

## Pesquisas e dados para projetos de transportes (Texto auxiliar)

---

### STT405 - PLANEJAMENTO E ANÁLISE DE SISTEMAS DE TRANSPORTES

Docentes da disciplina:

Antônio Néelson Rodrigues da Silva e Cira Souza Pitombo

#### 1. INTRODUÇÃO

O planejamento do sistema de transportes tem como um de seus objetivos a criação de ambientes com condições adequadas para atender às necessidades de deslocamento da população. Para que este planejamento seja realizado de forma adequada, através do desenvolvimento e implantação de alternativas práticas e viáveis para os usuários do sistema, é necessário que pesquisadores, planejadores e gestores conheçam os padrões reais dos deslocamentos individuais na cidade ou região considerada.

Desta forma, é essencial conhecer quais as variáveis que afetam, direta ou indiretamente, a dinâmica dos deslocamentos diários da população. Só assim pode-se garantir que decisões adequadas sejam tomadas, no que diz respeito a investimentos na infraestrutura e serviços de transportes e uso e ocupação do solo, tendo por base o comportamento individual relacionando às viagens e realização de atividades reais da população.

Portanto, o processo de coleta desses dados é essencial. A natureza dos dados a serem coletados depende da sua finalidade. Assim, existem diversas pesquisas e estratégias de coletas de dados de transportes, tais como Pesquisa Origem-Destino, Diários de Atividades, Pesquisa de Lotação ao longo da linha (de transporte público), etc. Este texto descreve algumas dessas pesquisas, tratando ainda de novas formas de coletas de dados a partir dos avanços nas telecomunicações, popularização de *smartphones* e *tablets* e seus aplicativos.

Após esta introdução, este texto é composto por cinco seções. A seção 2 trata da importância da obtenção de uma amostra significativa e descreve, de forma breve, técnicas de amostragem. A seção 3 apresenta, sinteticamente, o conceito de zoneamento em uma área urbana. A seção 4 trata de pesquisas específicas, tais como: Pesquisa Origem-Destino, Diários de Atividades, Pesquisa de Lotação da Linha (e movimento nas paradas) e Pesquisa de Preferência Declarada. A seção 5 trata das formas mais atuais para coleta de dados de transportes. Finalmente, a seção 6 traz algumas considerações finais relativas ao tema.

## 2. AMOSTRAGEM

Dados provenientes de pesquisas realizadas para planejamento dos sistemas de transportes são, em geral, amostras de observações de uma população de interesse. A seleção desses elementos para observação deve ser feita, no entanto, de acordo com procedimentos adequados, de maneira a assegurar que os resultados da amostra serão capazes de fornecer informação suficiente para se inferir sobre os parâmetros populacionais.

A coleta de dados deve ser precedida da elaboração de um plano de amostragem. Para tal, é preciso ter bem definidos os objetivos da pesquisa, a população a ser amostrada e os parâmetros a serem estimados. O plano de amostragem depende basicamente de três fatores: a variabilidade dos parâmetros da população de estudo, o grau de acurácia ou nível de confiança desejado e o tamanho da população.

Deve-se ainda definir a unidade de amostragem (indivíduo, domicílio, etc.), a forma de seleção (amostragem aleatória simples, estratificada, sistemática, etc.) e o tamanho da amostra.

Neste texto são descritas duas formas de seleção ou, mais especificamente, no caso aqui tratado, de amostragem aleatória: simples e estratificada. Para a amostragem aleatória simples, a seleção da amostra é feita através de um sorteio, sem nenhum tipo de restrição. Uma amostra aleatória simples de tamanho  $n$  (sendo  $n < N$  e  $N$  o tamanho da população) pode ser obtida,

portanto, através de um sorteio, ao acaso e sem reposição, das unidades amostrais a serem pesquisadas a partir do conjunto de dados que constituem a população de estudo.

