



ISSN 0101 - 3513

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO
ADMINISTRAÇÃO SALIM CURIATI
SECRETARIA MUNICIPAL DOS TRANSPORTES



BOLETIM TÉCNICO

31

Pesquisa e Levantamentos de Tráfego

Companhia de Engenharia de Tráfego - **CET**



pesquisa e levantamentos
de tráfego



**Publicação da
Companhia de Engenharia de Tráfego**

Presidente
Eng.º ROBERTO SALVADOR SCARINGELLA
Diretor Técnico
Eng.º ELMIR GERMANI
Diretor Administrativo e Financeiro
Bel. MARCIO MARQUES PRADO

Av. Nações Unidas, 7163
05477 — São Paulo - SP

índice

| | |
|---|-----|
| 1. Introdução | 9 |
| 2. A Pesquisa dentro da Engenharia de Tráfego | 13 |
| 3. O Processo de Pesquisa de Tráfego | 17 |
| 4. Organização do Texto | 25 |
| 5. Pesquisa de Fluxo de Veículos | 29 |
| 6. Pesquisa de Velocidade Pontual | 47 |
| 7. Pesquisa de Velocidade e Retardamento | 59 |
| 8. Pesquisa de Origem e Destino | 81 |
| 9. Pesquisa de Estacionamento | 91 |
| 10. Pesquisa de Ocupação de Veículos | 103 |
| 11. Pesquisa de Atraso em Interseções | 117 |
| 12. Pesquisa de Capacidade | 129 |
| 13. Pesquisa de Observância da Sinalização | 145 |
| 14. Inventário Viário | 151 |
| 15. Anexo Estatístico | 165 |
| 16. Anexo de Organização dos Dados | 175 |
| 17. Referências Bibliográficas | 183 |

A série Boletim Técnico objetiva a divulgação de estudos e projetos relativos ao binômio Tráfego-Transporte, realizados pela Equipe Técnica da Companhia de Engenharia de Tráfego e, eventualmente por outras entidades, quando consideradas relevantes.

Acreditamos na sua importância, não apenas por se tratar de um eficiente meio de divulgação, mas, principalmente, por se constituir em fonte de subsídios a todos que atuam ou necessitam de informações nesta área, tão carente de bibliografia especializada em língua portuguesa.

Eng. Roberto Salvador Scaringella.

A engenharia de tráfego ainda é uma ciência nova no Brasil, embora sua aplicação já tenha atingido níveis qualitativa e quantitativamente elevados em algumas cidades, notadamente em São Paulo.

Uma de suas carências básicas, sentida pelos técnicos no seu dia-a-dia, refere-se à falta de literatura especializada em língua portuguesa; este trabalho pretende, assim, preencher parte de uma das lacunas existentes, no campo da pesquisa de tráfego.

Procuramos escrevê-lo aproveitando, além da nossa experiência pessoal e dos técnicos da CET ligados à área, aquela relativa a outros países, e transcrita em publicações especializadas. Da bibliografia utilizada gostaríamos de citar especialmente dois títulos, o "Manual of Traffic Engineers Studies" (ref. bibliog. 1) e o "Research on Road Traffic" (ref. bibliog. 2), que são os documentos mais completos que encontramos acerca do assunto e dos quais extraímos grande parte deste trabalho, às vezes com citações textuais.

Este trabalho não pretende ser nem perfeito nem exaustivo, mas sim um documento inicial que deveria ser aproximado por outros técnicos interessados. Procuramos montar uma estrutura e uma seqüência de fácil compreensão, com um capítulo dedicado a cada tipo de pesquisa, razoavelmente independente dos outros. De maneira geral, recomendamos ao leitor que leia, antes do capítulo da pesquisa que lhe interessa, os capítulos 2 e 3, "A pesquisa dentro da engenharia de tráfego" e "O processo de pesquisa de tráfego", a fim de acompanhar uma discussão que nos parece importante para a compreensão global da posição e da importância da pesquisa. Finalizando, gostaríamos de lembrar que a pesquisa de tráfego aqui tratada apresenta algumas limitações.

A primeira é de ordem semântica. O termo "pesquisa" é um pouco sofisticado para o que está representando; na realidade, o que este trabalho discute são os chamados "levantamentos de campo". O uso do termo "pesquisa" é adotado porque ele se popularizou entre os técnicos do setor.

A segunda refere-se à abrangência das pesquisas: trata-se de pesquisas ligadas principalmente às características de fluidez do tráfego (volume, velocidade, capacidade, atraso, estacionamento,

etc). No ramo da engenharia de tráfego cabem ainda muitos outros tipos de pesquisa, principalmente os relativos à segurança de tráfego, à opinião pública sobre questões de trânsito e às características mecânicas e de comunicação dos sinais e equipamentos utilizados, assim como outros levantamentos que permitam aprimorar o conhecimento da parte da realidade urbana que afeta a engenharia de tráfego.

2

a pesquisa dentro da engenharia de tráfego

O processo global da engenharia de tráfego tem uma série de passos encadeados, dos quais a pesquisa ou levantamento de dados é dos mais importantes.

O esquema 1 ilustra o encadeamento.

ESQUEMA 1 — PROCESSO GLOBAL DA ENGENHARIA DE TRÁFEGO



Uma das formas de se expor este processo encadeado é através da enunciação de seus passos mais genéricos, que formam sua estrutura principal. São eles:

— **Deteção do Problema:** os técnicos, através de seu conhecimento ou de informações, detectam problemas no trânsito; esta detecção, ainda preliminar, leva a um pré-julgamento da questão, sempre em termos dos parâmetros fundamentais, a saber, segurança, fluidez e "qualidade de vida"* (embora a lista possa se estender de acordo com os técnicos e a tradição local). Em função deste pré-julgamento, decide-se ou não estudar o problema e, no caso afirmativo, passa-se à fase de levantamento de dados.

— **Levantamento de Dados:** nesta fase, são coletados os dados acerca do local objeto de estudo e seus usuários; trata-se da "pesquisa de tráfego", como é comumente chamada. A decisão sobre o que pesquisar e quando é uma tarefa dos técnicos envolvidos, em função do pré-julgamento que fizeram do problema, e pode incidir em erros se este estiver errado ou incompleto. É muito comum por exemplo, a pesquisa detectar problemas não imaginados no seu pré-julgamento ou mostrar que aspectos negligenciados eram na realidade importantes.

— **Análise dos Dados:** nesta fase os dados são tabulados, gerando tabelas e gráficos representativos dos fenômenos estudados; a coleção de dados, aliada ao conhecimento dos técnicos

* Respeito ao uso do solo e à hierarquia do sistema viário, níveis de poluição, etc.

acerca do local, permite a avaliação dos problemas, novamente à luz dos parâmetros como segurança, fluidez e qualidade de vida. É feito o "diagnóstico" da situação e em seguida são definidos os objetivos do projeto a ser feito (melhorar a segurança, aumentar a fluidez, etc.).

— **Projetos:** nesta fase, os técnicos decidem o que fazer para atingir os objetivos propostos (aumentar a sinalização, proteger os pedestres, coordenar os semáforos, etc). São produzidas plantas, tabelas e gráficos, com as especificações e recomendações acerca da circulação, estacionamento, sinalização, etc., necessários à consecução do projeto.

— **Implantação:** nesta fase o projeto é implantado nas vias, sendo o principal instrumento desta implantação a colocação da sinalização que institucionaliza o projeto; faz parte também desta fase a execução de ajustes, em função do comportamento geral do trânsito, e a observação acerca da acomodação do projeto, quando se julgar absorvidos os impactos causados pelo projeto e estabilizada a situação.

— **Avaliação:** em muitos casos, procede-se à avaliação do projeto, no que diz respeito à sua eficiência. Esta avaliação normalmente é do tipo "antes/depois" e envolve considerações técnicas, sociais e econômicas, em função dos objetivos do projeto. Seus resultados podem inclusive levar a alterações no projeto original.

Observando o esquema anterior, vemos que a pesquisa tem relação com dois dos passos citados ou seja, o conhecimento do problema e o levantamento de dados (a pesquisa propriamente dita).

No entanto, ela também constitui um processo, com várias fases. O esquema 2 mostra o encaideamento geral.

A primeira fase coincide com um item já discutido, o conhecimento do problema.

ESQUEMA 2 — PROCESSO DA PESQUISA DE TRÁFEGO



Trata-se de conhecer a preocupação do técnico que solicitou a pesquisa (a menos que o pesquisador seja o técnico), para poder planejá-la adequadamente. Este conhecimento deve ser feito juntamente com o conhecimento do fenômeno que está por trás daquilo que se pretende medir.

Estes conhecimentos são imprescindíveis para o planejamento da pesquisa, pois deles depende a propriedade e a suficiência dos dados colhidos. A propriedade diz respeito a colher o dado certo: se o objetivo é analisar a periculosidade de um trecho de via, deve-se obter a velocidade pontual dos veículos e não a velocidade média no espaço (que tem relação com a fluidez e não com a segurança). A suficiência da amostra, por seu lado, pode ser vista qualitativa e quantitativamente: qualitativamente, no sentido (do exemplo dado) de colher a velocidade realmente livre do veículo, decidida pelo seu motorista, sem estar "bloqueado" ou "cercado" por outros veículos; quantitativamente, diz respeito a ter um tamanho tal que produza estimativas de média dentro da precisão desejada (ver Cap. 15 — anexo estatístico) e ser referida a períodos de tempo que reflitam as situações desejadas pelo analista (manhã, noite, etc).

Numa segunda fase, parte-se para a definição do método a ser adotado, que é função dos objetivos do técnico, dos recursos disponíveis, da precisão desejada e do tempo.

Os objetivos do técnico influenciam o método no sentido já exposto anteriormente, de compatibilizar o dado desejado com a forma de obtê-lo.

Os recursos influenciam o método no sentido de limitarem a utilização de pessoas ou materiais: um método ideal pode ser inviável devido à falta de recursos para aplicá-lo.

A precisão desejada influencia o método no sentido de determinar quais instrumentos, procedimentos ou amostra precisam ser utilizados para atingi-la.

Normalmente, os métodos mais simplificados são aplicados quando se requer menor precisão e os mais complexos quando se requer maior precisão (embora isto não seja regra obrigatória).

O tempo disponível influencia o método no sentido de que há métodos mais demorados (no treinamento e na execução) do que outros.

Na terceira fase, entra-se no planejamento da pesquisa: já ciente do problema, do fenômeno e do método mais adequado, o técnico precisa definir as condições gerais da pesquisa.

Esta fase é muito delicada pois um planejamento mal feito pôde levar ao levantamento de dados incompletos, viciados, ou inconsistentes. A parte mais difícil consiste justamente na definição da amostra (qualitativa e quantitativamente), para o qual já se alertou anteriormente. E esta dificuldade nem sempre pode ser resolvida "a priori", sendo necessário realizar uma "pesquisa-teste" para delinear melhor o fenômeno.

Em termos gerais, o planejamento envolve:

a) Definição do dado a ser colhido (o método já foi escolhido anteriormente), sua unidade e sua precisão (no levantamento).

Utilizando como exemplo uma pesquisa de velocidade/retardamento de autos, feita num corredor A, por meio de veículo-teste circulando no fluxo, isto significaria levantar o tempo de percurso e os retardamentos (dado), em minutos e segundos (unidade), usando um cronômetro com divisões de 1/5 segundo (precisão).

b) Definição das condições gerais, ou seja, local, horário, data e amostra.

Utilizando o mesmo exemplo, isto significaria por exemplo pesquisar na rota A (local), entre 7h00 e 10h00 e entre 17h00 e 20h00 (horário), durante dois dias úteis quaisquer da semana (data), fazendo um mínimo de cinco viagens por sentido e período (amostra*).

c) Definição da ficha de campo a ser usada, e das informações que deverá conter; definição do(s) mapa(s) auxiliar(es) que serão utilizados.

As fichas de campo (formulários) são dadas em cada capítulo e podem ser adaptadas às condições específicas da pesquisa.

As informações contidas nos formulários evidentemente variam caso a caso, sendo importante que o técnico "cerque" a questão, exigindo informações necessárias para caracterizar o evento. De forma geral, as informações comuns a todos os formulários são:

(*) Na realidade, os dados referentes ao horário e à data também compõem a amostra.

