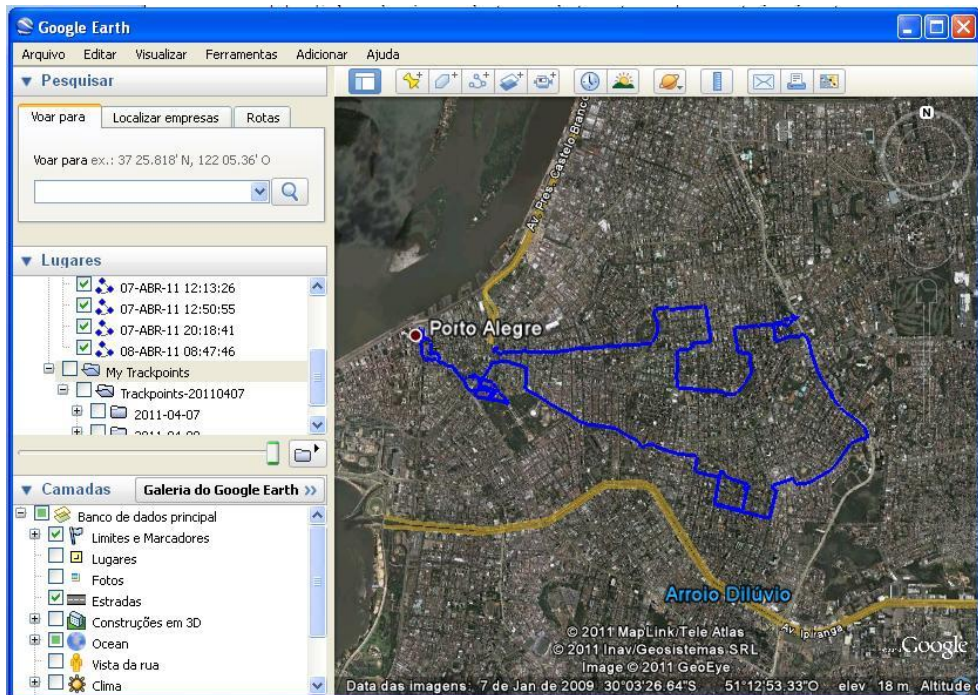


Figura 8: aplicativo *Google Earth*

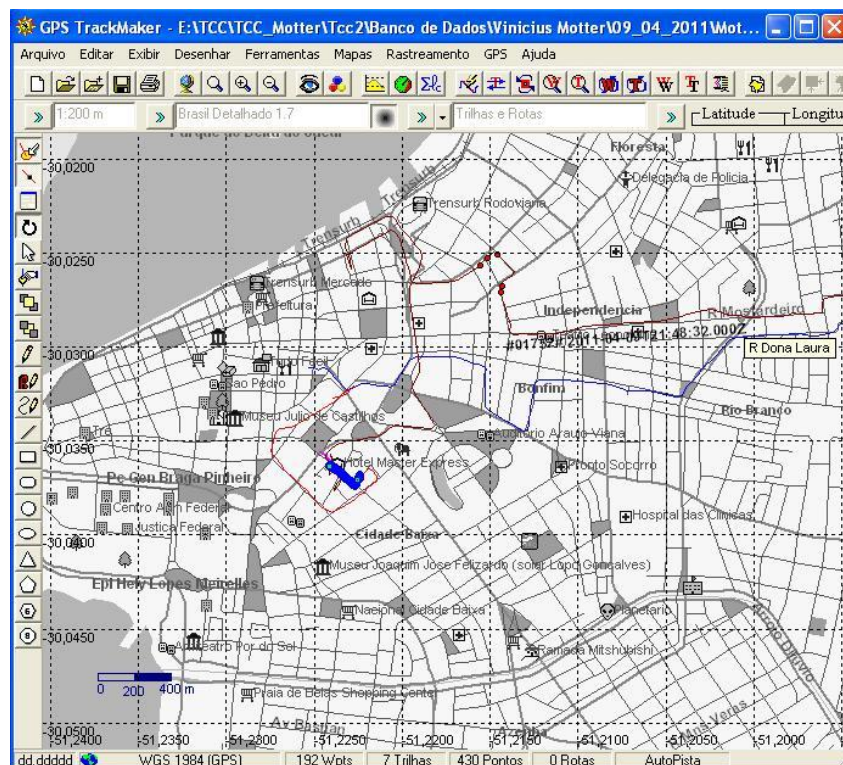


Figura 9: aplicativo *GPS Trackmaker*

## 7 METODOLOGIA DE COLETA DE DADOS

Após o recebimento do dispositivo GPS e a escolha dos softwares que deram suporte ao estudo, foi definida uma metodologia de trabalho para a coleta de dados a ser cumprida. Esse procedimento englobou as etapas de pré-coleta (como a configuração do aparelho, por exemplo), as etapas de pós-coleta (processamento das informações, em suma) e a coleta de dados em si. Dessa forma, este capítulo visa a fornecer um relato sobre as atividades realizadas, as quais serviram para a obtenção dos dados postos em análise nesta pesquisa.

### 7.1 CRITÉRIO DE REGISTRO DE DADOS

Como mostram as especificações técnicas do dispositivo (vide quadro 3), existem diferentes formas de aquisição de dados. O aparelho pode registrar um ponto:

- a) ao aperto de um botão;
- b) a cada intervalo pré-estabelecido de tempo;
- c) ao ser superada uma barreira de velocidade;
- d) ao ser vencida uma determinada distância.

Vale ressaltar que as barreiras de registro são independentes entre si. Cada vez que o *data logger* recebe informações dos satélites, os critérios são calculados com relação ao último ponto registrado. Caso se constate que uma ou mais barreiras foram atingidas, o dispositivo guarda um novo ponto na sua memória, podendo identificar, inclusive, o motivo pelo qual o dado foi salvo.

Dessa maneira, foi necessário identificar qual seria o melhor critério de registro a ser utilizado para este estudo. Mesmo sem realizar nenhum experimento, a lógica e o bom senso determinaram que a alínea (a) deveria ser descartada. O intuito da pesquisa é realizar uma coleta de dados de uma forma um pouco mais automatizada, que não dependa tanto da memória do usuário. Então, coletar os dados pedindo que o entrevistado aperte um botão cada vez que inicie ou termine uma viagem não pareceu razoável.

Do mesmo modo, a alínea (c) também foi descartada. Uma das maiores expectativas deste estudo era aumentar a precisão de dados coletados sobre deslocamentos a pé, geralmente os

mais passíveis de esquecimento. Como eles são realizados a uma velocidade muito baixa, esse critério não pareceu interessante, uma vez que a imprecisão característica do aparelho já gera velocidades acima da normal de um pedestre.

Assim, sobraram os critérios das alíneas (b) e (d). Ao serem analisados isoladamente, tanto um quanto o outro apresentam alguns problemas. Se forem efetuados registros apenas através de intervalo de tempo, a quantidade de dados registrados – porém inúteis – é muito grande. Em outras palavras, assumindo que uma pessoa saia de casa cedo e fique em seu local de trabalho durante uma manhã inteira, os únicos dados aproveitáveis seriam os relativos à sua viagem casa-trabalho. Todos os outros registrados durante o período teriam de ser apagados posteriormente. Além disso, poderiam também acabar comprometendo a capacidade de memória do aparelho. A figura 10 ilustra uma situação onde foi coletado um ponto a cada 5 segundos.

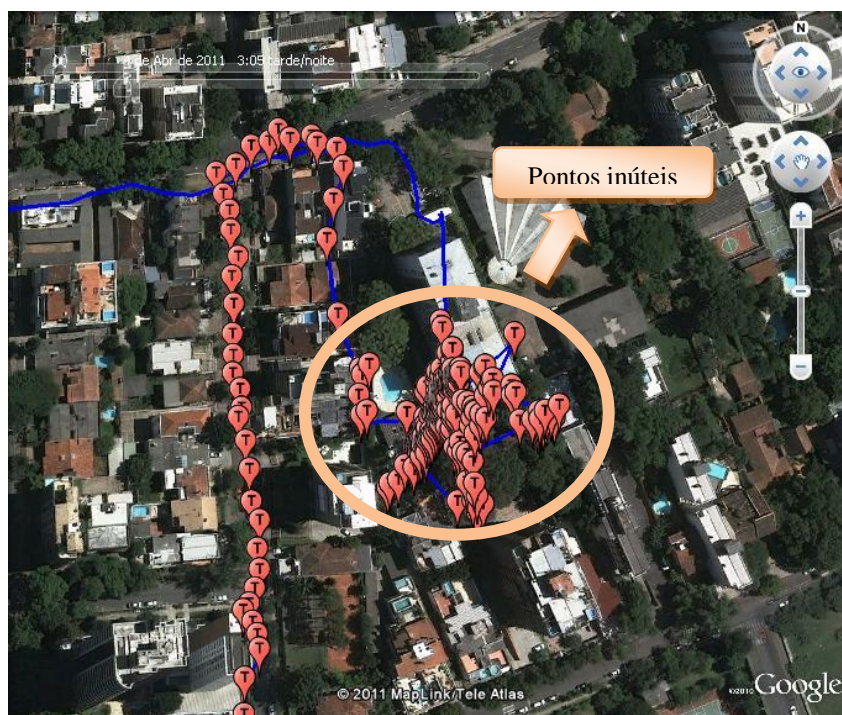


Figura 10: teste de coleta de dados ( $T = 5s$ )

Do mesmo modo, uma coleta de dados baseada apenas na distância percorrida não pareceu ser a melhor solução. Isso porque não se teria como assegurar o bom funcionamento do aparelho no caso de uma pessoa que realiza poucas viagens. Mais precisamente, caso ela realizasse apenas duas viagens durante o dia (casa-trabalho-casa) e passasse o dia inteiro no local de trabalho, ter-se-iam dados coletados apenas no início da manhã e no final da tarde. Como,

então, assegurar que o lapso temporal entre o último registro da manhã e o primeiro da noite deveu-se à ausência de viagens, e não a mau funcionamento do aparelho, ou descarga da bateria? Como garantir que o usuário passou o dia no trabalho e que o aparelho esteve ligado durante todo o período?

Assim, a melhor solução encontrada foi a de unir as alíneas (b) e (d) e criar um critério misto de registro. Em outras palavras, a partir do momento em que o entrevistado entra em movimento, ou seja, inicia uma viagem (ou uma nova etapa dentro de uma mesma viagem), o *data logger* registra dados utilizando a barreira de distância. Contudo, caso ele esteja em repouso, o dispositivo registra sua posição por intervalo de tempo. Assim, conseguiu-se unir o lado positivo de cada um dos critérios existentes, uma vez que a quantidade de pontos inúteis é reduzida e, ainda assim, tem-se a certeza do bom funcionamento do aparelho.

Com isso, faltava apenas definir quantitativamente os critérios a serem utilizados. A barreira de distância não poderia ser muito pequena, para impedir a criação de dados inválidos oriundos da imprecisão do aparelho. Do mesmo modo, o intervalo de tempo não poderia ser muito curto, a fim de evitar a perda do registro de pequenas paradas.