No caso da amostragem estratificada, a população é subdividida em subgrupos (ou estratos). Deve-se necessariamente escolher critérios de estratificação que resultem em grupos homogêneos, em relação ao que está sendo estudado. Uma vez caracterizados os diversos estratos da população, podem então ser realizadas, de forma independente, seleções aleatórias. Se a intenção é realizar uma amostragem estratificada proporcional, deve ser mantida, na amostra, a mesma proporção dos estratos da população.

O cálculo do tamanho da amostra é um problema complexo e, muitas vezes, restrito aos recursos disponíveis. Uma formulação bastante genérica, para determinação de tamanho amostral no caso de amostragem aleatória simples, baseia-se no erro amostral tolerável e no tamanho populacional.

### **3. ZONEAMENTO**

Uma preocupação inicial dos estudos para planejamento de transportes deve ser a delimitação da área de estudo, o que pode ser feito por um elemento virtual, denominado cordão externo (cordonline). Em estudos urbanos, o cordão externo deve incluir setores onde ocorrem movimentos importantes da região, além de áreas que ainda virão a ser desenvolvidas, desde que dentro do período de tempo para o qual se está planejando. É esperado ainda que o cordão externo cruze importantes vias e corredores de acesso à zona urbana estudada.

Uma vez definido o contorno da área de estudo, o processo de zoneamento consiste na sua subdivisão em unidades de áreas homogêneas. Estas áreas, chamadas de zonas de tráfego, formam a unidade básica de análise para estudos de transporte. A elas são associados padrões de deslocamentos (por exemplo, fluxos de viagens interzonais), bem como totais de origens e destinos das viagens. Estes são elementos importantes para avaliação dos padrões de

desenvolvimento e do uso do solo ao longo de tempo, dentro do horizonte de estudo. Zonas externas a uma área de estudo têm, em geral, tamanho superior àquelas que estão nela contida.

Outros elementos de representação e análise em estudos de transportes são os centróides e a screenline. Os centróides, diretamente associados às zonas de tráfego, constituem uma representação pontual das mesmas e funcionam como se fossem a localização concentrada dos dados de cada zona. Já a screenline é uma linha que corta internamente a área de estudo. Sua definição leva em consideração obstáculos lineares naturais ou artificiais que restringem a circulação dentro da região urbana a um pequeno número de ligações entre subáreas da cidade. É o caso, por exemplo, de rios, ferrovias ou rodovias que cortam zonas urbanas. Tais elementos, em geral, só podem ser transpostos por meio de pontes, viadutos e túneis, os quais estão separados entre si por uma distância maior do que aquela usualmente observada no resto do sistema viário.

#### **4. PRINCIPAIS PESQUISAS**

Esta seção descreve algumas pesquisas tradicionalmente utilizadas para fins de planejamento dos sistemas de transportes.

##### **4.1 Pesquisa Origem-Destino**

A pesquisa Origem-Destino (ou pesquisa OD), que visa coletar dados e informações empíricas de indivíduos de determinada região, é uma das mais adequadas quando se deseja obter informações precisas sobre o comportamento de realização de viagens de uma população. Envolve, no entanto, alto custo, tanto em termos de tempo como de dinheiro. Por outro lado, os dados obtidos através deste tipo de pesquisa permitem, em geral, identificar fatores que exercem influência direta ou indireta sobre os padrões de viagens urbanas.

Através desta pesquisa é possível identificar relações entre aspectos socioeconômicos e comportamentos individuais relacionados à viagem, uma vez que as viagens diárias estão associadas às condições socioeconômicas das pessoas e à localização da residência e/ou local de destino dos deslocamentos.

Os resultados da pesquisa OD podem ser úteis para inúmeros estudos no contexto urbano. Existe uma relação direta entre população, quantidade de atividades e as viagens detectadas pela pesquisa. Estas informações se desdobram em outros elementos, como a intensidade de uso do solo e a distribuição espacial de empregos, que são, por sua vez, elementos de interesse para o planejamento urbano. As pesquisas OD permitem verificar como se distribuem espacialmente, na área de estudo, as viagens realizadas diariamente pelas pessoas, inclusive separadas por motivo, período do dia ou modo de transporte utilizado. A representação dessas viagens em mapas produz um retrato dos fluxos de viagens na cidade e a comparação desses fluxos com a oferta de transporte permite identificar carências no atendimento da demanda por transportes. Estas comparações podem servir de base para propostas visando à ampliação da oferta de transporte.