- Nome do projeto ao qual a pesquisa se destina ("melhoria de fluidez nos corredores de tráfego")
- Nome da pesquisa ("pesquisa de velocidade/retardamento")
- Data e local (e sentido de circulação, se necessário)
- Campo para anotação de condições gerais e excepcionalidades (condições do tempo, acidentes, etc.)
- Campo para nome e assinatura do pesquisador e do supervisor

Os mapas também são evidentemente uma função de cada caso mas sempre devem ser confeccionados tendo-se em vista dois objetivos: o seu aprendizado e manuseio por parte dos pesquisadores e a sua utilização (posterior) por parte dos analistas.

d) Definição dos recursos necessários.

No exemplo dado, isto significaria utilizar um veículo teste, levando dois pesquisadores, dois cronômetros, duas pranchetas e cinco fichas de campo.

e) Definição da atribuição e posição dos pesquisadores.

No caso citado, isto significaria colocar um pesquisador para os retardamentos, sentado no banco da frente, ao lado do motorista (tem melhor visibilidade) e um pesquisador para tempo de percurso, sentado no banco trazeiro.

f) Definição das condições de controle.

São aquelas condições que se considera representativas da "normalidade" do fenômeno analisado. No caso dado, isto significaria por exemplo pesquisar com tempo bom, e na ausência de interrupções graves ao fluxo que não sejam as causadas por semáforos ou deficiência de capacidade (por exemplo, acidentes, veículos quebrados, etc.). Isto envolve inclusive um treinamento cuidadoso dos pesquisadores e dos supervisores, afim de capacitá-los a discernir o que é "condição normal" e o que é "condição anormal".

OBSERVAÇÕES

1) Pré-pesquisa.

Nas pesquisas não convencionais, ou naquelas cujos fenômenos governantes são pouco conhecidos, é aconselhável fazer uma "pré-pesquisa" ou "pesquisa-piloto" — sua finalidade é múltipla: treinar os pesquisadores, levantar características (perfil) do fenômeno, verificar a viabilidade do esquema de operação imaginado, testar a adequação e condições de preenchimento dos formulários, etc. A pré-pesquisa costuma possibilitar não só o redimensionamento da pesquisa (horários mais adequados) como a reprogramação do esquema, de operação e das fichas de campo.

2) Treinamento dos pesquisadores.

No caso de pesquisas não convencionais, ou no caso do grupo responsável pelo levantamento direto de dados não ter experiência, é necessário um treinamento dos pesquisadores.

Este treinamento envolve duas fases distintas, o conhecimento do problema, e o aprendizado dos procedimentos de observação e anotação.

No conhecimento do problema, os pesquisadores devem ser informados, o mais completamente possível, dos objetivos do projeto e das características do fenômeno avaliado. À semelhança do técnico, somente um conhecimento adequado da questão pode permitir ao pesquisador en-

tender o que e como se pretende medir, e discernir então entre "normalidade" e "anormalidade"; não se trata de anotar o que é "bom" e desprezar o que é "ruim" mas de poder decidir quando um dado que se apresenta não representa o fenômeno que se está medindo (exemplo clássico da pesquisa de velocidade pontual com chuva forte).

Nos procedimentos de observação e anotação, o pesquisador deve ser instruído sobre como observar o fenômeno e o que anotar. No caso citado, a observação consiste (pesquisador de retardamentos) em identificar o motivo de retardamento (semáforo, acidente, estrangulamento, etc.), o que nem sempre é fácil; a anotação consiste em escrever, no local certo, a informação solicitada com todas as suas características (valor, em minutos e segundos, do retardamento, e sua causa). Analogamente, consiste em anotar quaisquer excepcionalidades que pareçam dignas de nota.

Na quarta fase, entra-se na operação propriamente dita. Esta fase envolve principalmente, distribuição de material, transporte, posicionamento em campo, supervisão, revezamento e fechamento.

A distribuição de material consiste em fornecer aos pesquisadores todo o material necessário à execução do trabalho. Normalmente ela consta de:

- prancheta
- ficha(s) de campo
- lápis ou caneta
- instrumento de medição (contador manual, cronômetro, trena etc).

O transporte envolve não só o providenciamento dos veículos para esta finalidade, como também a distribuição do pessoal entre estes veículos, em função de sua capacidade de transporte e do esquema de colocação no campo.

O esquema de colocação no campo consiste em determinar a posição exata de cada pesquisador e conforme salientado acima, deve ser feito juntamente com o esquema de transporte.

A supervisão consiste em determinar a área de atuação de cada supervisor e no caso dele precisar circular entre vários locais, o percurso escolhido para esta circulação.

O revezamento, caso seja necessário devido ao prolongamento do horário de trabalho, consiste em montar esquemas de distribuição de material e de transporte para os pesquisadores que substituirão os companheiros no campo.

O fechamento da pesquisa consiste em determinar a forma de reunião do pessoal (se em local único ou por meio de recolhimento pelas viaturas) e os procedimentos finais. Estes últimos, a cargo dos supervisores, consistem em verificar as fichas de campo, quanto ao preenchimento de todos os dados necessários, marcar quaisquer excepcionalidades levantadas pelos pesquisadores, e recolher os materiais.

Na quinta e última fase, passa-se à tabulação dos dados.

Este trabalho tem seis fases definidas: verificação do preenchimento dos formulários, verificação da consistência dos dados, estipulação da estratégia de tabulação, tabulação propriamente dita, reunião e condensação do material, cálculos estatísticos e edição dos produtos finais.

A verificação do preenchimento dos formulários é uma extensão e/ou complementação do trabalho dos supervisores ao término da pesquisa. Consiste em verificar se constam nos formulários todas as informações definidas anteriormente como necessárias (data, local, sentido, nomes e assinaturas, excepcionalidades etc).

A verificação da consistência dos dados diz respeito à sua anotação propriamente dita: local da anotação, unidade utilizada etc. São comuns, por exemplo os erros de esquecimento (espaço do formulário sem anotação) ou de anotação sem a unidade de medida.

A estipulação da estratégia de tabulação consiste em, baseado nos objetivos do trabalho e nos recursos disponíveis, escolher os "caminhos" a percorrer. Esta é uma fase difícil pois envolve uma atividade de previsão por parte do técnico; tendo em mente quais seriam os produtos finais desejados, ele precisa imaginar os caminhos mais fáceis para chegar a eles.

De maneira geral, a montagem da estratégia compreende:

- imaginar os produtos finais desejados; média por período, por via, por sentido etc; frequências relativa e/ou acumulada; mapas com os dados transcritos de forma a se ter uma visão "sistêmica" etc.
- decidir a forma de atingir estes produtos finais: juntar os dados segundo horário, período, sentido etc; fazer as contas à mão, com máquina de calcular ou por computação eletrônica*; colocar dados intermediários em tabelas que possam ser publicadas ou em qualquer tipo de disposição (rascunho).
- decidir as atribuições dos tabuladores e a chefia da tabulação.
- decidir sobre os controles a serem feitos para evitar (e descobrir) erros de tabulação.

A tabulação propriamente dita consiste em deixar os tabuladores trabalharem exercendo os controles estipulados para garantir a qualidade do trabalho.

A reunião e condensação do material consiste em agrupá-los segundo as classes pré-estabelecidas (por horário, período, sentido etc), de forma a montar "cadernos" de fácil manuseio, que permitam a confecção rápida dos produtos finais.

Os cálculos estatísticos consistem em obter os valores considerados desejáveis para o caso em questão. Normalmente os cálculos mínimos a serem feitos são:

- média (aritmética)
- variância e desvio padrão
- intervalo de confiança das médias

Esta fase envolve também a filtragem de dados considerados "anormais". Esta filtragem é extremamente delicada pois pode levar a erros de graves consequências para a qualidade dos dados. O procedimento normal consiste em cruzar as informações do campo com os cálculos estatísticos, e o problema está em que dificilmente se escapará de um certo grau de arbitrariedade. Citando um caso muito comum em pesquisas de velocidade/retardamento, ocorre frequentemente que os tempos de viagem se alteram bruscamente; observando a ficha de campo, encontra-se "veículo quebrado junto ao canteiro durante trinta minutos". Qual foi então a influência real deste veículo na velocidade do tráfego? Quanto tempo durou? Isto deve ou não ser considerado uma "anormalidade"?

O único caso razoavelmente fácil de resolver diz respeito aos dados que se ajustam bem a uma distribuição normal pois pode-se excluir da amostra os valores que, por exemplo forem maiores

Neste último caso, os próprios formulários já deveriam ser feitos de forma a possibilitar o processamento por computador.

ou menores do que a média mais ou menos dois desvios-padrão. (Ver anexo estatístico — cap. 15)
A edição de produtos finais consiste em condensar ao máximo os dados tabulados, na forma de tabelas, gráficos e mapas que permitam caracterizar o fenômeno de forma clara e didática.

Esquema Geral

1. Conhecimento do Problema

- objetivo do projeto
- características do fenômeno
- visita ao local

2. Escolha do Método

- função de; objetivos, recursos, precisão, tempo, vantagens/desvantagens.

3. Planejamento

- tipo de dado, unidade e precisão
- local, horário e data
- amostra
- ficha de campo e informações necessárias
- mapas
- recursos materiais e humanos
- atribuições e posição em campo
- condições de controle
- treinamento
- pré-pesquisa

4. Operação

- distribuição do material
- esquema de transporte
- posicionamento do pessoal
- supervisão
- revezamento
- fechamento

5. Tabulação

- vistoria das fichas
- consistência dos dados
- estratégia de tabulação
- tabulação
- reunião/condensação do material
- cálculos estatísticos
- produtos finais

Em função do exposto, procurou-se montar cada capítulo dentro da ordem em que entram as várias fases da pesquisa e de uma forma independente dos outros. Assim o técnico pode estudar um tipo de pesquisa sem precisar recorrer a outras partes do trabalho. As únicas exceções referem-se a este capítulo e àqueles sobre organização dos dados (cap. 16 e anexo estatístico, cap. 15).

Assim sendo, cada capítulo contém, dos itens abaixo, aqueles julgados imprescindíveis à compreensão da pesquisa.

a) Objetivo da pesquisa e utilização dos dados

Neste item, fala-se sobre o objetivo da pesquisa ou seja, o que ela pretende obter: a pesquisa de fluxo de tráfego, por exemplo, tem o objetivo de levantar a quantidade de veículos que passa por um ponto ou seção da via numa unidade de tempo. Além disto, são citadas algumas das possíveis utilizações dos dados, para situá-los na engenharia de tráfego e possibilitar a avaliação de sua importância.

b) Características do fenômeno avaliado

Neste item, são citadas as principais características do fenômeno cujos dados se deseja conhecer: no caso de fluxos de tráfego por exemplo, são citadas as variações (horária, diária, etc), o tráfego em via urbana.

Os textos são curtos, uma vez que a análise destas características não é o objetivo deste trabalho; o técnico deve então reportar-se à literatura especializada (ou a pesquisas já realizadas), a fim de obter a melhor compreensão possível do fenômeno analisado.

c) Métodos

Neste item, são apontados os métodos de pesquisa utilizadas pela CET ou recolhidas junto à bibliografia especializada. Quando o método não era praticado pela CET, procurou-se transcrevê-lo o mais fielmente possível dos textos escolhidos. Procurou-se também, dentro do possível, citar as vantagens e desvantagens de cada método, a fim de permitir ao técnico uma visão mais abrangente das opções que pode utilizar.

d) Planejamento

Neste item são abordados os passos necessários ao planejamento da pesquisa em questão. Como cada método levaria a um tipo de planejamento (pelo menos nos seus aspectos mais específicos), procurou-se descrever o planejamento dos métodos mais comuns (e viáveis para as condições brasileiras).

e) Operação

Neste item são discutidas as formas de operação de cada pesquisa. Procurou-se aproveitar ao máximo a experiência da CET. (a discussão não é feita quando a operação é uma extensão do planejamento)

f) Tabulação dos dados — Produtos Finais

Neste item, são citados os procedimentos comuns de tabulação de dados, com o objetivo de facilitar a análise dos mesmos. Estas citações não são exaustivas (há outros procedimentos que poderiam ser usados) e estão discutidas de maneira geral no capítulo 16.

Os produtos finais possíveis, que representam o fenômeno de maneira clara e didática, são citados, em função da experiência da CET e dos textos da bibliografia especializada.

5.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo da pesquisa de fluxos de tráfego (contagem) é determinar a quantidade, a direção e a composição do fluxo de veículos ou pedestres que utilizam uma seção ou interseção do sistema viário, numa unidade de tempo. O período básico de referência é de uma hora, embora possa ter qualquer duração julgada conveniente; no caso de uma hora, o fluxo é chamado volume ou volume horário e constitui-se numa espécie de "representante", de "identificador" do local.