Após alguns testes, foram obtidos bons resultados utilizando 30m como o parâmetro de distância, e 121s como o de tempo. Além disso, foi definido que o dispositivo iniciaria uma nova *track* (etapa de viagem) caso se passassem mais de 120s sem o registro de nenhum ponto. Para esta última regra, pensou-se por uma lógica em que seria mais fácil unir etapas que eventualmente fossem erroneamente separadas do que procurar possíveis inícios e fins de viagens dentro de um bloco de informações.

## 7.2 GUIA DE UTILIZAÇÃO PESSOAL DO DISPOSITIVO

Uma vez configurado o *data logger*, foi desenvolvido um guia para a sua utilização pessoal, visando já às primeiras coletas de dados. Como previsto no estudo, o dispositivo seria deixado na posse de pessoas as quais não possuíam, necessariamente, conhecimentos acerca da tecnologia GPS. Consequentemente, tornou-se imperioso elaborar um documento no qual seriam inseridas todas as informações indispensáveis para que os entrevistados tivessem possibilidade de participar corretamente do estudo.

Tendo este objetivo em mente, foi concebido o documento intitulado *Recomendações de Uso do Dispositivo GPS* (vide apêndice A). A primeira versão foi entregue no início da coleta de dados, tendo sido aprimorada ao longo do trabalho.

Ao ler o documento, o entrevistado encontrava a lista de recomendações que o guiariam desde a entrega do aparelho até o momento do seu recolhimento por um pesquisador. No que se refere ao conteúdo do guia de utilização, primeiramente, teve-se a preocupação de explicar, de forma simplificada, o estudo e seus objetivos, a fim de situar o usuário na pesquisa e fazer com que ele pudesse entender aquilo que poderia ser realizado com as informações coletadas.

Em um segundo momento, o dispositivo era apresentado, tanto de maneira escrita quanto gráfica. Na sequência, as recomendações de uso eram listadas com uma breve explicação sobre cada uma. Com relação a esse ponto, é importante ressaltar que as instruções existentes foram pensadas de forma que, a partir da leitura do documento, qualquer pessoa estivesse apta a completar a coleta de dados, independentemente de faixa etária, nível sócio-econômico ou cultural.

### 7.3 GRUPO DE ENTREVISTADOS

Conforme pôde ser visto no capítulo relativo ao método de pesquisa (seção 2.5), o grupo de entrevistados representou uma limitação do estudo. Primeiramente, porque o número de participantes foi relativamente restrito. O tempo disponível para o estudo, assim como o número de *data loggers* disponíveis (apenas 1, vide seção 6.1.2), foram determinantes nesse aspecto. Assim, não foi possível entrevistar um maior número de pessoas.

Dessa forma, tem-se ciência de que este estudo foi realizado em uma situação privilegiada, provavelmente obtendo uma taxa de resposta superior à que seria percebida em outras condições, bem como coletando um conjunto de dados em qualidade elevada. Isso se deu por basicamente um motivo: o grupo de pessoas entrevistadas fazia parte do convívio do entrevistador (parentes, amigos, colegas de trabalho), o que pode ter gerado uma motivação maior na participação no estudo.

Contudo, é importante ressaltar que os objetivos da pesquisa não exigiram uma amostra representativa. Não há dúvidas de que a definição de uma seria favorável, mas isso não foi um requisito para a utilização dos dados.

Mesmo assim, por mais que se tenha optado por uma amostra por conveniência, a escolha dos entrevistados foi realizada com critério. Nesse ponto, procurou-se obter uma certa diversidade entre as pessoas, assim como entre os locais por elas frequentados. Entre os aspectos levados em conta para a seleção, podem ser citados: gênero, idade, grau de instrução, facilidade na utilização de tecnologia, local de residência, local de trabalho, entre outros.

## 7.4 PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS

Tendo abordado as questões referentes ao trabalho desenvolvido antes da coleta de dados, é necessário descrever como foi o procedimento padrão de pesquisa. Nesse ponto, teve-se o cuidado de separar o procedimento em duas etapas, visando a uma comparação posterior de resultados. Primeiramente, coletou-se dados com auxílio do dispositivo GPS. Em seguida, realizou-se uma entrevista domiciliar relativa ao mesmo período. Nos próximos tópicos será descrito cada um dos procedimentos adotados.

### 7.4.1 Procedimento de coleta de dados por GPS

Uma vez escolhido o entrevistado, um dia antes do início da coleta de dados, o entrevistador fazia uma visita ao seu domicílio. Nesse ponto, o trabalho do pesquisador era de entregar o dispositivo, o seu guia de utilização pessoal (vide seção 7.2), bem como fazer uma breve explanação sobre o estudo que estava sendo realizado. É importante ressaltar que, nesse momento, o objetivo era fornecer oralmente o mínimo de informações possível, procurando forçar o usuário a guiar-se pelo guia recebido.

Recebido o aparelho, o trabalho do entrevistado resumia-se a carregá-lo consigo (a todos os lugares onde fosse) durante o período de dois dias. Além disso, deveria procurar mantê-lo ligado durante a totalidade do dia e recarregar a sua bateria todas as noites.

Um dia após o término do período de coleta, o pesquisador era encarregado de retornar ao domicílio do participante, a fim de buscar o *data logger*. Ademais, buscava obter informações



de controle, como a efetiva utilização do dispositivo durante todo o período, eventuais perdas de informação por descarga de bateria, assim como possíveis problemas ou dificuldades encontradas no decorrer dos dois dias. Por fim, o pesquisador passava para o procedimento seguinte, o qual será explicado no item subsequente.

#### **7.4.2 Procedimento de coleta de dados por entrevista domiciliar**

Com o término da fase anterior, buscava-se então coletar dados através de uma técnica mais tradicional, ou seja, por entrevista domiciliar. Para esta etapa, foi desenvolvido um diário de viagens (vide apêndice B), o qual deveria ser utilizado pelo entrevistador na coleta de informações sobre os deslocamentos do usuário.

A fim de evitar que os entrevistados se esforçassem além da normalidade para não esquecer da viagens realizadas, o conteúdo da entrevista só era revelado nesse momento. Em suma, o diário buscava estabelecer um roteiro de todas as viagens efetuadas pela pessoa nos dois dias anteriores, com informações sobre modo de transporte utilizado, motivo da viagem, distância e horário de início/fim.

Com isso, a etapa de coleta de dados era finalizada. Assim, as informações do dispositivo eram carregadas em um computador e o processamento dos dados era iniciado.

### **7.5 PROCESSAMENTO DOS DADOS**

Com auxílio do aplicativo BT747 (DE WEERD, 2011), pôde ser realizado o *download* dos dados constantes no dispositivo GPS. Para cada dia de coleta de dados, um arquivo de **log cru** era criado. Uma vez salvos no computador, esses arquivos (exportados em formato **.bin**) poderiam ser convertidos em formato **.gtm**, possibilitando assim a edição de dados no programa *GPS Trackmaker* (GEO STUDIO TECNOLOGIA, 2011).



#### 7.5.1.1 Supressão de dados inválidos

Com relação à primeira tarefa, os dados inválidos normalmente encontrados dividiam-se em duas categorias: os redundantes e os imprecisos. Os redundantes foram aqueles coletados pelo dispositivo quando o entrevistado se encontrava em repouso, não realizando nenhum deslocamento. O registro deles poderia ocorrer tanto pelo critério pré-estabelecido de tempo (seção 7.1), quando por uma imprecisão característica, que descrevia pequenos movimentos inexistentes. Como pode ser visto na figura 11, esses dados puderam ser facilmente identificados e suprimidos, uma vez que representavam um aglomerado de pontos sobre um mesmo local.

Já no que tange aos dados imprecisos, esses foram com certeza os de mais difícil identificação. Isso porque, sem conhecer previamente a origem e o destino das viagens das pessoas, às vezes era um tanto complicado definir se certas etapas de uma viagem realmente teriam ocorrido ou não.

Dessa forma, buscou-se efetivar uma análise conjunta, entre o perfil de velocidades do deslocamento registrado e o trajeto percorrido. Em outras palavras, uma vez que fosse suspeitada a imprecisão de determinado segmento de deslocamento (como na figura 11), analisava-se, primeiramente, as velocidades descritas no trecho em questão. Caso elas apresentassem valores considerados acima da normalidade (houve casos com velocidades acima de 500km/h no centro de Porto Alegre), o trecho era desconsiderado.

Por outro lado, também se sabe que é pouco provável que pessoas realizem seus deslocamentos passando pelo topo de edifícios ou atravessando terrenos privados, ao invés de utilizar a malha viária do município. Aliado a isso, também se partiu do princípio que o ponto final de uma etapa de viagem normalmente coincide com o ponto de partida da etapa (ou viagem) subsequente. Quando esse era o caso, os trajetos também podiam ser ajustados.

#### 7.5.1.2 Caracterização de viagens

Com o fim da etapa anterior, consideraram-se como válidos os dados remanescentes, ou seja, os não suprimidos. Assim, a caracterização de viagens os teve como ponto de partida. Devido ao critério proposto na seção 7.1, na qual se definiu que cada parada superior a 120s era

interpretada pelo dispositivo como novo início de etapa de viagem, essa fase não foi tão trabalhosa quanto se imaginava.

Neste estudo, à exceção de um ou dois casos, todos os pontos de partida apontados pelo dispositivo foram, de fato, inícios de etapas. Em suma, desde o início ficou bem claro que era muito difícil o *data logger* separar de forma equivocada uma única viagem em duas.

Por outro lado, houve uma preocupação muito grande com o caso contrário, ou seja, com etapas distintas sendo erroneamente unidas. Efetivamente, sabia-se que poderia haver casos em que a diferença de tempo entre o fim de uma etapa e o início da subsequente seria inferior a 120s. Como exemplo, pode-se citar o caso de uma viagem em que uma pessoa volta para casa de carro, não possuindo garagem no interior do edifício onde trabalha. Ao sair desse local, ela caminha até o estacionamento (etapa 1). Lá, ela entra no seu veículo e segue para casa (etapa 2). Como se poderia esperar, normalmente o tempo transcorrido entre a chegada da pessoa ao automóvel e sua eventual partida era inferior a 120s. Por isso, o dispositivo acabava interpretando essas duas etapas como apenas uma.

A fim de contornar esse problema, efetuou-se uma análise semelhante à descrita na seção anterior. Ao verificar o perfil de velocidades de uma viagem, muitas vezes pôde-se perceber uma grande variação entre diferentes segmentos. Assim sendo, parecia bem provável supor que a pessoa havia concluído uma etapa com meio não motorizado (a pé) e passado a outra, com transporte motorizado (ônibus, automóvel), ou vice-versa. Assim, as etapas que haviam sido equivocadamente unidas eram novamente separadas.

Uma vez identificadas todas as etapas de viagem, inseriu-se no arquivo um ponto de interesse para o início e fim de cada uma. Além disso, informações relativas a horário e distância foram postas em destaque. A figura 12 mostra o arquivo de um dia de coleta, após essa primeira fase de processamento.