A realização de uma Pesquisa OD envolve três etapas:

- **Planejamento** - uma vez definida a área de estudo (e de coleta de dados por meio da pesquisa) e as zonas de tráfego, é fundamental obter e adequar as bases cartográficas necessárias para os trabalhos de coleta e análise dos dados e posterior apresentação dos resultados. Com a definição do plano amostral, ocorrem o dimensionamento, seleção e sorteio da amostra. Deve ter início também a operacionalização dos trabalhos de campo para a coleta de dados. Outras etapas preliminares são: a elaboração dos questionários, o treinamento de pesquisadores e uma ampla divulgação da pesquisa, por meio de campanhas de esclarecimentos junto à população da região de estudo. A seleção da amostra deve ser baseada em cadastros confiáveis e recentes dos domicílios da área pesquisada.

- **Coleta das informações** - nesta etapa, os questionários são aplicados nos domicílios sorteados.

- **Tratamento dos dados** - envolve a análise e o processamento dos dados coletados. A constante verificação da consistência e adequação dos dados é de extrema importância para sua tabulação. Estas características podem vir a ter impacto direto na análise e projeção das tendências de alterações na região em estudo. Os dados tabulados podem ser agrupados segundo as zonas de origem e destino a que pertencem. Isto permite sua expansão, de forma proporcional à população em cada zona.

A pesquisa OD é aplicada de duas formas: a pesquisa domiciliar, para verificar as viagens realizadas internamente na cidade, e a pesquisa de linha de contorno (cordonline), para verificar as viagens que cruzam os limites da região de estudo. Realizada em domicílios selecionados por amostragem, a primeira procura levantar as características dos deslocamentos de todos os moradores do domicílio, que resulta em uma amostra aleatória de indivíduos e das viagens realizadas. A entrevista com os moradores do domicílio sorteado visa o preenchimento do questionário de pesquisa, sempre se referindo ao dia útil típico (terça, quarta ou quinta-feira, em semanas sem feriado) anterior ao da entrevista.

A pesquisa complementar, denominada de linha de contorno ou cordonline, é realizada nos principais acessos da cidade (ou limites da região estudada). Assim como a pesquisa domiciliar, veículos são escolhidos aleatoriamente para a realização de entrevistas com todos os passageiros. São coletadas informações de origem, destino e, no caso de transporte de carga, o tipo de mercadoria transportada. Também são realizadas entrevistas nos terminais de transporte intermunicipal.

#### **4.2 Diários de Atividades**

Para falar do processo de coleta de dados por meio de diários de atividades é preciso mencionar os modelos baseados em atividades. Estes modelos vêm ganhando destaque como uma metodologia adequada para se avaliar, de forma desagregada e com foco no indivíduo, como a demandas por viagens é afetada por um conjunto de fatores individuais e domiciliares. Para tal,

procuram reproduzir como os membros dos domicílios organizam suas programações de atividades diárias no tempo e no espaço. A partir daí, avaliam quais as viagens necessárias para que essa programação de atividades possa ser cumprida.

Os modelos baseados em atividades diferem dos tradicionais pelo fato de os primeiros serem voltados à previsão das interdependências entre os vários aspectos das atividades realizadas como, por exemplo, os horários de sua realização e os possíveis locais onde elas podem ser executadas. Como este modelo necessita de um número significativamente maior de informações do que aquelas tradicionalmente consideradas em outras abordagens, isto exige uma coleta detalhada de dados. Neste caso, devem ser obtidas informações relacionadas aos principais aspectos que envolvem o processo de tomada de decisão a respeito de quais atividades e viagens realizar. Além disso, é preciso também obter dados específicos das atividades e das viagens, tais como os principais atributos desses elementos.