Como dado derivado (de grande importância para os transportes), pode-se obter o total de passageiros que passa por uma seção ou interseção, multiplicando o fluxo de veículos pelo seu número médio de ocupantes.

• Utilização dos dados de fluxo

Os dados sobre fluxo de tráfego são os de maior utilidade imediata para o técnico; grande parte das pesquisas normais dos organismos de trânsito refere-se a fluxos de tráfego. Dentre as suas principais utilizações estão:

- a) Verificação da demanda que solicita uma via ou interseção (e seus padrões de variação): os dados de fluxo permitem saber quantos veículos passam, o movimento que fazem (ir em frente, virar etc) e a composição do fluxo (autos, ônibus, caminhões etc).
- b) Comparação desta demanda com a capacidade que a via oferece, para aferir o "grau de solicitação" presente: são os chamados "estudos de capacidade", para verificar a situação do sistema viário disponível.
- c) Análise dos dispositivos de controle necessários a uma dada interseção ou trecho de via, como no caso da decisão sobre a instalação de semáforo.
- d) Cálculo dos tempos de verde necessários à operação de um semáforo.
- e) Classificação de vias segundo a função (local, coletora, arterial etc) e para verificação da importância relativa entre várias vias ou locais.
- f) Análise de acidentes, por meio da comparação com outros dados, como velocidade pontual etc.
- g) No caso específico de fluxos de pedestres, são imprescindíveis para o dimensionamento de calçadas, passarelas e logradouros públicos, de tempos de travessia em interseções semaforizadas, de análise de acidentes envolvendo pedestres etc.

5.2. CARACTERÍSTICAS DOS FLUXOS*

5.2.1 INTRODUÇÃO

O fluxo é uma das três características fundamentais dos aspectos dinâmicos do tráfego, ao lado da velocidade e da densidade. A análise conjunta destes três elementos permite a avaliação global da fluidez do movimento geral de veículos. Esta análise é diferente conforme se trate de fluxo em regime ininterrupto (via expressa) ou interrompido (via com semáforos ou outros dispositivos de interrupção).

As relações entre estas três variáveis encontram-se amplamente discutidas na literatura especializada (normalmente nos itens a respeito de capacidade do tráfego) e não serão objeto de explicações neste trabalho.

No entanto, para a melhor compreensão do processo de pesquisa dos fluxos, é necessário mostrar as suas características mais gerais, encontráveis em qualquer zona urbanizada do mundo.

5.2.2 AS VARIAÇÕES NO FLUXO

A característica mais marcante do fluxo de tráfego é sua variação generalizada. Ele varia dentro da hora, do dia, da semana, do mês e do ano, além de, no mesmo local, variar por exemplo segundo a faixa de tráfego analisada.

Por este motivo, é importante ter em mente os padrões de variação, na hora de planejar uma pesquisa.

Variação dentro da hora: o fluxo de veículos que passa por uma seção de via não é uniforme no tempo. Se compararmos contagens de quatro períodos consecutivos de quinze minutos, veremos que todos são diferentes entre si (fig. 1). Esta variação leva ao estabelecimento do "Fator de pico horário" (FPH), que mede justamente esta variação e mostra o grau de uniformidade da demanda observada.

$$FPH = \frac{\text{Vol total hora}}{4 V15 \text{ max}} \quad \text{onde}$$

VT = volume da hora analisada

V15max = volume de quinze minutos máximo dentro da hora analisada.

O FPH varia, teoricamente, entre 0,25 (demanda totalmente concentrada em um dos períodos de 15 minutos) e 1,00 (demanda completamente uniforme), ambos os casos praticamente impossíveis de se verificar. Os casos mais comuns são de FPH na faixa de 0,75 a 0,90.

Se o fluxo fosse uniforme ao longo do dia, cada uma das 24 horas representaria 4,2% do total diário. No entanto esta participação é bastante variada: nas horas "de pico", costuma-se registrar de 8 a 10% do total diário (em cada hora), caindo esta participação para 0,5% (entre 02 e 03 e 03 e 04 horas), 5,0% (9-10 horas), 3,0% (21-22 horas) etc.

A compreensão desta variação é importante para o planejamento de uma pesquisa rápida: pode-se observar que contagens de quinze minutos, se multiplicadas por quatro para simular o volume horário, levarão a erros consideráveis de estimativa. Naturalmente, expansões baseadas em contagens observadas de 30 ou 45 minutos produzirão erros menores.

* Para uma análise mais detalhada ver ref. bibliográficas 3, 4, 5, 6

Variação ao longo do dia: é a variação mais importante para o técnico e reflete diretamente a variação nas atividades das pessoas: o fluxo de tráfego varia ao longo do dia, tendo pontos máximos acentuados ("pico") no início da manhã e no fim da tarde e mínimos à noite e de madrugada ("vales"). A figura 2 ilustra estas variações.



A compreensão destas variações é imprescindível para o planejamento da pesquisa, uma vez que é no horário "de pico" em que ela necessariamente deverá se concentrar, a fim de registrar os acontecimentos mais importantes para o técnico. Analogamente, na tentativa de expansão de contagens de algumas horas para o dia todo, a precisão da estimativa dependerá tanto do período coberto, quanto do eventual conhecimento dos fatores de expansão.

Variação semanal: o fluxo de tráfego registrado em um dia útil da semana, por exemplo, não é igual ao do outro dia útil; além disto é bem diferente do fluxo de um dia de fim de semana. A fig. 3 ilustra o fenômeno.

Normalmente, o tráfego de um dia útil gira em torno de $\pm 5\%$ da média semanal entre os dias úteis, o que mostra que não há grande diferença entre eles. Embora as características variem de cidade a cidade, existe uma tendência universal no sentido de aceitar que os fluxos de tráfego de 3.ª, 4.ª e 5.ª feira são aproximadamente iguais, enquanto o de 2.ª feira é ligeiramente inferior à média deles e o de 6.ª feira ligeiramente superior. No sábado verificam-se volumes menores que em todos estes dias, sendo o domingo o dia de menor tráfego*.

* Este trabalho trata de zonas urbanas; em vias rurais esta situação pode se inverter.

O conhecimento desta variação influi no planejamento de uma pesquisa, uma vez que os dias "úteis" são os mais representativos do tráfego urbano geral e portanto os que maior interesse têm para a pesquisa.

Varição mensal: os meses do ano não apresentam fluxos diários médios iguais. Os meses letivos têm tráfego superior aos meses de férias no caso de São Paulo, mas esta característica pode ser diferente no caso de uma cidade turística por exemplo. A fig. 4 ilustra o fenômeno



No caso de São Paulo, uma pesquisa da CET* mostrou que o volume de tráfego médio do sistema viário principal é 2% inferior em Julho e 6% inferior em Janeiro, se comparado a um mês "normal" (no caso, Outubro), embora haja peculiaridades a observar antes de expandir estes resultados.

Varição anual: como reflexo das mudanças na economia do país, o fluxo de tráfego normalmente se altera de ano a ano. Este efeito faz com que seja necessário um cuidado especial na utilização de dados muito antigos, uma vez que podem levar a um dimensionamento errado do problema.

5.3. METODOLOGIA

Cada um destes métodos tem seus procedimentos básicos e envolve considerações acerca da amostra mínima necessária e da precisão dos levantamentos.

5.3.1) CONTAGENS MANUAIS: são realizadas por pesquisadores postados do lado da via, que utilizam contadores manuais presos a uma prancheta, na qual está também a folha de campo para a marcação dos dados.

Este método tem a vantagem básica de ser de fácil operação, com custos baixos e alta flexibilidade quanto à mudança de locais para a cobertura de uma área num período curto de tempo. Além disto, pode cobrir com facilidade todo um complexo de movimentos porventura existentes, separando-os completamente, e realizar o levantamento com divisão por tipo de veículo, que são dados fundamentais para o técnico (ao menos na maioria dos casos).

A sua desvantagem básica consiste em não permitir contagens prolongadas, uma vez que é econômica e operacionalmente inviável fazer revezamento de equipes, por exemplo, durante trinta dias no mesmo local.

5.3.2) CONTAGEM AUTOMÁTICA: realizada por aparelhos instalados ao lado (ou sobre) a via, que registram a passagem dos veículos. Normalmente, não precisam de intervenção humana, salvo perante as visitas periódicas de anotação de dados, manutenção e verificação de problemas.

* Relatório "Perfil do Tráfego" Dezembro/1982.

Existem vários tipos de aparelhos de contagem automática, sendo os mais comuns os eletromecânicos, que registram a passagem dos veículos através de um cabo de borracha estendido na via, perpendicularmente ao seu eixo e preso nas extremidades, sobre a calçada ou em postes de iluminação: o eixo do veículo pressiona o tubo e a variação no tubo aciona o mecanismo de registro.

A grande vantagem destes contadores é permitir pesquisas prolongadas no mesmo local, para aferição dos padrões de variação dos fluxos. Analogamente, são utilizados em programas de contagem sistemática, como no caso de projetos de medição contínua de fluxos em postos selecionados do sistema viário, com objetivo de aferir tendências anuais. Nestes casos, conforme salientado acima, não podem ser substituídos por contagens manuais.

A desvantagem deles consiste principalmente em não poder separar os movimentos quanto à sua direção nem poder (geralmente) classificar os veículos. Por este motivo, só são usados para contagens de meio-de-quadra, fornecendo o "volume bruto" que passa pela seção, sendo necessária uma correção (por contagem manual abreviada) quanto à participação dos veículos "pesados" (ônibus, caminhões).

Outras desvantagens são a sub-contagem, causada pela passagem simultânea de dois veículos em faixas paralelas e a super-contagem, causada pelos caminhões de mais de dois eixos ou pela passagem de veículos não perpendicularmente ao tubo. Existe ainda o problema das baterias que acionam os contadores automáticos, cuja vida útil leva à necessidade de troca constante.

OBS: — a) Contagem de Pedestres

Neste caso, a contagem manual só é possível para baixos volumes de pedestres e em locais em que o deslocamento deles é definido e previsível. No caso de grandes concentrações e/ou de circulação muito esparsa, a programação de contagens manuais é praticamente impossível e o método utilizado passa a ser a filmagem ou a fotografia que, embora registrem todos os dados, requerem muito trabalho de tabulação (recuperação) destes dados.

b) Contagem Abreviada

Um método para contagem abreviada foi idealizado pelos eng.ºs Pedro Alvaro Szasz e Arnaldo Luis Santos Pereira*, e é transcrito a seguir:

Regras Básicas

1. As presentes regras dizem respeito a resultados com grau de confiança de 95%, isto é, a probabilidade de que os erros indicados na tabela 1 sejam reais é de 5%.
2. As contagens poderão ser efetuadas mentalmente ou com auxílio de aparelhos contadores de unidades.
3. Os limites mínimos de contagem são estabelecidos por dois parâmetros:

Duração — nenhuma contagem deverá ser inferior a 6 minutos (T_{min})

Número de Veículos Contados — os valores mínimos de veículos contados são relacionados aos respectivos erros previstos, conforme indicado na tabela 1.

Observação: para que o resultado se enquadre nos limites indicados, todas as condições devem ser satisfeitas simultaneamente.

* Nota Técnica CET n.º 66 — 23-01-81.

TABELA 1 — NÚMERO MÍNIMO DE VEÍCULOS CONTADOS E RESPECTIVOS ERROS APLICAÇÕES SEGUNDO ERROS ADMISSÍVEIS

| NÚMERO MÍNIMO VEÍCULOS CONTADOS | ERRO ADMISSÍVEL | APLICAÇÕES |
|---------------------------------|-----------------|---|
| 50 | 30% | <ul style="list-style-type: none"> ● simples estimativa da ordem de grandeza de volumes |
| 100 | 20% | <ul style="list-style-type: none"> ● determinação de pré-requisitos para escolha de dispositivo de controle em cruzamentos ● determinação volume ônibus |
| 400 | 10% | <ul style="list-style-type: none"> ● remanejamento de circulação ● análise primária de capacidade ● determinação de necessidade de proibição de estacionamento |

4. Em caso de cruzamentos com diversos movimentos, os requisitos da tabela 1 somente devem ser obedecidos para o movimento mais intenso. Para os demais movimentos, basta a contagem com a mesma duração do movimento principal.