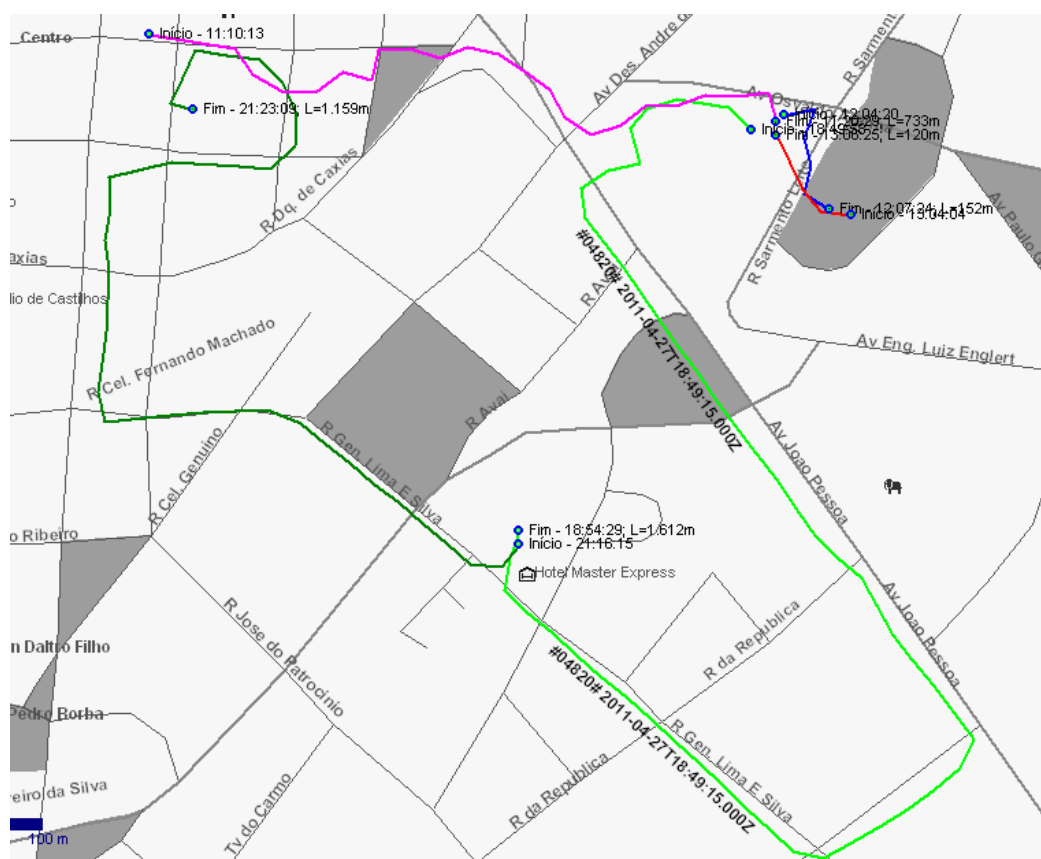


Figura 12: exemplo de arquivo após a primeira fase de processamento

### 7.5.2 Segunda fase de edição de mapas (*Google Earth*)

Após a efetiva caracterização das etapas de cada viagem, passou-se a uma fase puramente estética, a qual tinha como objetivo aprimorar a visualização dos dados. Assim, o arquivo final obtido pelo *GPS Trackmaker* era convertido para um formato compatível com o do aplicativo *Google Earth* (GOOGLE, 2011), **.kml**.

Uma vez inseridas nesse aplicativo, as viagens do dia recebiam um tratamento visual. Nesse ponto, buscou-se estabelecer cores e espessuras que facilitassem a compreensão dos dados postos sobre a imagem de satélite. Além disso, os pontos de início e término de cada etapa ganharam destaque com marcadores específicos, respeitando a sua ordem de realização no dia, assim como o código de cores pré-estabelecido. A figura 13 apresenta o resultado final do processamento de dados de um dia de pesquisa.

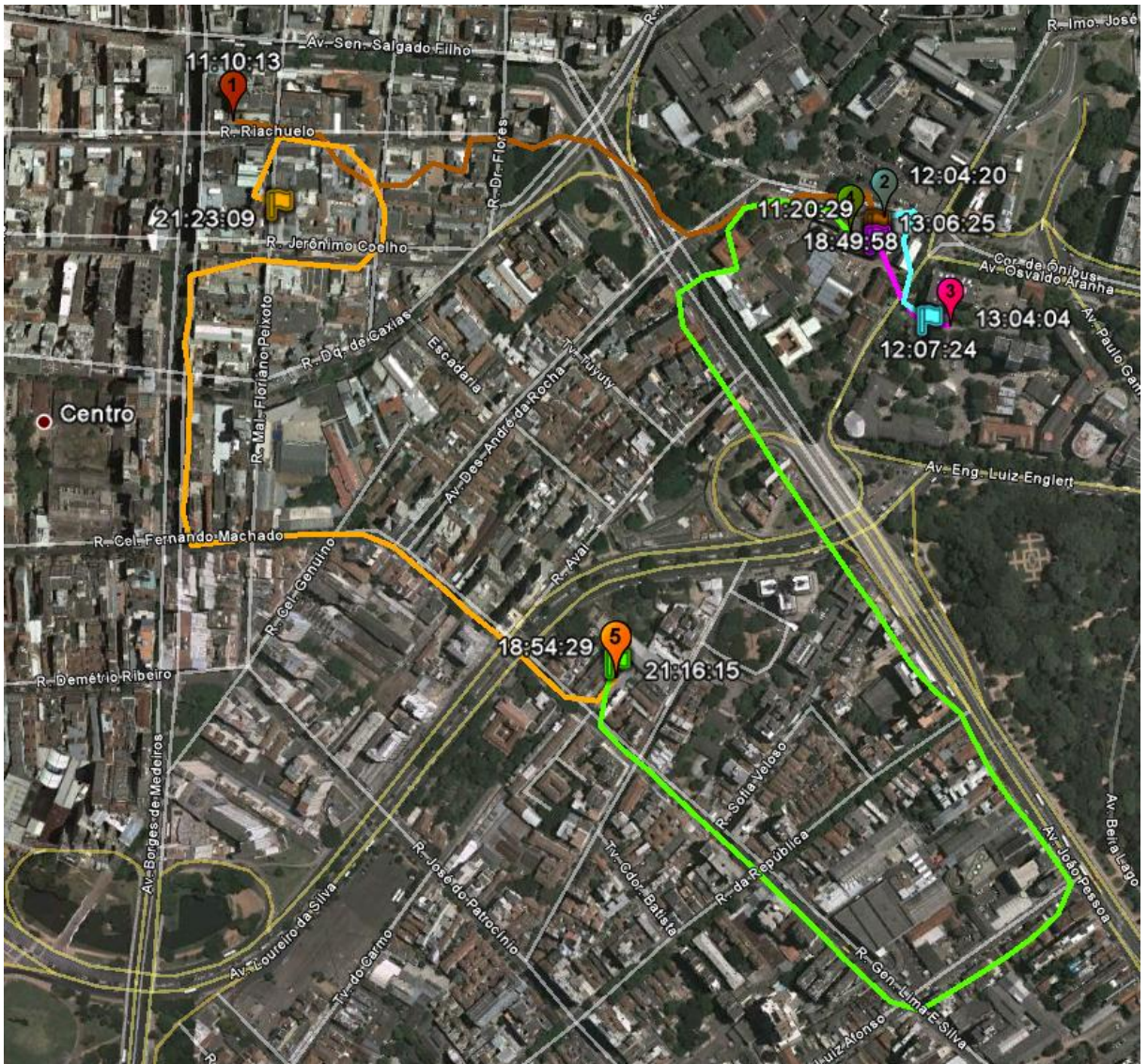


Figura 13: exemplo de arquivo após a segunda fase de processamento

## 8 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS

Com o fim da coleta e do processamento dos dados, chegou-se ao momento de examiná-los. Desse modo, este capítulo tem por objetivo relatar a análise efetuada com os dados considerados válidos, tanto os provenientes do dispositivo GPS quanto os coletados por entrevistas domiciliares.

Afim de melhor organizar as informações, a análise dos dados seguirá duas abordagens distintas. Em primeiro lugar, discorrer-se-á qualitativamente sobre as dificuldades encontradas na utilização do dispositivo, bem como sobre as limitações apresentadas pela tecnologia. Já em segundo momento, o relato será sobre a efetiva comparação (quantitativa, em partes) entre as informações obtidas por GPS e as coletadas por entrevista domiciliar. Nesse ponto, buscou-se avaliar em que quesitos a tecnologia, na forma como foi aplicada, revelou-se mais precisa que a técnica tradicional, e vice-versa.

### 8.1 LIMITAÇÕES E DIFICULDADES RELATIVAS AO EMPREGO DA TECNOLOGIA GPS

Por mais que a utilização da tecnologia GPS possa representar melhoras significativas nas coletas de dados de Pesquisas O/D (conforme será visto adiante), neste trabalho ficou evidente que, da forma como foi utilizada, ela ainda está longe de ser perfeita. Ao longo da pesquisa, ocorreram alguns problemas específicos, ligados, especialmente, à limitação tecnológica do dispositivo e a seu uso por parte dos entrevistados. A seguir, serão listadas essas dificuldades, assim como possíveis soluções para estudos futuros.

#### 8.1.1 Qualidade do sinal (precisão dos dados obtidos)

Com relação à qualidade do sinal e, conseqüentemente, das informações obtidas pelo dispositivo, algumas considerações têm de ser feitas. Todos os dispositivos GPS possuem uma imprecisão característica, que varia de acordo com a qualidade da antena do aparelho, bem como com a quantidade de satélites disponíveis no momento da aquisição de dados.

Em áreas abertas, o iBlue 747a+ demonstrou uma precisão extremamente satisfatória. Se, por um lado, muitas vezes o traçado das viagens não coincidia com o da malha viária da cidade, por outro, o erro era bem pequeno, não prejudicando a análise das rotas percorridas pelo usuário (vide figura 13). Contudo, se um eventual estudo futuro necessitar avaliar de forma mais aprofundada o deslocamento de pedestres, por exemplo, informações importantes são perdidas. Como visto (figuras 13 e 14), não é possível determinar o lado da calçada onde o deslocamento ocorre, muito menos os pontos de travessia de ruas.

Além disso, o *data logger* não respondeu bem aos chamados **cânions urbanos**, isto é, áreas densamente construídas, apresentando uma grande concentração de altos edifícios. No centro de Porto Alegre, em especial, a qualidade de recepção de sinal do dispositivo mostrou-se precária, impossibilitando, inclusive, a determinação da trajetória de viagens em determinados momentos. A figura 14 exemplifica o efeito do cânion urbano na coleta de dados. Note que, apesar de a etapa de viagem n. 3 apresentar erros de precisão acentuados, ainda é possível identificar a rota percorrida. Isso já se torna impossível, caso se considere a etapa n. 2.

Para contornar esse problema, seria necessária a utilização de dispositivo possuidor de uma antena mais potente. Contudo, isso poderia acarretar novos problemas, tendo em vista que uma antena melhor provavelmente implicaria o aumento do tamanho do dispositivo. Por outro lado, poder-se-ia pensar também em mapear a disponibilidade dos satélites e utilizar o dispositivo apenas em horários que apresentassem o maior número possível. Entretanto, uma decisão assim iria totalmente de encontro aos fins deste tipo de pesquisa.