A abordagem baseada em atividades requer dados muito detalhados sobre todas as etapas do processo de programação das atividades e viagens diárias. Neste caso, o método mais adequado e indicado para coleta dessas informações é o uso de diários de atividades, ao invés dos tradicionais diários de viagem. Diários de atividades são instrumentos de coleta de dados capazes de fornecer informações básicas sobre os padrões de atividades individuais e domiciliares, os quais serão utilizados para verificar potenciais relações entre viagens e atividades. Esse método requer que as pessoas descrevam todas as atividades e viagens realizadas no dia, o local onde elas foram realizadas e outras especificações pertinentes às atividades e viagens.

#### **4.3 Pesquisa da Lotação ao Longo da Linha e Movimento nas Paradas**

Também conhecida como pesquisa “sobe-desce”, esta pesquisa tem como objetivo determinar a quantidade de embarques e desembarques em cada local de parada e a lotação dos veículos de transporte coletivo entre os pontos. As informações obtidas são úteis, não somente para melhor planejamento da

infraestrutura dos pontos de parada, como também para determinação da seção crítica e dimensionamento da oferta de transporte coletivo.

#### 4.4 Pesquisas de Preferência Declarada

Neste tipo de pesquisa, os indivíduos são questionados sobre o que eles fariam em uma situação hipotética. Por este motivo, a técnica pode fornecer informações sobre as preferências potenciais dos indivíduos, avaliando situações e serviços ainda não existentes. Permite ainda identificar que atributos de determinado modo de transporte são mais importantes para as prováveis escolhas dos usuários. Por estas características, seus resultados podem fornecer subsídios para o desenvolvimento e adoção de medidas visando incentivar um novo modo de transporte, por exemplo.

A pesquisa, que torna possível estimar a demanda a partir de escolhas e cenários hipotéticos, passou a ser utilizada para estudos de transportes na década de 1980. Um dos problemas da técnica decorre do fato de que um número razoável de respondentes pode não fazer (no futuro) o que declarou que faria.

A coleta de dados deve partir de um experimento, que envolve as seguintes etapas:

- **Identificação do conjunto de atributos a ser considerado** - Os atributos a serem considerados na coleta de dados devem ser selecionados de modo a incluir os principais aspectos relevantes para os entrevistados. Em geral, podem ser identificados a partir de uma revisão da vasta bibliografia sobre o tema hoje existente ou através de consultas a técnicos e pesquisadores da área.
- **Seleção da unidade de medida para cada atributo** - uma unidade de medida, quantitativa ou qualitativa, deve ser definida para cada atributo analisado.
- **Especificação do número e grandeza dos níveis dos atributos e identificação das alternativas geradas pelas combinações dos**

**níveis dos atributos** - tendo em vista os efeitos combinados dos diferentes atributos, o total de alternativas geradas a partir do número de atributos ( $a$ ) e dos níveis definidos para cada atributo ( $n$ ), será igual a  $n^a$ .

Este número total de alternativas (denominado fatorial completo) pode vir a ser muito grande, dificultando inclusive o discernimento por parte dos entrevistados. Neste caso, pode ser adotado um conjunto menor de alternativas (fatorial parcial) obtido a partir do conjunto completo, mas com a exclusão de algumas alternativas. De maneira geral, devem ser eliminadas as alternativas dominante (aquela em que todos os atributos apresentam os melhores níveis) e dominada (aquela em que todos os atributos apresentam os piores níveis).

## 5. Novos Procedimentos para Coleta de Dados

Nos últimos anos, vem sendo observado um uso crescente de dados de bilhetagem eletrônica de transporte público, além de aplicativos em dispositivos móveis ou tecnologia de *bluetooth* para coleta de dados, em tempo real, relativos ao uso de sistemas de transportes. O uso de dispositivos móveis para levantamento de dados de transportes, que vem sendo tema frequente em trabalhos acadêmicos, se deve a dois fatores principais: a popularidade e o aumento da capacidade computacional destes dispositivos.