5. Para transformação em volume horário, basta a multiplicação pelo fator expansão:

$$F_e = \frac{60 \text{ min}}{T_c} \quad \text{onde } T_{\text{cont}} = \text{tempo contado (minutos).}$$

5.4 PLANEJAMENTO

Local: há dois locais básicos para a realização de contagens; as interseções e os trechos entre interseções. As contagens em interseções visam obter, além da quantidade, a direção dos movimentos, para efeito de dimensionamento de sinalização (canalizações, semáforos).

As contagens entre interseções visam mais a quantidade de veículos, para efeito de análise do carregamento da via estudada.

A localização de uma contagem de interseção é determinada pelo interesse do técnico. No caso de um estudo individualizado a localização é evidente, mas no caso de um estudo de "área", é necessário escolher os locais. Nesta situação, deve-se procurar realizar contagens nos locais mais representativos da área, geralmente os cruzamentos de suas principais vias.

Nos casos de contagem entre interseções, a localização deve ser bem estudada, no sentido da seção ser representativa do fluxo da via analisada. Como este varia de trecho a trecho, é recomendável que se divida a via em trechos homogêneos quanto ao fluxo, fazendo então uma contagem em cada uma delas.

No caso de contagens em várias interseções, surge a necessidade de economizar recursos humanos e materiais. Embora cada uma das interseções possa ser pesquisada dentro dos parâmetros do item anterior, e pelos períodos completos estipulados para a pesquisa, isto torna-se freqüentemente inviável dado o alto dispêndio de recursos que acarreta. Utilizando-se então dos conhecimentos a respeito das flutuações de fluxos (item 2), o técnico pode planejar uma contagem em área, de modo a minimizar os recursos.

Supondo que é necessário pesquisar 12 interseções da área em anexo (fig. 5), durante 10 horas de um dia útil, vemos que é possível, em função dos padrões de flutuação, propor um esquema

Esta expansão sempre incorrerá em algum erro, pois jamais refletirá com exatidão os valores reais do posto, que seriam obtidos se ele fosse observado pelo período completo. A prática tem mostrado, no entanto, que este erro está dentro de limites aceitáveis na maioria dos casos e que a economia de recursos é plenamente justificada. Naturalmente, as dimensões do erro, e a decisão dos seus limites de aceitabilidade, serão sempre função da precisão da pesquisa e dos critérios do técnico.

Observando então a **figura 5**, vemos que as contagens dos postos secundários podem ser expandidas através dos dados do posto chave, pesquisado no período completo.

Sendo:

Vt posto-chave = volume total no posto-chave (conhecido)

Vt posto secundário = volume total no posto secundário (desconhecido)

Vp posto-chave = volume parcial no posto-chave (conhecido, fracionado segundo qualquer período não inferior a uma hora)

Vp posto secundário = volume parcial no posto secundário (conhecido, fracionado segundo qualquer período não inferior a uma hora)

temos que:

$$\frac{Vt_{pch}}{Vt_{ps}} = \frac{Vp_{pch}}{Vp_{ps}} \quad \text{onde} \quad Vt_{ps} = Vt_{pch} \times \frac{Vp_{ps}}{Vp_{pch}}$$

incógnita "constante de expansão"

Recomenda-se que o volume parcial adotado em expansões não seja inferior a uma hora, uma vez que (ver item 2) a flutuação de 15 em 15 minutos, ou de 30 em 30 minutos é normalmente bastante acentuada.

Analogamente à expansão dentro de um dia, são válidas as expansões ao longo da semana, por qualquer período desejado. O sucesso destas expansões estará sempre no conhecimento dos padrões de flutuação de volumes e seu aproveitamento para o planejamento das contagens. No mesmo caso citado, por exemplo, um dos postos-chave poderia ser contado de 2.ª a 6.ª feira, sempre período completo, servindo seus dados para a posterior expansão dos outros postos. Analogamente, no caso de se desejar obter valores representativos de várias situações ao longo do ano, o mesmo procedimento poderia ser adotado.

Horário: os horários mais comuns neste tipo de pesquisa são aqueles em que ocorrem os maiores fluxos, chamados "horas de pico", pois é nestes momentos que a via está sob solicitação máxima. A pesquisa deve abranger no mínimo estes horários, tomando-se o cuidado de colher dados num período suficiente para visualizar a ocorrência do pico. Normalmente, sabendo-se de antemão (por experiência) o horário aproximado do pico, a contagem de 2 a 3 horas no seu entorno é suficiente para caracterizar e conhecer o volume de pico. Esta pesquisa deve ser realizada nos períodos da manhã e da tarde obtendo-se os chamados "pico da manhã" e "pico da tarde". Havendo interesse (e recursos) pode-se obter fluxos característicos de outros horários (pico do almoço, por exemplo, se existir, ou períodos fora de pico) ou mesmo do dia todo.

Data: os dias úteis são os mais representativos do tráfego da cidade e devem ter prioridade na pesquisa.

Amostra: deve ser dimensionada de acordo com o exposto no capítulo 15 "Anexo Estatístico". No entanto, algumas considerações são importantes.

Para medir a utilização média de uma via, o melhor índice é o "volume diário médio (VDM)"; para análise de capacidade, no entanto, é necessário saber quais são os "picos" de fluxo e sua relação com a capacidade da via.

No caso do volume diário médio, sua estimativa a partir de contagens rápidas sempre incorrerá em erro. A questão é saber qual é o erro e o que se admite como "tolerável". A tabela 2 fornece uma guia para o planejamento da pesquisa.

TABELA 2: QUALIDADE E USO DE ESTIMATIVAS DE CONTAGEM

| CATEGORIA DA ESTIMATIVA | ERRO COM PROBABILIDADE DE 10% DE SER EXCEDIDO | INTERPRETAÇÃO DA ESTIMATIVA |
|-------------------------|---|---|
| A | até 5% | excelente |
| B | de 5% a 10% | satisfatória para todas as necessidades normais |
| C | de 10% a 25% | suficiente com estimativa grosseira |
| D | de 25% a 50% | insatisfatória |
| E | mais de 50% | inútil |

FONTE: Ref. bibliográfica 2

No caso de estudos de capacidade, devem ser obtidos os volumes de pico que caracterizam o local. A amostra mínima desejável é portanto, a que representa o fluxo de um dia útil, no pico da manhã e da tarde, obtida por contagens de 2 a 3 horas em cada um dos períodos. Esta amostragem é normalmente suficiente pois o fluxo médio não varia muito de dia para dia (ver "características dos fluxos"). Uma maior precisão pode ser obtida no caso de realizar contagens em vários dias úteis, extraíndo-se o valor médio por período.

Ficha de Campo: os dados básicos da ficha de campo são a hora e o volume a cada período de tempo especificado (fig. 6), normalmente de 15 em 15 minutos para fluxo interrompido e de 5 em 5 minutos para fluxo contínuo.

Mapas: para contagens em interseção, é necessário um mapa com a localização do ponto e um croquis do local, em que aparecem todos os movimentos a serem contados. Para contagens em área, é necessário também um mapa geral, com a localização e o tipo (contagem abreviada de grande duração, etc.).

Recursos Humanos e Materiais

a) Contagens Manuais

Os recursos humanos e materiais necessários à execução da pesquisa são basicamente uma função dos movimentos a serem pesquisados e suas características: número, período de ocorrência, direção, magnitude dos fluxos que representam etc.

Por outro lado, são função do tipo de contagem desejado (classificada ou não) e do período de realização da mesma.

O número de movimentos interfere diretamente no dimensionamento mas nunca pode ser considerado isoladamente, uma vez que suas características citadas, a saber, direção, período de ocorrência e magnitude dos fluxos, também são futuras determinantes.

FIGURA 6 CONTAGEM CLASSIFICADA DE VEÍCULOS



PONTO Nº

| | | |
|--|--|--|
| | | |
|--|--|--|

LOCAL _____

| VEÍCULO HORA | AUTO | TAXI | ÔNIBUS | CAMINHÃO | TOTAL | | VEÍCULO HORA | AUTO | TAXI | ÔNIBUS | CAMINHÃO | TOTAL | |
|--------------|------|------|--------|----------|-------|--------|--------------|------|------|--------|----------|-------|--------|
| | | | | | ACUM. | DIÁRIO | | | | | | ACUM. | DIÁRIO |
| 6 H 15 | | | | | | | 16 H 15 | | | | | | |
| 6 H 30 | | | | | | | 16 H 30 | | | | | | |
| 6 H 45 | | | | | | | 16 H 45 | | | | | | |
| 7 H 00 | | | | | | | 17 H 00 | | | | | | |
| 7 H 15 | | | | | | | 17 H 15 | | | | | | |
| 7 H 30 | | | | | | | 17 H 30 | | | | | | |
| 7 H 45 | | | | | | | 17 H 45 | | | | | | |
| 8 H 00 | | | | | | | 18 H 00 | | | | | | |
| 8 H 15 | | | | | | | 18 H 15 | | | | | | |
| 8 H 30 | | | | | | | 18 H 30 | | | | | | |
| 8 H 45 | | | | | | | 18 H 45 | | | | | | |
| 9 H 00 | | | | | | | 19 H 00 | | | | | | |
| 9 H 15 | | | | | | | 19 H 15 | | | | | | |
| 9 H 30 | | | | | | | 19 H 30 | | | | | | |
| 9 H 45 | | | | | | | 19 H 45 | | | | | | |
| 10 H 00 | | | | | | | 20 H 00 | | | | | | |

CROQUIS

TEMPO BOM GARÇA CHUVA

OBSERVAÇÃO _____

PESQ. _____ DATA ____/____/____
SUP. _____ DIA _____

A direção dos movimentos interfere na capacidade de observação no sentido do pesquisador ser ou não capaz de visualizá-los corretamente, e de anotar os valores observados. É mais fácil, por exemplo, acompanhar dois movimentos simultâneos de uma interseção, sendo um em frente e outro à direita e derivado daquele, do que dois movimentos de sentidos opostos.

O período de ocorrência dos movimentos interfere no dimensionamento na medida em que sejam ou não simultâneos. É mais fácil, por exemplo, observar e anotar dois movimentos não simultâneos de uma interseção semaforizada, do que dois movimentos simultâneos.

Quanto à magnitude dos fluxos que podem ser observados, depende também de largura da via em questão e do fato deles serem ou não contínuos: quanto maior a largura da via e os fluxos, e quanto mais "contínuos" eles forem, mais difícil será observá-los e anotá-los com precisão.

Finalmente, a necessidade ou não de efetuar as observações classificando os veículos por tipo, interfere também na capacidade de observação do pesquisador: é mais fácil registrar o número de veículo "bruto" do que registrá-los por tipo.

O dimensionamento da equipe, portanto, deve levar em consideração todos estes fatores, além de dois outros, relativos à capacidade física do pesquisador e à sua possibilidade de manusear pranchetas e lápis.

Em qualquer caso, o número de contadores manuais necessários à pesquisa será idêntico ao número de subclasses de veículos de cada movimento. Exemplificando, numa contagem de interseção com cinco movimentos, classificada em autos, ônibus e caminhões, serão necessários quinze contadores (5×3).

Observação: Capacidade do Pesquisador

Dada a inter-relação dos fatores, poucas são as recomendações que se pode fazer.

A primeira delas, refere-se ao tempo de trabalho de um pesquisador: o período máximo aconselhável de contagem ininterrupta para um mesmo pesquisador é de duas horas, podendo ser estendido por mais duas horas se houver descanso intermediário.

A segunda delas refere-se à magnitude dos fluxos e às dimensões da via: o número máximo aconselhável de faixas de tráfego sob as responsabilidades de um observador é três, podendo em casos excepcionais ser de quatro faixas. Quanto aos fluxos recomenda-se que o pesquisador não seja responsabilizado por fluxos de mais de 2.000 veículos por hora. Em qualquer caso, a solução final será sempre produto da análise conjunta dos fluxos e do número de faixas.

b) Contagem automática

No caso de contagem automática, precisa-se de um contador para cada sentido de tráfego pesquisado. Os recursos humanos serão dimensionados em função das necessidades de manutenção dos equipamentos instalados, bem como da frequência com que se desejar colher dados já registrados neles.

Condições de controle: a principal condição de controle refere-se à representatividade dos volumes contados: eles correspondem à demanda ou seja, aos veículos que desejam passar, ou correspondem à capacidade, isto é, aos que conseguem passar? Esta observação é imprescindível quando da execução da pesquisa (discutida mais à frente).

5.5 OPERAÇÃO

5.5.1 CONTAGENS MANUAIS

Definidas as atribuições de cada pesquisador, e de posse de todo o material necessário à execução da pesquisa, os mesmos devem colocar-se nos locais designados, de modo a ter a melhor visibilidade possível do(s) movimento(s) observado(s).