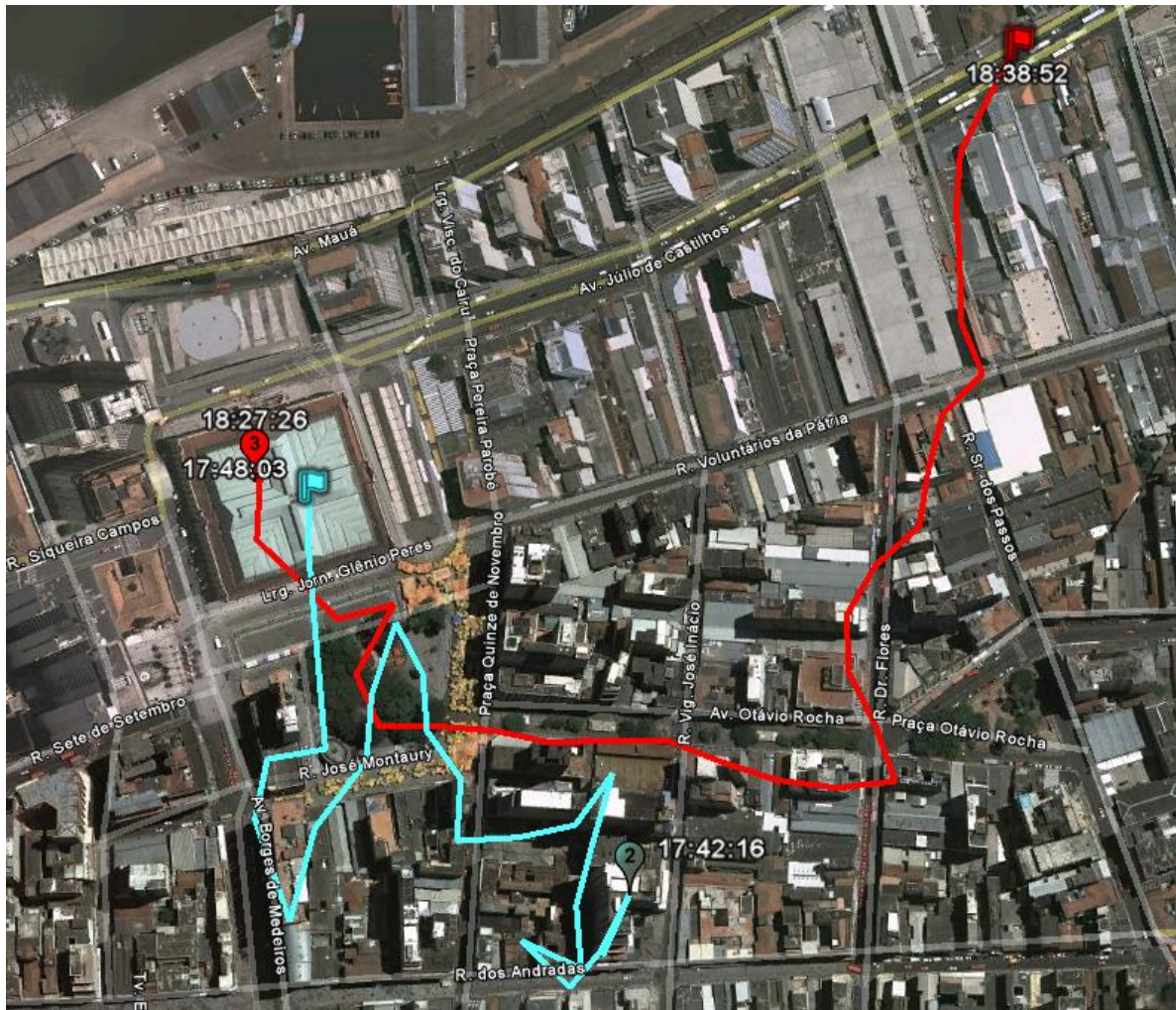


Figura 14: efeito dos chamados **cânions urbanos**

### 8.1.2 Efeito de partida a frio

Outra limitação tecnológica encontrada na utilização do dispositivo foi devida ao efeito chamado de **partida a frio**. Simplificadamente, ele diz respeito ao tempo que o *data logger* depende para determinar a sua localização ao ser ligado, ou ao receber novamente o sinal dos satélites, em caso de tê-lo perdido. Isso normalmente ocorre quando da primeira utilização no dia, ou quando a pessoa passa um determinado período dentro de um lugar fechado, onde o dispositivo não consegue definir sua posição.

O grande problema ocasionado por essa limitação foi a perda de informações relativas ao início de viagens. O dispositivo, ao ser ligado, apresenta um tempo de aquisição de sinal que pode superar 1min, dependendo de onde a pessoa se encontre. Nesse meio tempo, o entrevistado já havia iniciado seu deslocamento, fazendo com que o primeiro ponto registrado

pelo aparelho não coincidissem com o efetivo início da viagem, ou da etapa. A seguir, a figura 15 ilustra bem o problema. Veja que, por mais que a viagem inicie no ponto 1, as informações começaram efetivamente a ser coletadas apenas a partir da seta desenhada (trajeto em rosa). Os dados relativos ao deslocamento entre o ponto de partida e a seta foram perdidos.



Figura 15: efeito de **partida a frio**

A fim de contornar essa deficiência característica, algumas medidas poderiam ser tomadas. A primeira delas, talvez não a ideal (vide seção anterior), seria o emprego de um dispositivo mais potente. Igualmente, medidas de utilização do aparelho e interpretação de dados também podem ser sugeridas.

Como pode ser visto no guia de utilização entregue aos participantes (apêndice A), foi solicitado que os usuários aguardassem alguns segundos após o acionamento do dispositivo para iniciar uma viagem. Se ainda, ao entregar o dispositivo, o pesquisador tivesse enfatizado esse pedido, talvez o efeito de partida a frio fosse atenuado.

Por outro lado, uma vez ocorrida a perda de informação, o impacto na interpretação dos dados não é grande. Primeiramente, nesses casos, dificilmente o ponto de partida é perdido. Isso porque o ponto final de uma viagem (ou etapa) normalmente coincide com o ponto inicial da

seguinte. Caso seja a primeira do dia, seu ponto inicial normalmente é o de sua residência, ou o mesmo da última viagem do dia anterior. Além disso, a parcela não registrada do trajeto é, em geral, pequena. Dessa forma, ainda pode ser estimada (segmento em verde na figura 15).

### 8.1.3 União equivocada de etapas de viagem distintas (mesmo modo de transporte)

Como visto na fase de processamento de dados, caracterização de viagens (seção 7.5.1.2), houve situações em que o dispositivo uniu equivocadamente duas etapas de viagem distintas. Isso ocorria quando a diferença de tempo entre o fim de uma etapa e o início da seguinte era muito pequena. No caso de duas realizadas com modos de transporte distintos, viu-se que o erro era facilmente identificável.

Por outro lado, quando essa falha ocorre entre duas etapas com meios idênticos (levar ou buscar alguém, por exemplo), não é possível separá-las sem o relato do entrevistado. Isso porque uma análise de velocidades não é possível. A figura 16 exemplifica o problema.

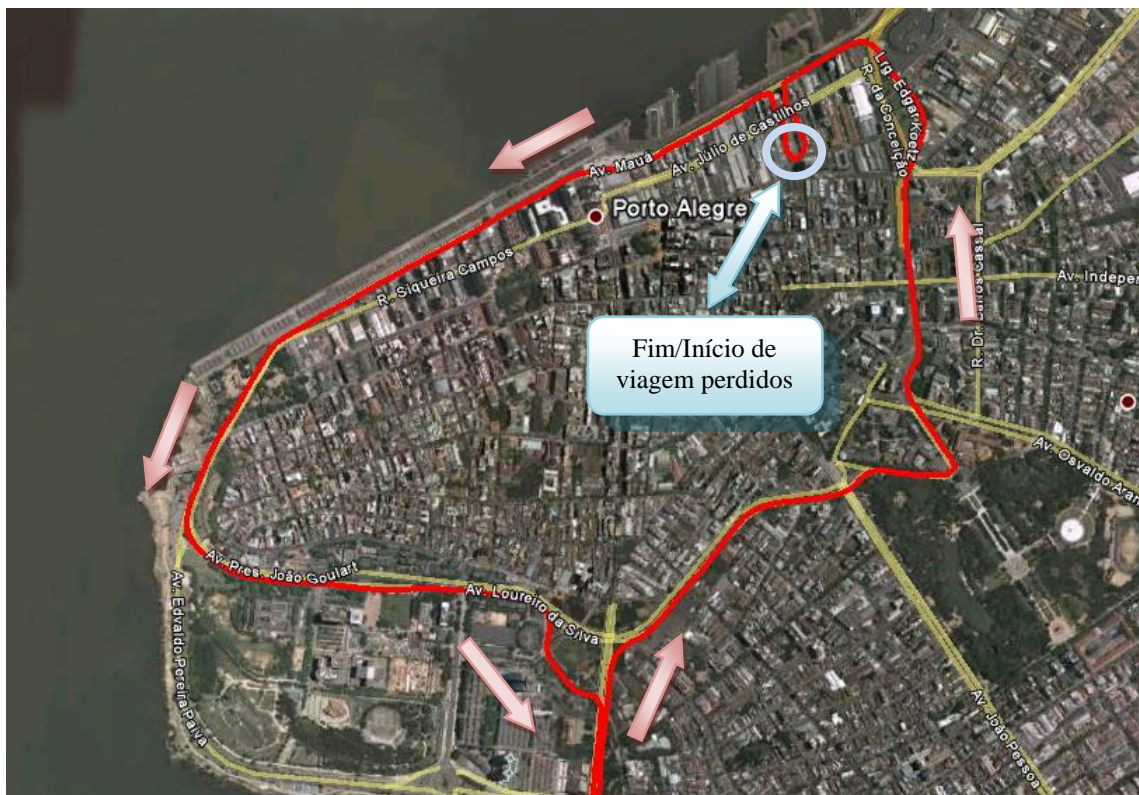


Figura 16: exemplo de duas viagens erroneamente unidas

Como pode ser visto na figura 16, o dispositivo identificou uma viagem em que o entrevistado, vindo em seu automóvel da zona sul do município, contornou o centro da cidade e voltou em direção ao sul. Nesse exemplo específico, o motivo da primeira viagem foi levar uma pessoa ao centro. Finalizada a primeira, efetuou-se uma segunda para voltar para casa. Como o tempo de parada foi insignificante, o dispositivo interpretou as duas viagens como apenas uma. Ainda, os dados relativos às duas são muito semelhantes, não apresentando qualquer indício de local, ou mesmo de ocorrência de uma parada.

Assim, não se tem como prever onde ocorreram fim e início das viagens, menos ainda se efetivamente uma parada aconteceu. Por mais que seja provável supor que de fato tenham acontecido duas viagens, nada impede, por exemplo, que o entrevistado tenha decidido passear de carro, sem motivo aparente. Por isso, apenas com o relato do entrevistado pode-se corrigir essa falha.

#### **8.1.4 Registro permanente de dados**

O registro permanente de dados revelou-se como uma limitação característica do dispositivo iBlue 747a+. A fim de assegurar que nenhuma viagem fosse perdida, foi preciso pedir aos entrevistados para conservar o dispositivo ligado durante a totalidade das coletas. Isso, então, gerou dois problemas: necessidade de recarga de bateria e excesso de dados inválidos, do tipo redundantes.