Um dos benefícios do aumento da capacidade computacional é a implantação de sistemas operacionais cada vez mais fáceis de utilizar. Isto tem levado ao desenvolvimento e a popularização de aplicativos para distintos propósitos. Muitos destes aplicativos, além de necessitarem para sua instalação apenas de um endereço confiável na internet, são gratuitos e não exigem nenhum conhecimento prévio ou experiência de programação para sua instalação e uso. Além disso, vários desses dispositivos móveis possuem interfaces para localização por sistemas de posicionamento por satélite (normalmente identificados pela sigla GPS, do inglês *Global Positioning System*) e permitem conexões sem fio, por meio de dispositivos *wi-fi* e *Bluetooth*.

Os receptores GPS em dispositivos móveis permitiram ainda o desenvolvimento de aplicativos como o *Waze*, para auxílio à navegação e tráfego de veículos, e *Moovit*, que fornece informações sobre transporte público urbano.

Ao fornecer, em tempo real, informações relativas a obstáculos e acidentes nas vias consultadas, o *Waze* auxilia seus usuários na escolha de rotas para viagens em veículos motorizados individuais (carros e motos). As informações deste sistema de navegação colaborativo são coletadas e fornecidas pelos próprios usuários, que recebem pontos pelas contribuições que enviam ao sistema. Isso lhes permite ter acesso a novas ferramentas e informações ao alcançar determinados patamares de pontuação. O tipo de informação recebida em troca de contribuições acumuladas pode ser, por exemplo, a indicação dos postos de combustível que oferecem os melhores preços no caminho percorrido. O aplicativo fornece ainda estimativas de velocidade média das vias, com base em informações coletadas automaticamente por outros usuários trafegando na rodovia, em outros veículos.

Já a principal função do aplicativo *Moovit*, que é destinado a usuários de transporte público, é identificar ligações entre origens e destinos consultados, levando em consideração apenas modos de transporte público (ônibus, metrô, trens, etc.). Além de apresentar opções de rotas para a conexão solicitada, o sistema fornece os horários previstos de saída e chegada e os pontos de parada em que o usuário deve acessar o sistema.

Além destes aplicativos, mais populares, outros podem ser elaborados com o propósito específico de coletar dados de transportes, inclusive diários de atividades. Sua capacidade de identificar localizações individuais é um atributo que, associado a técnicas de mineração de dados, pode fornecer informações importantes para planejamento dos sistemas de transportes.

## 6. Considerações finais

Este texto apresentou pesquisas de transportes que vêm sendo utilizadas ao longo de décadas para obtenção de informações essenciais para o planejamento urbano e de sistemas de transportes. Foram apresentadas definições sucintas de Pesquisa Origem-Destino, Diários de Atividades, Pesquisa “sobe-desce” e Pesquisas de Preferência Declarada.

Finalmente, foi tratada a temática relativa a novas tecnologias e procedimentos para obtenção de dados de forma barata e em tempo real. Um desafio importante, no entanto, relaciona-se à investigação do quanto tais dados são capazes de substituir as pesquisas tradicionais. Assim, vários pesquisadores ainda se debruçam na análise destas novas amostras, de forma a analisar a viabilidade do seu uso em termos de planejamento futuro urbano.

## 7. Referências Consultadas

Barbetta, P. A. (2005) Estatística aplicada às ciências sociais. 5ª ed. Florianópolis: UFSC, 340 p.

Ferraz, A. C. C. P.; Torres, I. G. E. (2004) Transporte público urbano. 2ª ed., ampliada e atualizada. São Carlos (SP): RiMa, 410p.

Kawamoto, E. (1994) Análise de sistemas de transporte. 2ª ed. (Apostila). Departamento de Engenharia de Transportes. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos.

Melo, A.S; Kraus Jr, W.; Farines, J.M.; Pieri, G. (2015) Abordagem de baixo custo para coleta de dados de transporte público usando *smartphones*. XXIX Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET).

Rodrigues da Silva, A. N. (2008) Pesquisa Origem Destino da Cidade de São Carlos. Departamento de Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos.

Ortúzar, J. D.; Willumsen, L. G. (2011) Modelling Transport. Wiley, London.