A transcrição dos dados, dos contadores para a ficha de pesquisa, precisa ser feita rigorosamente nas horas pré-determinadas (por exemplo de 15 em 15 minutos) para possibilitar a análise da flutuação da demanda.

É fundamental também a anotação de quaisquer eventos que possam influir nos resultados: sendo o objetivo desta pesquisa o levantamento dos fluxos de tráfego que desejam passar pela via (demanda), qualquer fator que dificulte ou falseie esta observação precisa ser identificado. Os casos mais comuns são as interrupções no tráfego à jusante da seção considerada, que acabam impedindo que nesta o fluxo aconteça nas suas características normais (principalmente fluidez). Estas interrupções podem ser causadas por acidentes, obras, afundamento de pista, etc., e, se não forem devidamente anotadas, farão com que o fluxo medido na seção de pesquisa seja menor do que realmente é, ou seja, ele não refletirá a demanda mas sim a capacidade da seção nas condições predominantes.

Outro caso muito comum, principalmente em grandes cidades, é o das seções/interseções congestionadas. Nestas, o fluxo que consegue passar (e que é conseqüentemente medido pelos pesquisadores) não reflete a demanda mas sim a capacidade da seção, nas condições predominantes. É necessário, portanto, que o supervisor saiba distinguir se o que ele está medindo é a demanda real ou a capacidade prática. Esta distinção muitas vezes não é fácil de fazer no campo e sempre dependerá do conhecimento técnico e da prática dos elementos envolvidos. Como critério geral, pode-se dizer que a demanda não está sendo medida quando a fila à montante da seção considerada aumenta no tempo. Sendo possível visualizar este aumento, é fácil contornar o problema, bastando recuar a seção de contagem para um ponto não atingido pela fila, no qual se medirá a demanda real*; esta visualização, no entanto, nem sempre é possível e, além do mais, a fila normalmente atinge interseções anteriores à pesquisada, impossibilitando a avaliação da extensão e propriedade dos efeitos. Num caso extremo (desde que haja recursos), pode-se "recuar" tantos pesquisadores quantas forem as entradas/saídas do "sistema" formado pela interseção analisada, medindo em cada uma delas a demanda real, para posterior avaliação no escritório.

5.2.2 CONTAGENS AUTOMÁTICAS

A operação também requer alguns cuidados extras, como:

- verificação de falhas mecânicas ou falta de energia.
- verificação de erros devido ao ajustamento do "contact Gap" (ajuste do mecanismo de pressão).

Verificação da precisão: a precisão do contador deve ser verificada através de uma contagem manual abreviada realizada no local (mínimo de 15 minutos ou 400 veículos, qualquer que seja obtido antes).

OBS.: Cuidados na instalação**/operação.

A instalação destes equipamentos na via requer alguns cuidados;

- como o contador registra eixos e não rodas, o tubo deve ser estendido perpendicularmente à trajetória dos veículos.
- deve-se posicioná-lo em seções retas de via, livre de interseções, entradas/saídas de estacionamento ou polos geradores de tráfego, locais onde há probabilidade de haver veículos estacionados ou em fila de semáforos, pontos de ônibus, etc.
- deve-se evitar locais onde possa ocorrer derrapamento.
- deve-se evitar que o tubo fique solto ou forme "laçadas" junto à guia, para não provocar tropeços para os pedestres.

* É necessário ter cuidado com as entradas/saídas intermediárias entre a seção congestionada e a não congestionada. ** Para uma explicação exaustiva, ver. ref. bibliográfica 2, cap. 2.

5.6 TABULAÇÃO E APRESENTAÇÃO DOS DADOS

5.6.1 INTRODUÇÃO

Os dados sobre fluxos de veículos são tabulados de forma a agrupá-los em períodos de tempo escolhido pelo projetista, separados por movimento e tipo de veículo.

O período mais comum é o de uma hora de duração, com o objetivo de achar o "volume da hora de pico", embora se possa utilizar qualquer período desejado; em qualquer caso, o interesse do técnico é que define a questão.

5.6.2 TRATAMENTO INICIAL: DESACUMULAÇÃO E HORAS DE PICO

Como a ficha de campo vem com os dados em ordem crescente de tempo e com valores acumulados, é necessário em primeiro lugar desacumulá-los. Esta desacumulação é feita para cada movimento, de forma a encontrar os volumes para cada "intervalo de tempo" utilizado, como por exemplo de 15 em 15 minutos. A figura 7 mostra uma ficha de pesquisa de um movimento pesquisado dentro de uma interseção, nos horários 7h00 às 9h00 e 17h00 às 19h00, com passo de 15 minutos.

FIG. 7 — FICHA DE CAMPO PREENCHIDA

CET

CONTAGEM CLASSIFICADA DE VEÍCULOS

LOCAL: R. ANTONIO MASLIENSE x
R. PIRES DE OLIVEIRA

PONTO Nº C 2

| VEÍCULO HORA | AUTO | TAXI | ÔNIBUS | CAMINHÃO | TOTAL | VEÍCULO HORA | AUTO | TAXI | ÔNIBUS | CAMINHÃO | TOTAL |
|-----------------|------|------|--------|----------|-------|-----------------|------|------|--------|----------|-------|
| 6 H 15 | | | | | A B | 6 H 15 | | | | | |
| 6 H 30 | | | | | | 6 H 30 | | | | | |
| 6 H 45 | | | | | | 6 H 45 | | | | | |
| 7 H 00 | | | | | | 7 H 00 | | | | | |
| 7 H 15 | 79 | | * 3 | 1 | 83 | 7 H 15 | 79 | | 3 | 1 | 87 |
| 7 H 30 | 168 | | 6 | 2 | 176 | 7 H 30 | 183 | | 5 | 5 | 193 |
| 7 H 45 | 274 | | 9 | 5 | 288 | 7 H 45 | 269 | | 9 | 7 | 285 |
| 8 H 00 | 392 | | 14 | 2 | 415 | 8 H 00 | 268 | | 11 | 11 | 290 |
| 8 H 15 | 500 | | 13 | 10 | 523 | 8 H 15 | 459 | | 14 | 12 | 485 |
| 8 H 30 | 600 | | 17 | 12 | 631 | 8 H 30 | 530 | | 16 | 13 | 559 |
| 8 H 45 | 701 | | 23 | 13 | 747 | 8 H 45 | 607 | | 17 | 17 | 641 |
| 9 H 00 | 795 | | 28 | 19 | 842 | 9 H 00 | 696 | | 21 | 15 | 732 |
| 9 H 15 | | | | | | 9 H 15 | | | | | |
| 9 H 30 | | | | | | 9 H 30 | | | | | |
| 9 H 45 | | | | | | 9 H 45 | | | | | |
| 10 H 00 | | | | | | 10 H 00 | | | | | |

OBSERVAÇÕES:

TEMPO / PERÍODO

COM

SUBLADO

LARGA

TRUSS

REQUISITADOR: Antonio Galvão

SUPERVISOR: Alcides

DATA: 19/2/81

Conforme se vê, os volumes estão separados por tipo de veículos e são apresentados de forma acumulada.

Sendo o passo de 15 minutos, procede-se inicialmente à desacumulação dos volumes, para determinar, a cada 15 minutos, qual foi o volume registrado. As colunas A e B da figura 7 mostram valores finais (acumulados em A — Total de veículos — e desacumulados em B).

De posse destes valores, é necessário reagrupá-los em períodos corridos de uma hora, a fim de localizar a hora de pico do movimento. Para tanto, somar os valores brutos de todos os tipos de veículos dentro dos mesmos 15 minutos (achando volume bruto deste mini-período), adicionando depois 4 passos consecutivos, para totalizar uma hora corrida. Assim, no caso estudado, obtém-se volume bruto da hora entre 7h00 e 8h00 e assim por diante, até a hora de 8h00 às 9h00. No caso, tem-se 5 períodos de uma hora corrida cada, sendo a hora de pico aquele que apresentar maior volume bruto total (no caso da manhã, o horário 7h30 — 8h30). Se estiver sendo usado algum fator de equivalência para veículos pesados (caminhões, ônibus), convém incluí-los deste o início na cálculo, achando o "volume equivalente de pico".

Esta hora de pico é relativa ao movimento analisado nesta ficha de pesquisa, mas não significa que esta é a hora de pico da interseção como um todo. Para achá-la, é necessário somar os volumes brutos de todos os movimentos, dentro de cada um dos doze períodos (no caso) de uma hora existentes.

Finalizando, é preciso verificar, para cada movimento separadamente, qual o volume que ele apresenta na hora de pico da interseção (normalmente diferente do volume da sua hora de pico).

Desta forma, o produto final da contagem é:

- a) hora(s) de pico da interseção no(s) período(s) considerado(s) e volumes de cada movimento nesta(s) hora(s).
- b) hora(s) de pico de cada movimento(s) e seu(s) respectivo(s) volume(s).

A figura 8 mostra uma folha de tabulação com os resultados finais (pico da manhã somente).

5.6.3 TRATAMENTO FINAL — APRESENTAÇÃO

Os dados sobre fluxos podem ser expostos das mais variadas formas, dependendo do interesse do técnico e do objetivo do trabalho.

A forma mais simples, no caso de um cruzamento isolado, é montar um fluxograma da interseção (fig. 9).

Conforme se pode observar, neste fluxograma estão todos os dados referentes à hora de pico da interseção, dentro de um período; pode-se fazer também um fluxograma com os volumes de pico de cada movimento, dentro da sua hora de pico.

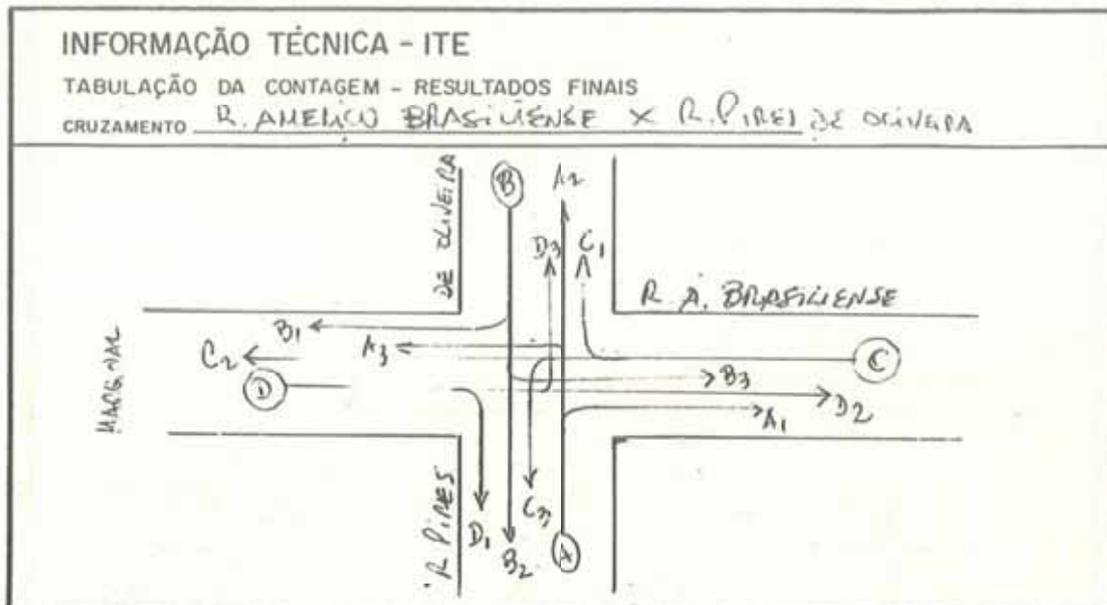
No caso de contagens em áreas ou corredores, pode-se montar fluxogramas mais extensos, que mostrem uma única folha os principais fluxos verificados. Neste caso, por uma questão de clareza nas informações, não é possível normalmente fornecer os dados separadamente por tipo de veículo, o que era possível no caso do cruzamento isolado.

Outra forma também útil de apresentar dados e propiciar análise, é montar gráficos que mostrem os volumes de um movimento ou seção por determinados períodos de tempo.

Um dos casos mais comuns é o de mostrar os volumes de 15 em 15 minutos, a fim de analisar a flutuação da demanda.

Para contagens mais longas, pode-se agrupar os dados em outras bases de tempo, como por exemplo, de hora em hora ou dia a dia.