O aparelho possui uma autonomia própria de 32h de funcionamento. As coletas de dados, por sua vez, tinham duração de dois dias. Com isso, foi necessário solicitar que os participantes recarregassem o dispositivo todos os dias à noite, a fim de evitar perda de dados por descarga de bateria. Além disso, estando ligado, ele registra dados de forma contínua – tanto de dia como durante a noite —, o que gerava uma quantidade enorme de dados inválidos (redundantes).

Dessa forma, talvez seja conveniente a utilização de um *data logger* diferente para estudos futuros (não necessariamente mais potente). É necessário se ter em mente que a coleta de informações deve depender o menos possível do entrevistado. Além disso, quanto mais dados inválidos coletados, mais trabalhoso torna-se o seu processamento. Nesse sentido, o emprego de um dispositivo como o utilizado por Stopher et al. (2010) seria interessante. Na pesquisa

em questão, o aparelho utilizado possuía um sensor de vibração, acionando-se quando em movimento e desligando-se quando em repouso. Isso com certeza aumentaria a autonomia da bateria e diminuiria a coleta de dados inválidos.

### **8.1.5 Problemas relativos à utilização do dispositivo**

Encerrados os problemas relativos à tecnologia, bem como os característicos do aparelho, passa-se agora às dificuldades encontradas na utilização do dispositivo. Como visto anteriormente (seção 7.3), a pesquisa foi desenvolvida com um grupo restrito de pessoas, em um ambiente muito mais favorável que o normal. Mesmo assim, muitos dados foram perdidos por problemas diretamente ligados aos usuários, ocorridos durante as coletas.

O primeiro deles já foi, inclusive, abordado na seção anterior. Visto que a autonomia do dispositivo não era suficiente para os dois dias de coleta, foi necessário solicitar aos entrevistados que recarregassem a bateria do aparelho durante a noite. Conforme era de se esperar, alguns participantes não se lembraram desta etapa da coleta, o que ocasionou algumas perdas de informação.

Além disso, houve casos em que o usuário esqueceu-se de levar o *data logger* consigo em todas as viagens realizadas. Um dos integrantes, inclusive, passou um dia inteiro sem ele, inutilizando metade da sua participação na pesquisa. Desse modo, esses dois problemas relatados comprovam que ainda não é possível realizar uma coleta de dados totalmente independente da memória do entrevistado.

Por fim, cabe salientar que algumas pessoas não compreenderam que o dispositivo deveria permanecer ligado durante a totalidade do dia, sendo desativado apenas à noite. Talvez as instruções transmitidas não tenham sido totalmente claras, o que fez com que muitas delas o acionassem e o desligassem a cada viagem realizada. Esse comportamento certamente não é o ideal para uma coleta de dados, uma vez que o entrevistado pode muito bem se esquecer de ligá-lo em algum momento, gerando perda de dados.

Assim algumas providências podem ser tomadas para eventuais novas coletas. A primeira delas é a utilização de um dispositivo com uma maior autonomia. Ademais, mostrou-se evidente a necessidade de um melhor treinamento para os entrevistados, esclarecendo pontos

que, à primeira vista, não pareciam tão duvidosos e enfatizando aspectos considerados problemáticos.

## 8.2 COMPARAÇÃO ENTRE VIAGENS RELATADAS E REGISTRADAS

Com a finalização da etapa anterior, chega-se agora à fase que objetivou estabelecer uma análise comparativa entre os dados obtidos por GPS e por diários de viagens (entrevistas). Nessa seção, foram examinadas as perdas de informação, assim como as divergências verificadas entre os relatos orais (entrevistas) e os registros no dispositivo. Desse modo, por motivos de compreensão, primeiramente, foram apreciadas as viagens como um todo. Em um segundo momento, a análise abordou os dados de viagens de forma a relacioná-los com modo e motivo, a fim de melhor caracterizar as diferenças existentes.

### 8.2.1 Informações gerais sobre viagens realizadas

A fim de iniciar a apreciação das viagens efetuadas durante o período de estudo, é interessante verificar um registro de dados gerais. Assim, o quadro 2 traz algumas informações sobre a amostra avaliada.

<b>N. Entrevistados</b>	<b>13</b>
<b>Etapas de Viagem Efetuadas</b>	
<b>Total</b>	<b>223</b>
<b>Média (Viagens/Entrevistado.Dia)</b>	<b>8,58</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>3,85</b>

Quadro 2: dados gerais sobre viagens

#### 8.2.1.1 Perda de informação

Um primeiro ponto relevante foi a perda de informação percebida ao longo da pesquisa (vide gráficos 1 e 2). De um total de 223 etapas de viagens efetivamente realizadas, pôde-se perceber que, neste estudo, as esquecidas representaram 5,4% do total, enquanto que as não registradas atingiram o patamar de 30,0%. Nesse momento, vale lembrar que uma das

principais expectativas com relação à utilização de GPS para esse fim era justamente o registro de viagens esquecidas. Por isso, acabou sendo um pouco preocupante perceber que a perda por não registro foi muito superior que a por esquecimento.

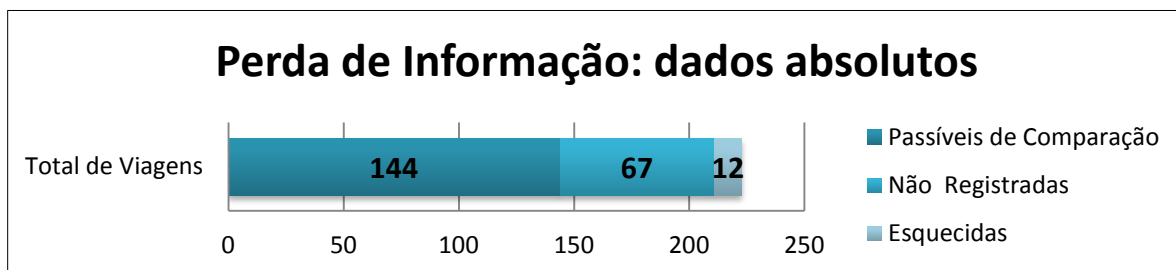


Gráfico 1: dados absolutos sobre perda de informação

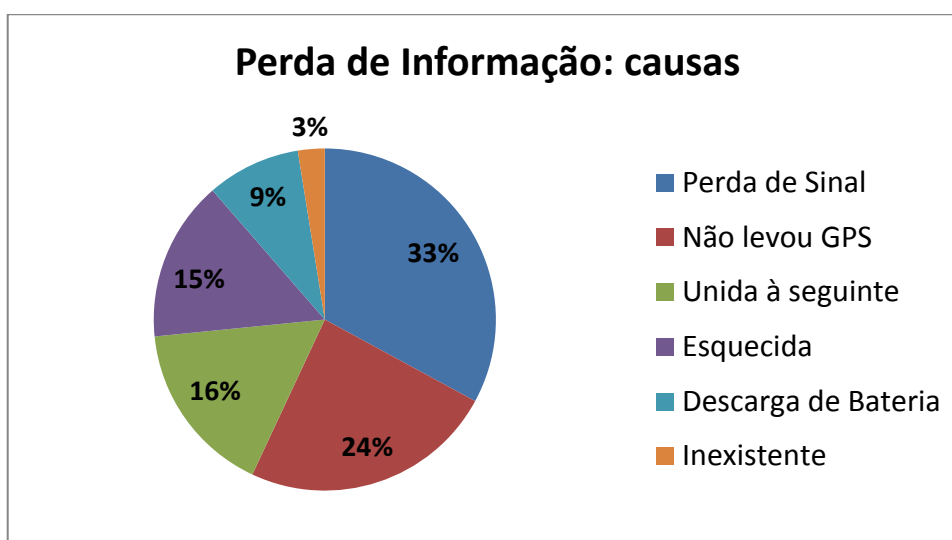


Gráfico 2: causas principais de perda de informação

Entretanto, alguns fatores merecem destaque. Conforme explicado na metodologia do trabalho (seção 2.5), teve-se ciência de que a motivação dos entrevistados para a pesquisa foi muito superior que a encontrada em situações normais. Dessa forma, por mais que não eles soubessem que seriam demandados a relatar suas viagens, ficou evidente, ao longo do estudo, que tiveram uma preocupação maior do que o normal com as viagens efetuadas. Com isso, acredita-se que o grau de esquecimento foi inferior ao habitual.

Além disso, não se pode esquecer que este foi o primeiro estudo realizado com a tecnologia na Universidade. Desse modo, é evidente que a perda de dados por não registro pode ser reduzida. Analisando o gráfico 2, percebe-se que 33% dessa perda, aproximadamente um terço, corresponde à descarga de bateria ou ao fato de o entrevistado não ter levado consigo o

dispositivo. Com um melhor treinamento de futuros participantes, esse número pode ser bastante reduzido, quem sabe até suprimido.

Por outro lado, foi inquietante chegar à conclusão de que um terço dessas informações (33%) foram perdidas por má qualidade de sinal, devido aos problemas relatados nas seções 8.1.1 e 8.1.2. Contudo, aqui cabe uma ressalva: notou-se que, ao longo das coletas, algumas pessoas decidiam acionar o dispositivo apenas ao realizar uma viagem, ao invés de deixá-lo ligado durante o dia todo. Talvez o guia de utilização pessoal (apêndice A) não enfatizou, suficientemente, esse ponto. Mesmo assim, é possível (e mesmo provável) que em algumas viagens essas pessoas tenham se esquecido de acionar o aparelho, ocasionando o seu não registro. Como não se tem como afirmar com certeza em quantas e em quais viagens esse problema efetivamente ocorreu, foi necessário considerar que todas essas informações foram perdidas por falha do aparelho.

Por fim, cabe registrar que 16% das viagens foram erroneamente unidas à seguinte, devido à limitação descrita na seção 8.1.3. Ainda, 18% da perda de informação foi, efetivamente, relacionada às entrevistas. A maior parte (15%) disse respeito ao esquecimento, enquanto que o restante (3%) representou viagens relatadas pelo usuário, mas que, na realidade, não ocorreram.

#### 8.2.1.2 Divergências entre relato e registro

Nesta etapa, apresenta-se uma efetiva comparação entre os dados relatados pelos usuários nas entrevistas e os registrados por GPS. As únicas variáveis passíveis de análise foram as quantitativas – horário, distância e duração –, pois foram as únicas que puderam ser coletadas por ambos os métodos.

Nesse ponto a tecnologia GPS é muito precisa. Ressalvadas as limitações tecnológicas apresentadas na seção 8.1, foi possível determinar horários, trajetos, distâncias, duração de viagens e perfis de velocidades desenvolvidas de forma muito satisfatória a partir dos dados oriundos do dispositivo.

Assim, adotaram-se as informações registradas como referência, excluindo-se viagens esquecidas ou não registradas. Conseqüentemente, o relato dos entrevistados foi utilizado para



a avaliação dos enganos, ou seja, da dificuldade que as pessoas têm de mensurar tempo e distância. Na sequência, o gráfico 3 ilustra algumas dessas divergências.

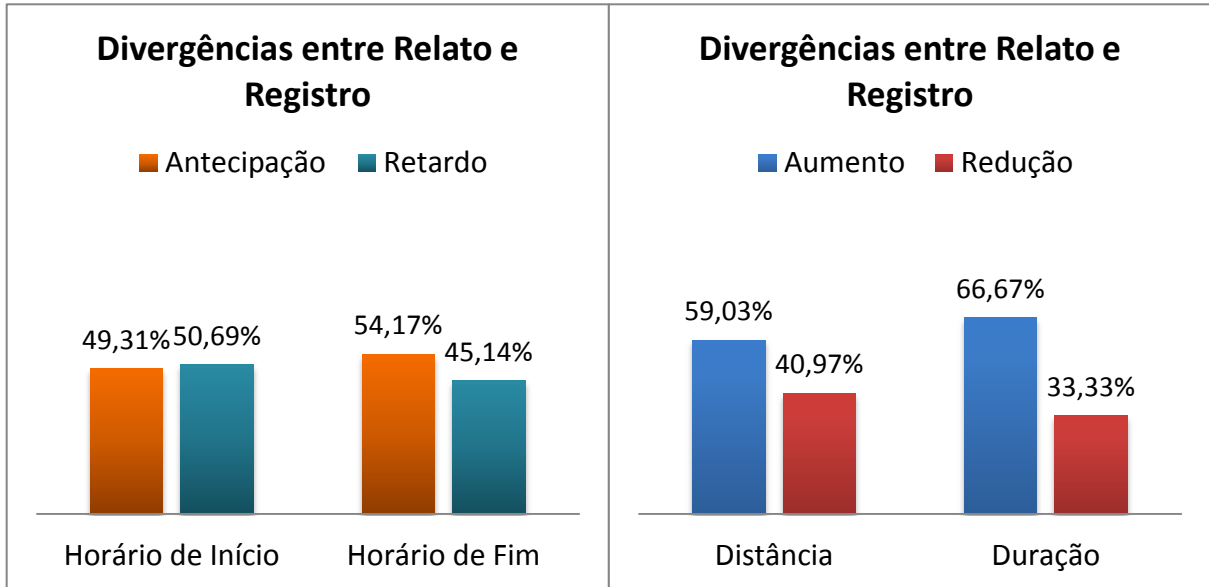


Gráfico 3: divergências gerais entre relato e registro

Com relação aos horários de início e fim, pode-se ver que os erros não apresentaram uma tendência muito acentuada. Pouco menos da metade das etapas de viagem foram relatadas como tendo iniciado antes do horário registrado. Além disso, em pouco mais de 50% delas, as pessoas acreditaram ter chegado a seu destino antes de isso ter realmente ocorrido. Contudo, com percentuais tão próximos, foi impossível dizer que as pessoas tenderam a atrasar ou antecipar seus horários de tomada de decisão. O que se conseguiu enxergar foi que os entrevistados erraram bastante nas informações relatadas, independentemente de esse erro ter sido para mais ou para menos.

Contudo, o mesmo não ocorreu com as variáveis distância e duração. Em praticamente 60% das etapas de viagem comparadas, as pessoas relataram uma distância maior que a registrada. No que se refere à duração, em dois terços das etapas, os participantes acreditaram ter gasto um tempo superior ao armazenado no dispositivo para se deslocar. Isso revelou, nesse estudo, uma tendência que a pessoas tiveram de superestimar tempo e trajeto.

## 8.2.2 Viagens relacionadas por modo

Na tentativa de melhor caracterizar as viagens, decidiu-se relacioná-las com o meio de transporte utilizado. Nesse ponto, vale ressaltar que as informações referentes a modo são oriundas das entrevistas, uma vez que não foi possível extraí-las a partir da análise dos dados obtidos pelos dispositivos. Para uma avaliação inicial, o gráfico 4 traz a repartição modal das etapas de viagem relatadas.

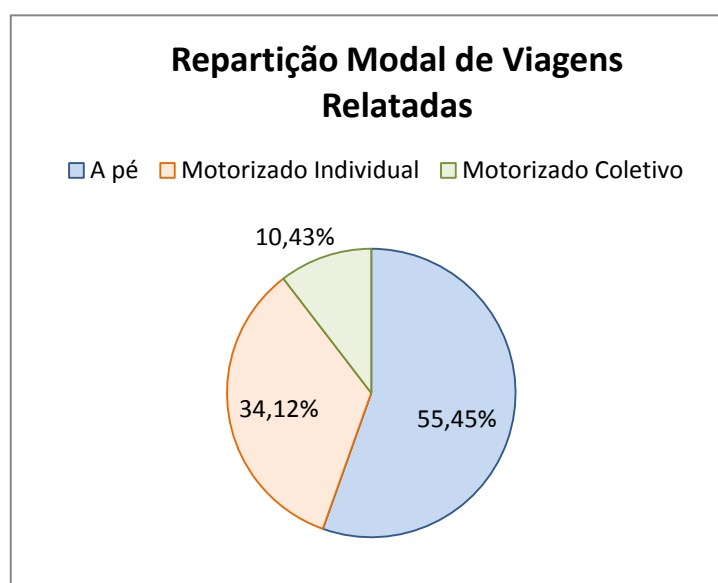


Gráfico 4: repartição modal de etapas de viagem relatadas

Como se pode ver, mais da metade das etapas relatadas foram a pé. Isso se deve ao fato de que para cada uma que utiliza um modo motorizado de transporte (ônibus e automóvel, por exemplo), muitas vezes existe a necessidade da realização de uma ou duas etapas a pé (como ir ou voltar de parada de ônibus ou estacionamento). Essas são as chamadas etapas de acesso. Além disso, pode-se citar também o fato de que existiu uma concentração grande de viagens realizadas no centro de Porto Alegre, local que preconiza os deslocamentos de pedestres e dificulta o acesso de veículos motorizados.

Ademais, a partir do gráfico 4, também é possível perceber que o número de etapas de viagem realizadas por modos motorizados individuais (automóveis e táxis) foi amplamente superior ao das que utilizaram modos motorizados coletivos (ônibus e lotação). Isso se deu por características específicas do grupo de entrevistados (vide seções 2.5 e 7.3). Por mais que se tenha buscado abarcar no estudo uma certa diversidade, o nível socioeconômico dos

participantes foi relativamente homogêneo. Conseqüentemente, as pessoas que tomaram parte na pesquisa tiveram, em geral, preferência por deslocar-se utilizando seus veículos particulares.

### 8.2.2.1 Perda de informação

Tendo como objetivo estratificar as informações perdidas, também foi necessário dividi-las por modo. Assim, a leitura do gráfico 5 revela alguns elementos interessantes.

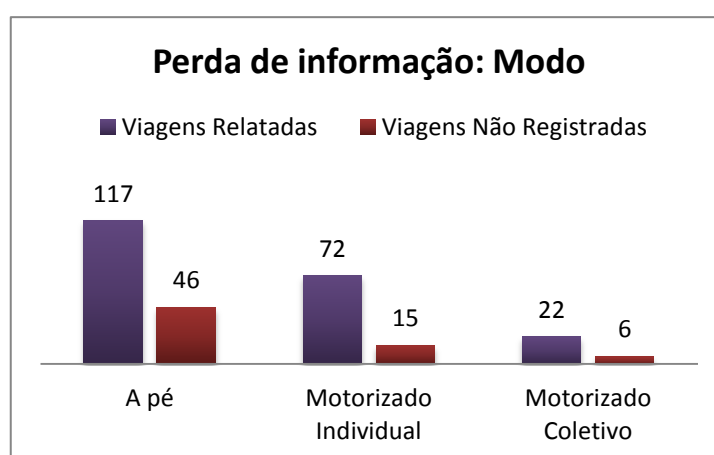


Gráfico 5: perda de informação por modo

Analisando-se o gráfico acima, pode-se perceber que as viagens a pé foram as mais problemáticas. Mais de um terço das relatadas não foram registradas. Isso porque essas são as mais curtas e, conseqüentemente, as mais sensíveis à qualidade de sinal (seção 8.1.1) e ao efeito de partida a frio (8.1.2).

Com relação aos modos de transporte motorizados, a perda não foi tão efetiva. Como essas viagens possuem duração e distância maiores, eventuais problemas são mais facilmente contornados.

### 8.2.2.2 Divergências entre relato e registro

Com o intuito de estabelecer uma comparação entre as informações agrupadas por modo de transporte, foram calculadas as distâncias e durações médias das etapas, obtidas tanto por relato oral quanto por registro no aparelho. O resultado é apresentado no gráfico 6.

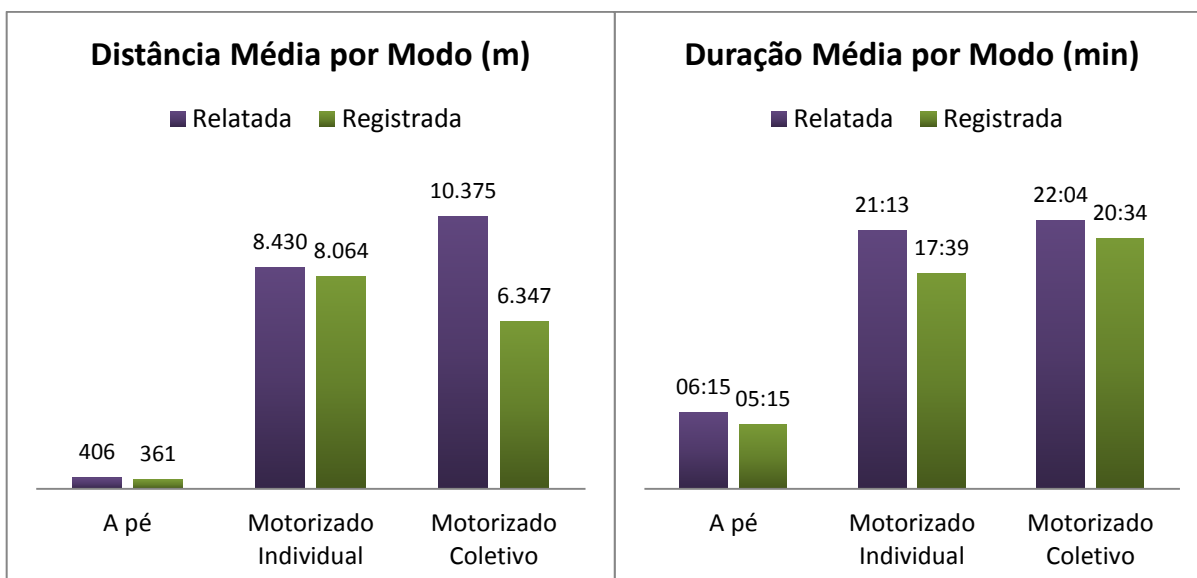


Gráfico 6: distância e duração média por modo

Como se pode perceber, a percepção de distância das pessoas neste estudo foi relativamente satisfatória. Nos relatos de viagens a pé e por modo motorizado individual – as quais praticamente 90% do total –, houve um aumento relativamente pequeno. Já nos referentes às viagens realizadas em transporte coletivo, a distância estimada foi muito superior à efetivamente percorrida, demonstrando uma grande distorção de percepção nas poucas viagens efetuadas em ônibus e lotação.

No que diz respeito à duração das viagens, o gráfico 6 também confirma uma tendência já apresentada. Em todos os modos de viagem houve uma superestimação do tempo investido no percurso. Nas viagens a pé e em transporte motorizado individual, esse aumento ficou na faixa entre 15% a 20%. Já nas realizadas por transporte coletivo, o erro foi bem menos significativo, ficando em, aproximadamente, 7%.