FIG. 8 - FICHA DE TABULAÇÃO (RESULTADOS FINAIS)



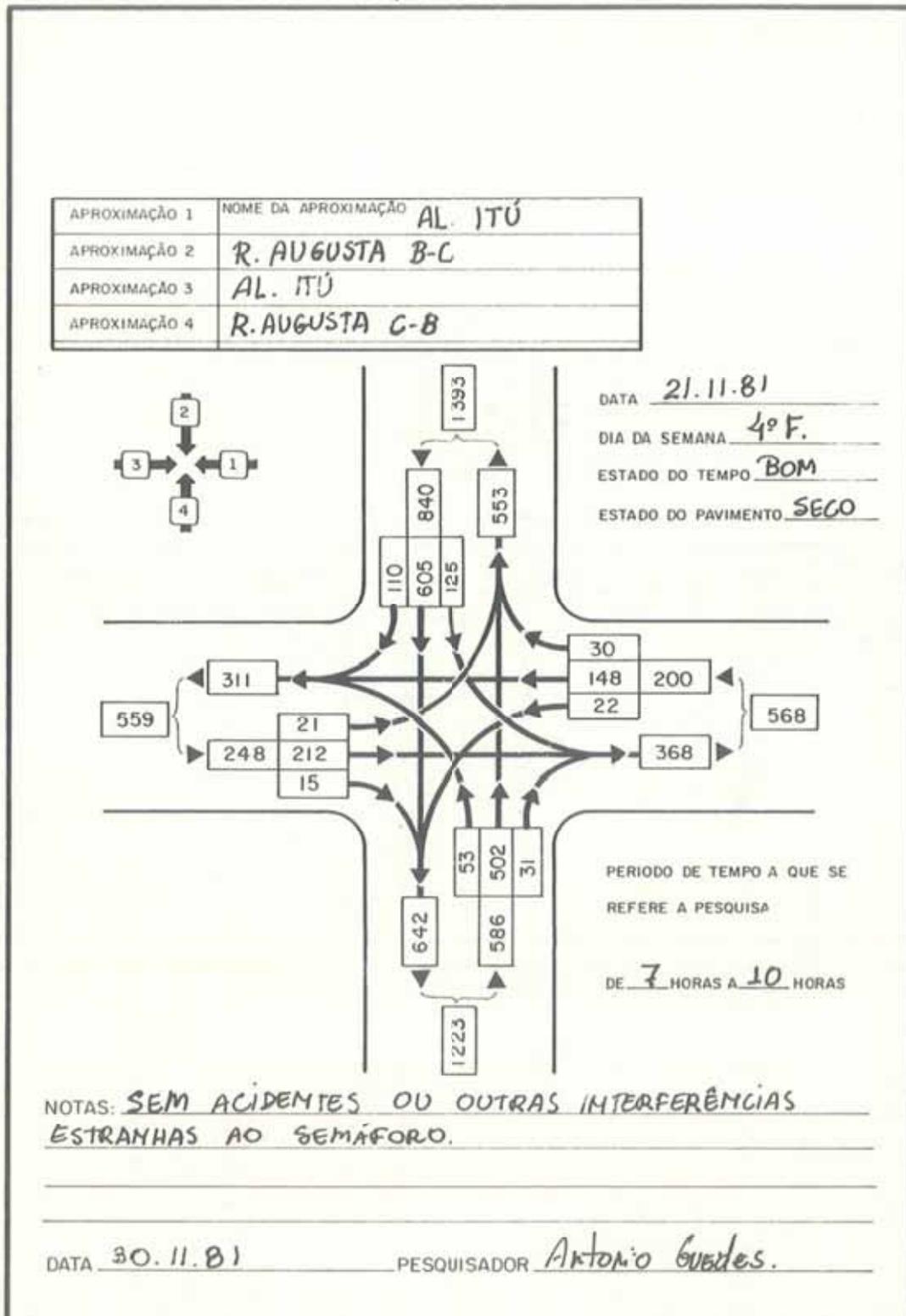
| CRUZAMENTO MOVIMENTO | VOLUMES NA HORA DE PICO DA INTERSECÇÃO | | | | | | |
|----------------------|--|--------|----------|---------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
| | AUTOMÓVEL | ÔNIBUS | CAMINHÃO | TOTAL SIMPLES | HORA PICO INTERSECÇÃO | TOTAL EQUIV. | HORA PICO EQUIVALENTE |
| A1 | 09 | 0 | 0 | 09 | 7:30-8:30 | | |
| A2 | 26 | 0 | 0 | 26 | " | | |
| A3 | 14 | 0 | 0 | 14 | " | | |
| B1 | 08 | 0 | 0 | 08 | " | | |
| B2 | 18 | 0 | 0 | 18 | " | | |
| B3 | 07 | 0 | 0 | 07 | " | | |
| C1 | 20 | 0 | 0 | 20 | " | | |
| C2 | 492 | 13 | 10 | 515 | " | | |
| C3 | 09 | 0 | 0 | 09 | " | | |
| D1 | 08 | 0 | 0 | 08 | " | | |
| D2 | 270 | 19 | 09 | 298 | " | | |
| D3 | 08 | 0 | 0 | 08 | " | | |

| MOVIMENTO | VOLUMES NA HORA DE PICO DOS MOVIMENTOS | | | | | |
|-----------|--|--------|----------|---------------|---------------------|--------------|
| | AUTOMÓVEL | ÔNIBUS | CAMINHÃO | TOTAL SIMPLES | HORA PICO MOVIMENTO | TOTAL EQUIV. |
| A1 | 10 | 0 | 0 | 10 | 8:00 - 9:00 | |
| A2 | 26 | 1 | 0 | 27 | 7:15 - 8:15 | |
| A3 | 16 | 0 | 0 | 16 | " | |
| B1 | 08 | 0 | 0 | 08 | 7:30 - 8:30 | |
| B2 | 19 | 0 | 0 | 19 | 7:45 - 8:45 | |
| B3 | 08 | 0 | 0 | 08 | 7:00 - 8:00 | |
| C1 | 21 | 0 | 0 | 21 | 7:45 - 8:45 | |
| C2 | 492 | 13 | 10 | 515 | 7:30 - 8:30 | |
| C3 | 11 | 0 | 0 | 11 | 7:15 - 8:15 | |
| D1 | 09 | 0 | 0 | 09 | " | |
| D2 | 270 | 19 | 0 | 298 | 7:30 - 8:30 | |
| D3 | 09 | 0 | 0 | 09 | 7:00 - 8:00 | |

DATA DA PESQUISA 17.12.81
 DATA DA TABULAÇÃO 20.2.81

TABULADOR TONILK
 COORDENADOR OSV. JE

FIG. 9 - FLUXOGRAMA DE INTERSECÇÃO



FONTE: Ref.1

6.1 OBJETIVO DA PESQUISA

O objetivo da pesquisa de velocidade pontual é o de determinar a qual velocidade os veículos passam por um determinado ponto ou seção da via; é portanto, uma medida de "velocidade instantânea". Este tipo de velocidade é fundamental na engenharia de tráfego para a análise das condições de segurança na circulação, pois reflete o desejo dos motoristas, no sentido de imprimirem ao veículo a velocidade que julgam adequada para as condições geométricas, ambientais e de tráfego existentes no local.

Esta característica é importante para distinguir o estudo da velocidade pontual dos estudos de "velocidade média global"*, que estão ligados aos tempos de percurso ao longo de um trecho de via, e, portanto, dizem respeito ao atraso e/ou fluidez do tráfego em geral.

O estudo das velocidades pontuais dos veículos num ponto ou seção da via leva, portanto, à procura da "média" correspondente à situação, que é chamada "velocidade média no tempo", igual à média aritmética simples das velocidades pontuais de cada veículo observado; leva, também, à tentativa de caracterização completa do fenômeno, através da construção de gráficos ilustrativos e de cálculo de parâmetros estatísticos.

UTILIDADE DA PESQUISA DE VELOCIDADE PONTUAL

O estudo da velocidade pontual está sempre ligado aos aspectos de segurança do tráfego, direta ou indiretamente. Dentre os tipos de estudo mais comuns estão:

- a) Estudo de locais "críticos" (alvo de reclamação da população) ou de altos índices de acidentes, para comparar as velocidades reais com as "ideais" (em termos de segurança) e tentar relacioná-los com os acidentes.
- b) Determinação da velocidade de segurança nas aproximações de intersecções e nas curvas.
- c) Determinação de elementos para o projeto geométrico de vias, como curvaturas, super-elevação, etc.
- d) Estudo da efetividade de projetos de tráfego ou da implantação de dispositivos de sinalização (estudos "antes/depois").
- e) Determinação de locais de ocorrência de velocidade excessiva, para fins de implantação de fiscalização seletiva.

* Ver discussão detalhada no capítulo 7 "Velocidade e Retardamento".

- f) Verificação de tendências nas velocidades de vários tipos de veículos através de levantamentos periódicos em locais selecionados.
- g) Dimensionamento dos dispositivos de sinalização (altura de letras, setas, etc.) e escolha do seu posicionamento.
- h) Cálculo do tempo de limpeza (amarelo) dos semáforos.
- i) Determinação da distância de visibilidade e das zonas de "não ultrapassagem".

Definições

Velocidade Pontual = velocidade do veículo no instante em que ele passa por um ponto determinado da via.

Velocidade Média no Tempo (velocidade pontual média) = média aritmética das velocidades pontuais dos veículos numa seção considerada.

Velocidade Média no Espaço (velocidade média global) = velocidade correspondente ao tempo médio de percurso ao longo de um trecho, ou seja, é igual à distância dividida pelo tempo médio.

6.2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA VELOCIDADE PONTUAL

Muitos são os fatores que interferem na velocidade pontual dos veículos, e qualquer estudo detalhado do perfil destas velocidades poderia facilmente incorporar 10 a 20 fatores.

No entanto, alguns destes fatores são muito mais relevantes para o resultado do que os outros e a pesquisa poderá limitar-se a eles sem prejuízo de sua validade. Em termos genéricos, são cinco os fatores principais, cada um deles com várias sub-divisões (ref. bibliog. 3).

- o motorista: características pessoais (sexo, idade, coordenação motora, personalidade), condições gerais da viagem (comprimento, número de passageiros que transporta), etc.
- o veículo: peso, potência, idade, etc.
- a via: localização na área urbana, uso do solo lindeiro, topografia local, grau de curvatura, largura, distância de visibilidade, etc.
- o tráfego: volume, densidade, existência de mão de tráfego oposto, entradas/saídas laterais, sinalização (semáforos, regulamentação velocidade máxima, faixa dupla amarela), etc.
- o ambiente: condições do tempo, hora do dia, dia da semana, etc.

6.3. METODOLOGIA

6.3.1 INTRODUÇÃO

Sendo o objetivo desta pesquisa conhecer a velocidade instantânea de cada veículo, torna-se evidente que o radar (ou qualquer instrumento semelhante) é o dispositivo mais adequado para o levantamento. No entanto, devido ao seu alto custo e à relativa dificuldade de transporte e operação, foram criados outros métodos mais simples e baratos, descritos neste item.

De maneira geral, os métodos de obtenção da velocidade pontual podem ser classificados em dois tipos básicos, "de base curta" e "de base longa". O termo "base" tem sentido de "distância, comprimento", e refere-se ao trecho ao longo do qual se observa o veículo e se obtém os tempos de "entrada e saída" da seção, que levarão à determinação da velocidade pontual.

O método das bases curtas precisa de instrumentos de alta precisão, que capturem a passagem do veículo pelo trecho escolhido, enquanto que o de bases longas pode ser usado, por exemplo, com cronômetros.

^{*} Para uma análise mais detalhada, ver ref. bibliog. 1, 2, 3.

6.3.2 MÉTODO DAS BASES LONGAS

Consiste na medição do tempo que um veículo demora para transpor um trecho determinado, geralmente de 30 a 100 metros de comprimento.

O dispositivo mais utilizado é o cronômetro, pois é o de operação e transporte mais simples. Um pesquisador bem treinado pode fazer sozinho cerca de 150 observações em uma hora e, acompanhado de outro para fazer as anotações, cerca de 250 observações. Em ambos os casos, as amostras obtidas são normalmente suficientes para a obtenção de medidas de alta precisão, o que demonstra a utilidade deste dispositivo.

A sua desvantagem principal consiste no erro derivado da decisão do pesquisador acerca dos instantes de passagem do veículo pelos extremos do trecho (efeito de "paralaxe"). Mesmo que ele se posicione junto a um dos extremos, deverá "estimar" o instante de passagem do veículo pelo outro extremo, e então acionar o cronômetro, o que introduz o erro.