### 8.2.3 Viagens relacionadas por motivo

Com os mesmo objetivos dos itens anteriores, optou-se também por estratificar as viagens por motivo. Essas informações (assim como as relativas a modo) puderam ser obtidas apenas por relato dos participantes. O gráfico 7 a seguir apresenta a repartição das viagens por motivo.

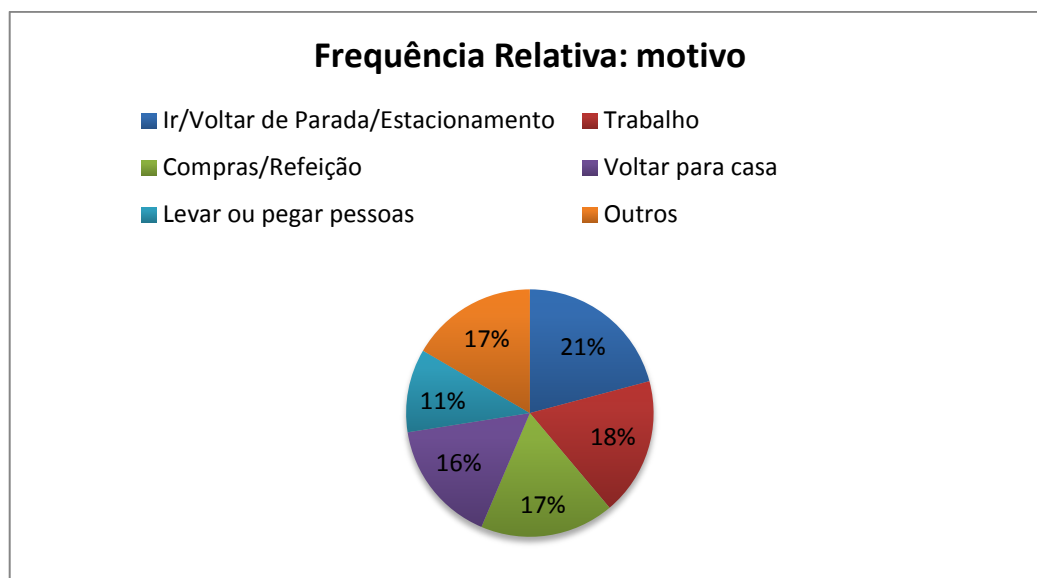


Gráfico 7: frequência relativa de etapas de viagem estratificadas por motivo

Como se pode ver, os principais motivos relatados pelos entrevistados do estudo foram ir ou voltar de estacionamento ou parada de ônibus (21%), trabalho (18%), compras ou refeição (17%) e voltar pra casa (16%). Para a sequência da análise, decidiu-se agrupar ainda mais as informações, definindo as viagens compulsórias, não compulsórias e etapas de acesso (vide gráfico 8). Dentro do primeiro grupo, foram inseridos os deslocamentos que os participantes necessitam realizar em uma base diária, ou seja, os que fazem parte da rotina efetiva deles. Desse modo, foram inseridas nesse grupo as etapas de viagem relativas a trabalho, escola ou estudo e voltar para casa. As demais foram inseridas no grupo das não compulsórias. Como ressalva, decidiu-se separar as etapas relativas a ir ou voltar de estacionamento ou parada de ônibus. Uma vez que essas etapas são realizadas com o único propósito de acessar um modo de transporte diferente, não seria coerente agrupá-las com as demais.

Nesse ponto, vale ressaltar o motivo pelo qual algumas etapas (como levar ou pegar pessoas, compras ou refeição) não foram inseridas no grupo das compulsórias, uma vez que podem fazer parte da rotina dos entrevistados. Essa opção se deu pelo fato de que esses grupos abrigam etapas dos dois tipos. O intuito, ao dividir os relatos em diferentes grupos, foi justamente separar as viagens efetivamente rotineiras das demais. Por isso, apenas os três motivos supracitados foram considerados como compulsórios.

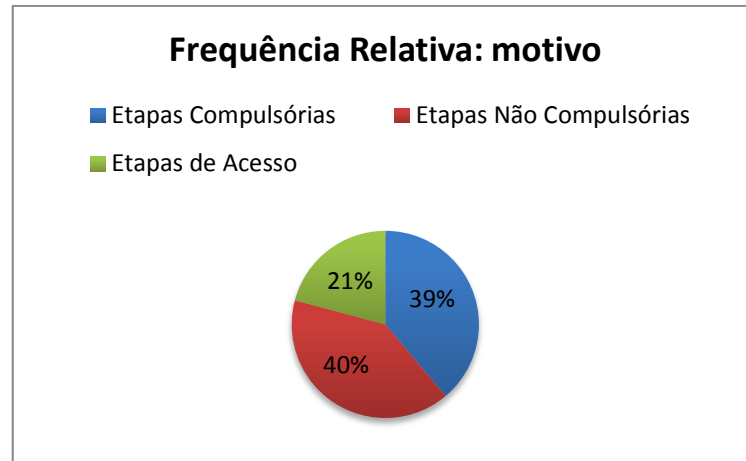


Gráfico 8: frequência relativa de etapas de viagem estratificadas por motivo 2

### 8.2.3.1 Perda de informação

Como pode ser visto nas ilustrações abaixo (gráfico 9 e 10), a perda de informações foi ligeiramente menor nas compulsórias. Um dos motivos é que grande parte das etapas realizadas a pé (as mais sensíveis) estão inseridas no grupo das não rotineiras. Além disso, as compulsórias também se apresentaram como mais longas (gráfico 11), o que favorece o seu registro. Por fim, nota-se também que as mais problemáticas foram as relativas a levar ou pegar pessoas, mais suscetíveis de serem erroneamente unidas a viagens seguintes (seção 8.1.3), e as referentes a ir/voltar de parada de ônibus/estacionamento, as mais curtas e sensíveis.

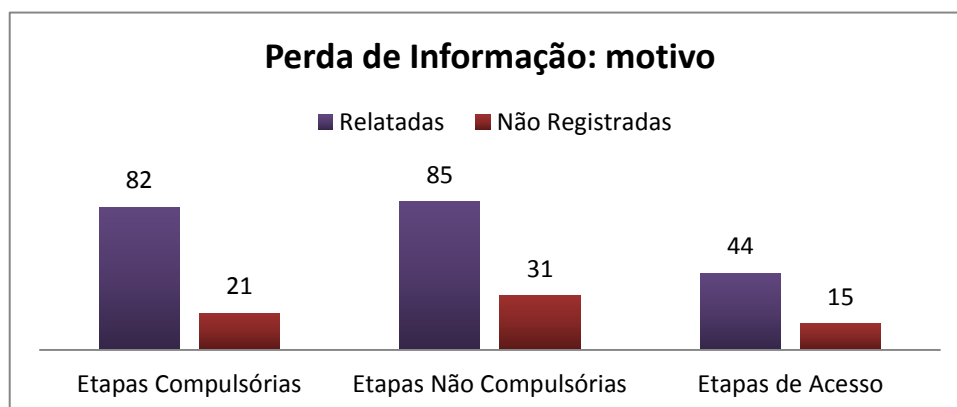


Gráfico 9: perda de informação por motivo

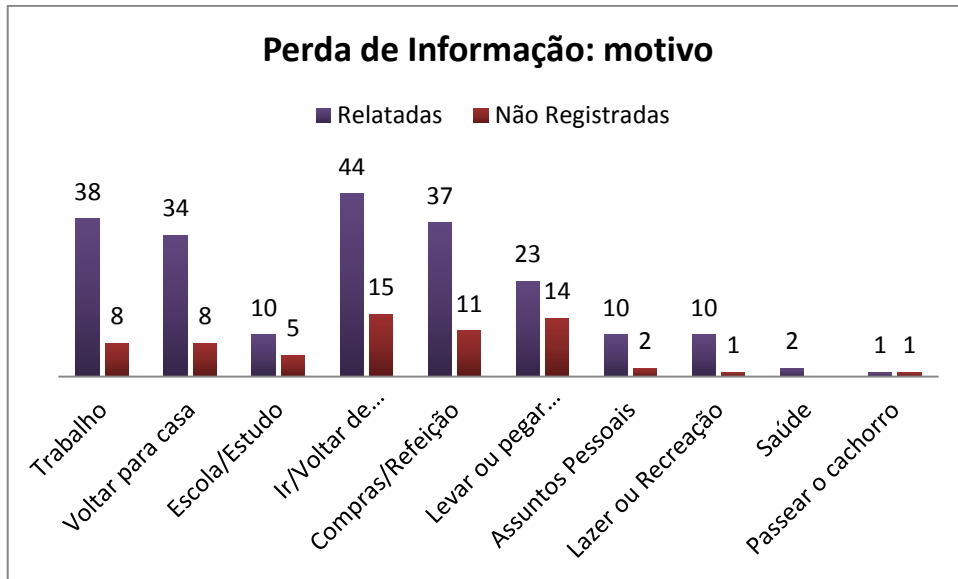


Gráfico 10: perda de informação por motivo 2

### 8.2.3.2 Divergências entre relato e registro

Como pode ser visto no gráfico 11, novamente a distância relatada foi superior à registrada pelo dispositivo. Além disso, a diferença mais significativa ocorreu no grupo das compulsórias. Isso chega a ser, de certa forma, um tanto surpreendente, uma vez que a divergência foi bem menor nas etapas não compulsórias. Esperava-se que, por estarem mais habituadas, as pessoas teriam uma maior percepção de distância em viagens rotineiras. Neste estudo, não foi esse o caso. Talvez, com um grupo maior de entrevistados, uma análise mais apurada possa ser desenvolvida.

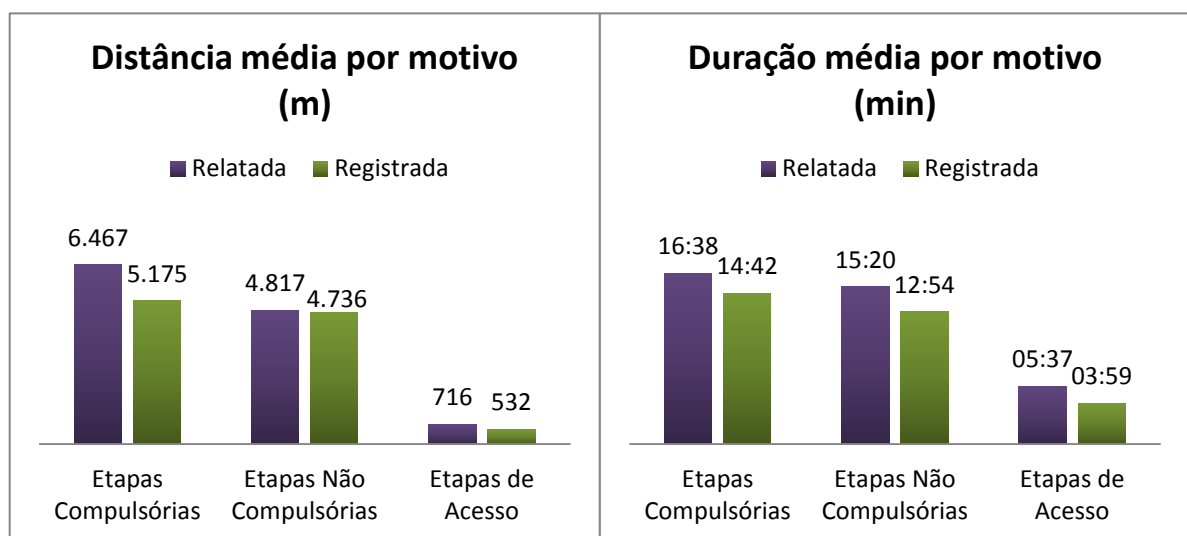


Gráfico 11: distância e duração média por motivo

Com relação à duração das viagens, pode-se notar mais uma vez a tendência que as pessoas tiveram de superestimar o deslocamento. Tanto nas compulsórias quanto nas não compulsórias, ficou novamente claro que as pessoas acreditaram investir mais tempo na realização de suas viagens do que o registro evidenciou.



## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o término das análises, algumas considerações ainda podem ser tecidas. Este estudo, ao discorrer sobre todas as etapas do processo de coleta de dados por dispositivos GPS, buscou prover uma visão sistêmica da tecnologia aplicada para essa finalidade. Contudo, tem-se ciência de que esse foi apenas o relato de uma primeira experiência – com suas conseqüentes limitações. Mesmo assim, por mais que outros países já se encaminhem para uma solução definitiva, foi importante avaliar o comportamento dessa técnica inserida neste contexto, nesta realidade.

A principal vantagem encontrada foi a precisão da tecnologia. Em termos de distâncias, horários, duração de viagens e rotas escolhidas, a melhoria na qualidade dos dados coletados é inquestionável. Mesmo tendo se esforçado acima do normal para lembrar suas viagens, os erros presentes nos relatos foram consideráveis.

Além disso, também foi notória a diminuição do fardo do entrevistado. Questionários longos são sempre cansativos. Nesta pesquisa, foram demandadas aos participantes apenas as informações passíveis de comparação e, mesmo assim, algumas vezes a entrevista prolongou-se por mais de 30min. Ao serem indagadas, todas as pessoas que tomaram parte no estudo disseram preferir a coleta por GPS.

Entretanto, algumas desvantagens também foram evidenciadas. Da forma como a coleta foi efetuada, não foi possível deduzir dados sobre modo e motivo das viagens, essenciais para as Pesquisas O/D. Em pesquisas futuras, informações relativas ao uso do solo, assim como um cadastro dos principais endereços frequentados pelos participantes, poderiam ser utilizados para a criação de um sistema automatizado de identificação do propósito das viagens efetuadas. Igualmente, análises do perfil de velocidades dos deslocamentos poderia obter êxito em inferir o modo de transporte utilizado.

Ademais, as limitações e dificuldades apresentadas implicaram uma quantidade bastante acentuada de informações não registradas. Muitos desses problemas ainda poderão ser atenuados ou contornados, com uma melhor orientação dos entrevistados, ou com a utilização de outro dispositivo, mas uma perda mínima de dados é inerente a qualquer pesquisa.

Em suma, o ponto mais positivo de toda essa pesquisa foi perceber que a tecnologia GPS tem potencial para, futuramente, substituir as entrevistas domiciliares. Com um aprimoramento dos procedimentos, bem como com a automação do processamento de dados, pode ser possível obter todas as informações de que uma Pesquisa O/D necessita. Isso, de forma muito mais precisa e necessitando de muito menos trabalho por parte do entrevistado. Portanto, conclui-se que é válido, sim, o investimento em pesquisas que visem a converter em realidade essa técnica de coleta de dados.

## REFERÊNCIAS

- BRUTON, M. J. **Introdução ao Planejamento dos Transportes**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1979.
- DE WEERD, M. **GPS Data Logger Software: BT747**. 2011. Disponível em: <<http://www.bt747.org>>. Acesso em: 6 abril 2011.
- GEO STUDIO TECNOLOGIA LTDA. **GPS TrackMaker**. 2011. Disponível em: <<http://www.gpstm.com/index.php?lang=port>>. Acesso em: 6 abril 2011.
- GOOGLE INC. **Google Earth**. 2011. Disponível em: <<http://earth.google.com>>. Acesso em: 6 abril 2011.
- HUTCHINSON, B. G. **Princípios de Planejamento dos Sistemas de Transporte Urbano**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1979.
- LEE, M.; WOLF, J. GPS Feasibility Study: GPS equipment review/pretest. In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD CONFERENCE, 89th, 2010, Atlanta. **Proceedings...** Washington: Trb Publications, 2010. Disponível em: <<http://www.travelsurveymethods.org/ppts/UKTechPresentation.ppt>>. Acesso em: 18 mar. 2011.
- MELLO, J. C. **Planejamento dos Transportes**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.
- ORTÚZAR, J. D.; WILLUMSEN, L. G. **Modelling Transport**. 4rd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2011.
- STOPHER, P.; GREAVES, S. **Missing and Inaccurate Informations From Travel Surveys: pilot results**. Sidney: Institute of Transport and Logistics Studies, The University of Sidney, 2009. Working paper ITLS-WP-10-07. Disponível em: <[http://sydney.edu.au/business/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0008/65897/itls-wp-10-07.pdf](http://sydney.edu.au/business/__data/assets/pdf_file/0008/65897/itls-wp-10-07.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2010.
- STOPHER, P. R.; KOCKELMAN, K.; GREAVES, S. P.; CLIFFORD, E. Reducing Burden and Sample Sizes in Multi-day Household Travel Surveys. **Journal of the Transportation Research Board**, n. 2064, p. 12-18, 2008. Disponível em: <[http://www.ce.utexas.edu/prof/kockelman/public\\_html/TRB08MultidaySampling.pdf](http://www.ce.utexas.edu/prof/kockelman/public_html/TRB08MultidaySampling.pdf)>. Acesso em: 25 mai. 2011.
- STOPHER, P.; PRASAD, C.; ZHANG, J. Comparing GPS and Prompted Recall Data Records. In: WORLD CONFERENCE ON TRANSPORT RESEARCH, 12., 2010, Lisboa. **Proceedings...** Lisboa: WCTR Society, 2010. p. 1-17.
- STOPHER, P. R.; WARGELIN, L. Conducting a Household Travel Survey With GPS: reports on a pilot study. In: WORLD CONFERENCE ON TRANSPORT RESEARCH, 12., 2010, Lisboa. **Proceedings...** Lisboa: WCTR Society, 2010. p. 1-19.

TRANSYSTEM INC. (Taiwan). **747A+**. 2010. Disponível em:  
<<http://www.transystem.com.tw/product.php?b=G&m=pe&cid=4&sid=21&id=59>>. Acesso em: 18 mar. 2011.

WOLF, J. Applications of New Technologies in Travel Surveys. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TRANSPORT SURVEY QUALITY AND INNOVATION, 7., 2004, Costa Rica. **Travel Survey Methods: Quality and Future Directions**. Oxford: Elsevier, 2006. p. 1-14. Disponível em:  
<<http://www.isctsc.cl/archivos/2004/B4%20-%20Resource%20Wolf.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2010.

## **APÊNDICE A – Guia de Utilização do Dispositivo GPS**

## Recomendações de Uso do Dispositivo GPS

Ao receber este documento, você estará tomando parte no nosso estudo de mobilidade urbana. O objetivo deste trabalho é coletar dados para analisar o padrão de como as pessoas de uma determinada região se deslocam, a fim de poder elaborar ferramentas que auxiliem no dimensionamento do planejamento urbano. Em outras palavras, queremos saber para onde as pessoas vão, por quais rotas, em que horários, com que meios de transporte, etc. Para tanto, o dispositivo que foi entregue a você gravará todos os seus deslocamentos durante o período de estudo, marcando a origem, o destino e o trajeto percorrido. Então, a fim de aproveitar ao máximo a sua participação, pedimos que você atente para as seguintes recomendações:

- 1) Ao ler este documento, certifique-se de ter recebido 1 (um) dispositivo GPS, 1 (um) cabo mini-USB/USB e 1 (um) adaptador para tomada (veja fotos abaixo). Caso você note a falta de um ou mais componentes, entre **imediatamente** em contato com a nossa equipe;



- 2) Você será solicitado a carregar o aparelho consigo durante um período de **dois dias completos** (do início da manhã ao final do dia). Ao final da coleta de dados, um entrevistador virá a sua residência, a fim de recolher o aparelho e submetê-lo a um questionário, que versará sobre suas viagens realizadas no período de estudo;
- 3) Leve o aparelho consigo **A TODOS** os lugares aonde for. Note que o objetivo é registrar todas as suas viagens efetuadas. Em especial, não se esqueça de levar o aparelho em pequenos deslocamentos a pé, como passear com o cachorro, ir à padaria ou fazer uma caminhada. Por outro lado, não há necessidade de levá-lo em deslocamentos no interior de sua residência (sala-quarto-cozinha) ou de seu local de trabalho;
- 4) Todos os dias, antes de sair de casa pela manhã, certifique-se de que o aparelho esteja ligado e registrando a sua posição. Para ligá-lo, deslize o botão (2) para a posição **LOG**. A luz laranja (1) ficará acesa por aproximadamente 1min. Em seguida, ela começará a piscar repetidamente, indicando que o dispositivo está pronto para o uso. Para desligá-lo, apenas deslize o botão 2 para a posição **OFF**;
- 5) Bateria fraca é indicada pela luz vermelha (3) piscante. Para evitar perdas de informação por falta de bateria, ao final de cada dia desligue o aparelho e recarregue a sua bateria, a fim de poder utilizá-lo no dia seguinte. Para isso, conecte o cabo USB no dispositivo (4). Após, conecte a outra ponta do cabo (5) no adaptador para tomada. Ligue o conjunto na rede elétrica da sua residência e deixe carregar por pelo menos 3 horas;
- 6) Tenha em mente que, para poder gravar a sua posição, o aparelho precisa receber de satélites a informação de onde você está. Por isso, prefira levá-lo no bolso externo de um casaco, calça, bolsa ou mochila. Evite deixá-lo em compartimentos internos de uma bolsa, console ou porta-malas do carro;
- 7) O aparelho é extremamente sensível ao manuseio. Por isso, procure evitar ao máximo batidas, quedas, arranhões, etc. Em caso de mau funcionamento, entre **imediatamente** em contato com a nossa equipe.

A Equipe do LASTRAN/UFRGS agradece a sua participação! **Muito Obrigado!**

**Contato:** Vinicius Motter – Tel: \_\_\_\_\_ – email: \_\_\_\_\_

## **APÊNDICE B – Diário de Viagens para Entrevista Domiciliar**

### Diário de Viagens para Entrevista Domiciliar

Nome:

Data:

Viagem	Modo de Transporte Utilizado	Motivo da Viagem											Distância (m)	Horário		
		Trabalho	Voltar p/casa	Escola / Estudo	Compras / Refeição	Assuntos Pessoais	Levar/pegar pessoas	Lazer/recreação	Saúde	Ir/Voltar Estacionamento/parada de ônibus	Caminhar por Lazer	Passear o cachorro		Outros	Início	Fim
Viagem 1																
Viagem 2																
Viagem 3																
Viagem 4																
Viagem 5																
Viagem 6																
Viagem 7																
Viagem 8																
Viagem 9																
Viagem 10																
Viagem 11																
Viagem 12																
Viagem 13																
Levou o GPS em todas as viagens?	SIM	NÃO	Perda de dados por descarga da bateria?	SIM	NÃO	Algum problema ou dificuldade a relatar?	SIM	NÃO	Qual?							