Por outro lado, se ele procura um posicionamento intermediário com relação ao trecho, deverá fazer duas "estimativas" e poderá introduzir também outro tipo de "desvio", ao entrar no campo visual dos motoristas e alterar seu comportamento.

Outra desvantagem do uso do cronômetro consiste na variação do comportamento de pesquisadores diferentes, o que faz com que uma pesquisa levada a efeito por vários dias no mesmo local, possa produzir resultados diferentes em função das diferenças nos tempos de reação dos mesmos.

Um dispositivo que elimina o efeito de paralaxe é o enoscópio. O enoscópio é uma caixa em forma de "L", aberta nas duas extremidades, e que contém um espelho fixado a 45° com relação aos eixos dos "braços" do "L".

Colocado na calçada, em frente ao extremo (ou extremos) do trecho considerado, reflete instantaneamente a passagem de um veículo, permitindo ao pesquisador bem posicionado a observação do momento exato desta passagem.

Se apenas um enoscópio é utilizado, o pesquisador deve posicionar-se no outro extremo do trecho do qual poderá ler a imagem do enoscópio e observar também com precisão a passagem do veículo pela sua frente. Se forem utilizados dois enoscópios, o pesquisador deverá posicionar-se entre eles.

Embora elimine o efeito de "paralaxe", o enoscópio não evita o erro derivado do tempo de reação do pesquisador para acionar o cronômetro. Por outro lado, tem a desvantagem de não poder ser utilizado em vias de trânsito intenso, uma vez que a superposição (ou ocorrência quase simultânea) de imagens no enoscópio confunde o pesquisador. Por último, é difícil de ser escondido dos motoristas, o que pode alterar o comportamento destes.

6.3.3 MÉTODOS DAS BASES CURTAS

Estes métodos medem o tempo do percurso do veículo em trechos muito curtos, necessitando portanto de aparelhos de alta precisão. A extensão do trecho, normalmente em torno de dois metros, diminui a probabilidade de erro motivada por ultrapassagem de veículos entre as extremidades do mesmo: o veículo que em primeiro lugar for acusado no extremo inicial será provavelmente aquele que passará primeiro pelo extremo final.

Estes aparelhos, de várias procedências e patentes, podem fornecer os resultados na forma de tempo de percurso ou já diretamente em termos de velocidade instantânea.

6.3.4 AEROFOTOGRAMETRIA

Outra forma de obtenção de velocidades instantâneas é a aerofotogrametria.

Através da comparação de duas ou mais fotografias sucessivas (segundo intervalos de tempo conhecidos), obtém-se a velocidade instantânea de qualquer veículo plenamente identificável nas fotos, relacionando o espaço percorrido com o tempo gasto. No entanto, como este processo é caro e de operação complexa é utilizado apenas em levantamentos extensivos, em que se procura analisar várias características do tráfego de áreas ou vias extensas, como densidade, fluxo, velocidade média no espaço, quantidade de veículos estacionados etc. Assim, a velocidade instantânea só poderia sair como "produto secundário", e mesmo assim condicionada à análise de sua validade uma vez que estes estudos aerofotogramétricos são realizados normalmente em horários "de pico", o que faz com que as velocidades não sejam em geral "livres".

6.4. PLANEJAMENTO

Como a pesquisa de velocidade pontual através de cronômetros é mais fácil de operar e a que exige os menores recursos basearemos todas as discussões posteriores neste método específico.

Dado, Unidade e Precisão

O dado a ser colhido é o tempo de percurso entre dois extremos que será posteriormente transformado em velocidade. A unidade é segundo.

A precisão depende do instrumento disponível, mas recomenda-se a utilização de cronômetros com divisões de 1/5 de segundo.

Local

A pesquisa é normalmente feita em trechos entre interseções, em frente a escolas e locais geradores de pedestres, etc.

A escolha da seção de cronometragem também é fundamental. Inicialmente, ela precisa ter comprimento compatível com a precisão requerida para os dados: sendo o dado final o tempo de percurso entre os extremos do trecho, este não pode ser pequeno demais, para não ser proporcionalmente muito afetado pela imprecisão no acionamento e na leitura do cronômetro, nem grande demais, para não produzir erro excessivo devido à paralaxe. Assim, recomenda-se que o comprimento do trecho seja tal que o tempo mínimo observado seja de dois segundos, sendo o caso ideal aquele que leva a tempos médios entre 5 e 8 segundos; recomenda-se também que o trecho nunca seja superior a 80 metros.

O comprimento do trecho pode ser tal que produza uma constante de conversão dos segundos em km/h, para facilitar os cálculos. A tabela 1 fornece as indicações:

TABELA 1 — FATORES DE CONVERSÃO

| VELOCIDADE MÉDIA DO TRÁFEGO (km/h) | COMPRIMENTO DO TRECHO (m) | FATOR DE CONVERSÃO |
|------------------------------------|---------------------------|--------------------|
| 40 | 25 | 90 |
| 40 — 65 | 50 | 180 |
| 65 | 75 | 270 |

FONTE: Ref. bibliográfica 1

Exemplo: para trechos de 50 metros, um tempo de percurso de 5 segundos seria transformado em velocidade dividindo-se a constante pelo tempo.

$$\text{Assim, } v = \frac{180}{5} = 36 \text{ km/h}$$

Em segundo lugar, a seção deve ser cuidadosamente locada, no sentido de propiciar visibilidade ao pesquisador e de representar condições adequadas de tráfego. Este último cuidado é fundamental para evitar "interferências externas" ao comportamento que se deseja observar: uma seção localizada um pouco antes ou após um semáforo, será percorrida pelos veículos de forma diferente de outra localidade, longe deste tipo de interferência. É necessário, portanto, analisar com cuidado qual é o comportamento que se deseja observar, tentando locar a seção de modo a garantir a ocorrência deste comportamento o mais livremente possível de interferências estranhas a ele.

Horário e Data

Outro cuidado fundamental refere-se aos horários de pesquisa. Sendo o objetivo da mesma levantar as velocidades instantâneas dos veículos, é necessário que os motoristas estejam agindo livremente, ou seja, que estejam imprimindo aos seus veículos a velocidade que julgam adequada às condições geométricas, de tráfego e ambientais existentes. Esta situação é normalmente atingida nos horários fora de pico, em que os fluxos são baixos e ocorrem as velocidades "livres".

No entanto, o horário pode ser condicionado pelas preocupações do técnico, como por exemplo no caso de estudos relacionados à ocorrência de acidentes, ou mesmo em horários de pico quando a escolha dos veículos a observar deve ser mais cuidadosa.

A data da pesquisa, ou seja, o dia de sua realização também está vinculada às preocupações do técnico mas pode-se afirmar que normalmente os dias úteis da semana são os mais comuns neste tipo de levantamento, seja por motivos de caracterização dos locais seja por causa do relacionamento com acidentes.

Duração

A duração da pesquisa é muito variável, em função do interesse do técnico e da amostra desejada. Normalmente, um dia de pesquisa, em um determinado horário, é suficiente para caracterizar o local, mas esta amostra pode ser aumentada de acordo com as necessidades: pode-se obter uma média semanal de determinado horário ou a variação horária de velocidade pontual num determinado local etc.

Amostra Mínima

A determinação da amostra mínima a ser levantada depende da precisão desejada na estimativa da média e da variância dos dados (ver "Anexo Estatístico"). É necessário, portanto, conhecer de antemão esta variância, o que nem sempre é possível. Para tanto, ou é feita uma pesquisa preliminar para obter a variância ou é assumido um valor obtido através de estudos semelhantes. Para esta última finalidade, forneceremos abaixo um quadro resumo dos desvios padrão obtidos em estudo da CET no Sistema Viário de São Paulo, que podem ser considerados representativos apenas das condições locais.

QUADRO 1: Desvio padrão de velocidades pontuais Sistema Viário de São Paulo

| TIPO DE VIDA | DESVIO PADRÃO (km/h) |
|----------------|----------------------|
| Local/Coletora | 8-9 |
| Arterial | 10-11 |
| Expressa | 10-12 |

A amostra mínima será

$$N = \frac{(KS)^2}{d^2} \text{ onde}$$

N = amostra mínima

S = desvio padrão (km/h)

d = erro aceitável na estimativa da velocidade (km/h)

K = constante relativa ao nível de precisão desejado

* Relatório CET "Velocidade livre no sistema viário de São Paulo" (dezembro 1982).

O mapa do local deve mostrar os extremos a serem adotados na medição, identificados por alguma marcação reconhecível no local (n.º do poste público, n.º da residência, distância a local fixo e conhecido etc.), além de informações gerais sobre o estudo (nome, local, sentido de circulação etc. — ver fig. 2).

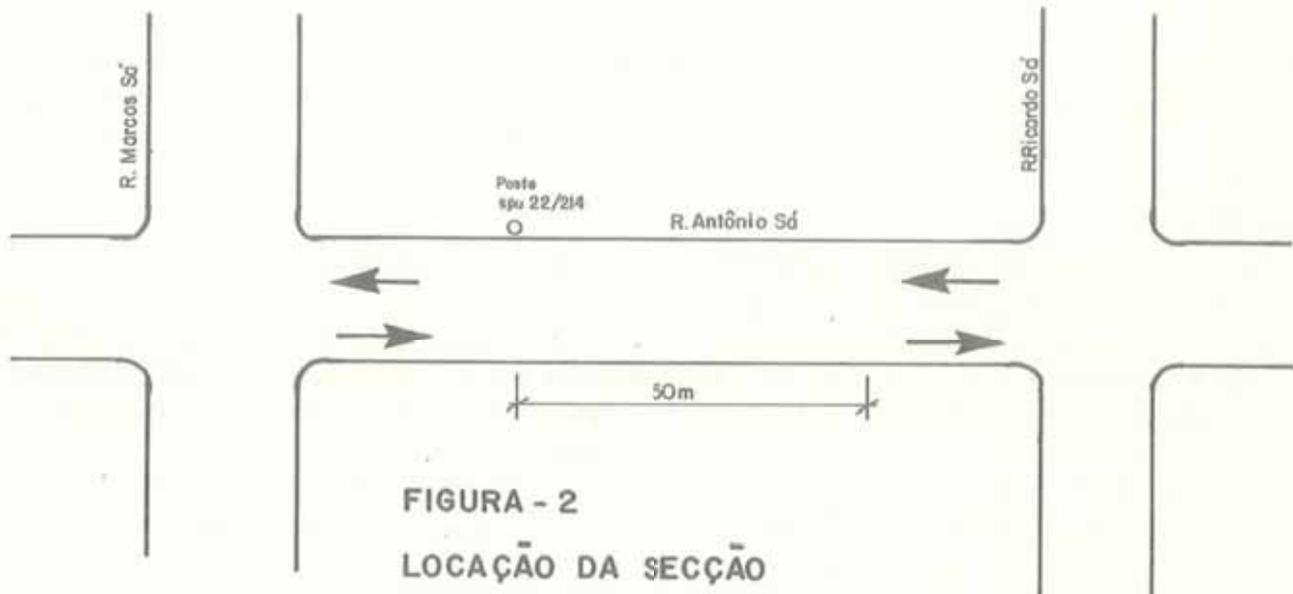


FIGURA - 2
LOCAÇÃO DA SECÇÃO
 PESQUISA DE VELOCIDADE PONTUAL
 RUA ANTÔNIO SÁ
 MARÇO - 1980

Recursos e Material

Cada trecho e sentido pesquisado, pode ser coberto por um pesquisador e um cronômetro, desde que a amostra que se deseje escolher seja compatível com sua capacidade de observação e anotação. O mesmo pesquisador pode, inclusive, cobrir também o outro sentido do trecho, num esquema de *rovezamento*, de forma a obter amostras adequadas nos dois sentidos. Conforme salientado no item anterior, um pesquisador bem treinado pode fazer, sozinho, cerca de 150 observações em uma hora e, acompanhado de outro para fazer as anotações, eleva este valor para cerca de 250 observações. Em qualquer caso, o dimensionamento de equipe estará ligado à(s) amostra(s) desejada(s), dentro da precisão requerida.

O material necessário é portanto:

- cronômetro
- ficha de campo
- prancheta
- lápis
- tinta
- trena

Atribuições e Posicionamento

No caso de vias de fluxo baixo ou médio (e sempre em função da amostra a ser colhida), cada pesquisador pode ser responsável pelas duas tarefas básicas, a saber, cronometragem e anotações. Quando o fluxo for elevado, pode-se destinar um pesquisador para cada tarefa.

Quanto ao posicionamento em campo, é necessário que o pesquisador (e os instrumentos maiores eventualmente utilizados) estejam escondidos dos motoristas que se aproximam, a fim de não lhes alterar o comportamento.

Condições de Controle

A condição básica de controle desta pesquisa refere-se ao veículo que é observado e que tem seu tempo de percurso anotado: ele precisa estar circulando "livremente", a uma velocidade condicionada principalmente pelo julgamento do seu motorista sobre as condições locais. Como condições secundárias, tem-se principalmente o tempo, que deve estar bom, salvo quando o objetivo é justamente aferir o comportamento dos motoristas sob condições desfavoráveis de tempo.

6.5 Operação

De maneira simplificada, os procedimentos de campo são os seguintes:

- Escolher a localização e o comprimento do trecho.
- Marcar suas extremidades com tinta de modo a serem bem visíveis para o pesquisador e a não chamar a atenção dos motoristas. A extremidade no qual o pesquisador se posiciona pode ter uma marcação "extra", na forma de um ponto de referência (poste, árvore) do outro lado da via, que o auxilie a identificar o momento exato da passagem do veículo.
- Posicionar-se de modo que o motorista não perceba sua presença (às vezes isto não é inteiramente possível); uma posição elevada em relação ao nível da via pode aumentar a precisão das medições mas pode tornar o pesquisador visível.
- Anotar os tempos de percurso segundo algum critério claro e definido, como por exemplo a passagem das rodas dianteiras do veículo pelos extremos do trecho.

6.6 TABULAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A tabulação e a análise dos dados de velocidade pontual deve procurar compreender as principais características do fenômeno analisado. No caso das velocidades pontuais, esta tentativa deve ser feita principalmente através dos gráficos de frequência das velocidades e dos seus parâmetros estatísticos mais significativos. A tabela 2 mostra os dados colhidos no campo disposto em classes, além dos cálculos básicos.

TABELA 2 — CÁLCULOS BÁSICOS DA AMOSTRA DE VELOCIDADES PONTUAIS.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------------------------|------------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|--------|--------------------------------|-----------|-------------|
| Intervalo de Classe (Km/h) | Ponto médio da classe (Km/h) | Frequência absoluta | Frequência relativa (%) | Frequência acumulada (%) | f_i | Desvio da média absoluta d_i | $f_i d_i$ | $f_i d_i^2$ |
| 30-39,9 | 35,0 | 3 | 1,6 | 1,6 | 165,0 | -4 | -12 | 48 |
| 40-49,9 | 45,0 | 6 | 3,2 | 4,8 | 270,0 | -3 | -18 | 54 |
| 50-59,9 | 55,0 | 24 | 12,8 | 17,6 | 1320,0 | -2 | -48 | 96 |
| 60-69,9 | 65,0 | 60 | 32,1 | 49,7 | 3900,0 | -1 | -60 | 60 |
| 70-79,9 | 75,0 | 47 | 25,2 | 74,9 | 3525,0 | 0 | 0 | 0 |
| 80-89,9 | 85,0 | 25 | 13,4 | 88,3 | 2125,0 | 1 | 25 | 25 |
| 90-99,9 | 95,0 | 12 | 6,4 | 94,7 | 1140,0 | 2 | 24 | 48 |
| 100-109,9 | 105,0 | 6 | 3,2 | 97,9 | 630,0 | 3 | 18 | 54 |
| 110-119,9 | 115,0 | 3 | 1,6 | 99,5 | 345,0 | 4 | 12 | 48 |
| 120-129,9 | 125,0 | 1 | 0,5 | 100,0 | 125,0 | 5 | 5 | 25 |
| TOTAL | | 187 | 100,0 | | 13485 | | -54 | 478 |

FONTE: Ref. 5

$$\text{Média aritmética } \bar{x} = \frac{13485}{187} = 72,1 \text{ Km/h}$$

$$\text{Desvio Padrão } S = \sqrt{\frac{478}{187} - \left(\frac{-54}{187}\right)^2} \times 10 = 15,4 \text{ Km/h}$$

$$\text{Coeficiente de variação } v = \frac{100 \times 15,4}{72,1} = 21,3\%$$

Sendo as velocidades pontuais representativas do comportamento "livre" dos motoristas, é de se esperar uma grande variação nos dados, entre velocidades baixas e altas. Esta variação pode ser visualizada de duas maneiras gráficas: pela frequência relativa e pela frequência acumulada dos dados.

O histograma de frequências relativas mostra a participação de cada classe de velocidades no total e tem a forma aproximada de uma distribuição normal ou seja, é aproximadamente simétrica com relação à média (fig. 3).

A curva de frequências acumuladas mostra a participação acumulada de cada classe subsequente das velocidades, até o máximo de 100%, tendo o formato aproximado da letra "S" (fig. 4).

Dentre as estatísticas mais comuns neste tipo de estudo estão a média, a moda, e os percentis (15, 50 "mediana" e 85), além do desvio padrão.

FIG.3 - HISTOGRAMA E CURVA DE FREQUÊNCIA DAS VELOCIDADES PONTUAIS

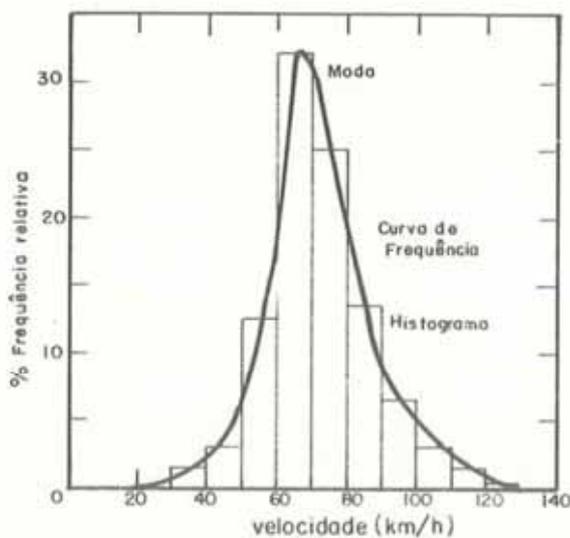
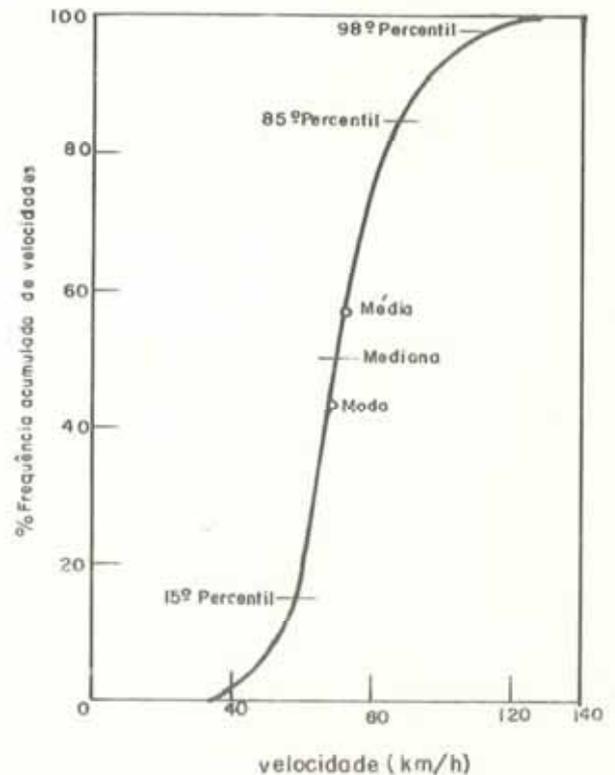


FIG.4 - CURVA DE FREQUÊNCIA ACUMULADA DAS VELOCIDADE PONTUAIS



Roteiro

- Verifique os dados de campo para analisar a necessidade de eliminar erros ou dados obtidos em condições desfavoráveis; para tanto, o informe do pesquisador é fundamental.
- Transforme os dados de tempos de percurso, em velocidades pontuais, separando-os por tipo de veículo e/ou faixa de horário, conforme objetivos da análise.
- Determine a média e o desvio padrão da amostra.
- Teste a suficiência da amostra, em função do desvio padrão, e do erro admissível.
- Separe as velocidades em classes, determinando suas frequências relativas; determine também as frequências acumuladas; construa os dois diagramas, assinalando média e percentis julgados convenientes.

7.1 OBJETIVO

A pesquisa de velocidade e retardamento, como o próprio nome diz, tem o objetivo de medir a velocidade e os retardamentos de uma corrente (geral ou específica) de tráfego ao longo de uma via, a fim de conhecer a facilidade/dificuldade da mesma para percorrê-la.

A medida da velocidade refere-se à velocidade média no espaço, igual à distância percorrida dividida pelo tempo médio gasto, e difere portanto da velocidade média no tempo, objeto da pesquisa de velocidade pontual.

A medida desta velocidade é normalmente indireta, feita através do tempo de percurso ao longo do trecho analisado, colhido por meio de amostras. Paralelamente, são anotados também os tempos perdidos, resultantes das paradas dos veículos, que fornecem os chamados retardamentos.* Pode ser realizada tanto para o tráfego geral da via quanto para veículos específicos como o ônibus.

O tratamento destes dados, em termos gráficos ou de porcentagem, permite então verificar quais são os obstáculos encontrados pelo fluxo de tráfego ao percorrer o trecho analisado.

Utilidade dos Dados

Os dados sobre velocidade/retardamento são de grande importância na engenharia de tráfego para o que se poderia chamar "análise de desempenho de uma rota". Olhando o tráfego no seu aspecto mais global, de movimentos de média ou grande extensão feitos em grande escala e normalmente em períodos concentrados, vemos que os técnicos da área precisam analisar quais são as condições do sistema viário existente para acomodar este tráfego. As análises pontuais, como as relativas à capacidade de interseções ou à segurança de determinados locais, são atendidas respectivamente por estudos de capacidade e de velocidade pontual (e outras características); faltam as análises extensivas, proporcionadas (além de outras) pelos estudos de velocidade/retardamento ao longo das vias do sistema viário.

Estas análises permitem visualizar, então, sob quais condições a massa veicular trafega ao longo da rota, quais são os locais problemáticos e que influência eles têm no total da rota analisada.

A localização e o peso destes locais permitem ao técnico estudar formas de melhorar o desempenho do tráfego, geralmente direcionadas no sentido de reduzir os retardamentos, diminuindo conseqüentemente os tempos de percurso e aumentando a velocidade média. Analogamente, o

* Existe uma noção mais ampla, de atraso, que inclui os tempos perdidos por desaceleração, etc. (ver cap. 11).

conhecimento da velocidade e dos retardamentos dos ônibus permite estudar maneiras de melhorar seu desempenho.

De maneira geral, os estudos de velocidade/retardamento são utilizados para:

- análise do desempenho de uma rota, da sua eficiência em fazer passar o tráfego; identificação de locais congestionados e seu relacionamento com características geométricas e de sinalização.
- avaliação do impacto de alterações em uma rota, através dos estudos do tipo "antes-depois".
- análise global do sistema viário, com levantamentos periódicos de velocidade/retardamento nas principais rotas, e desenvolvimento de índices gerais, como velocidade média, tempo médio de percurso por quilômetro, atraso médio etc.
- estudos de capacidade e nível de serviço das rotas, com o objetivo de estabelecer valores-padrão característicos do sistema analisado.
- levantamento dos tempos de percurso nos limites do sistema, para uso nos modelos de distribuição e atribuição de tráfego.

7.2 CARACTERÍSTICAS DO FENÔMENO

7.2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A velocidade média do tráfego ao longo de uma rota e os retardamentos por ele sofrido dependem de uma série de fatores, relativos às condições geométricas locais, aos dispositivos de sinalização existentes, às condições do tempo e às condições gerais do tráfego.

A análise da inter-relação destes fatores é complexa e encontra-se amplamente definida na literatura especializada*. A única distinção clara, e que deve ser feita de início, refere-se ao regime do fluxo analisado, se contínuo (via expressa) ou interrompido (via semaforizada).

No fluxo contínuo, não existem as interrupções externas ao tráfego (semáforos, dispositivos de controle etc.) e conseqüentemente os retardamentos serão ou inexistentes, ou proporcionalmente pequenos com relação ao tempo total de percurso, e provocados pelos atritos internos ao tráfego.

No fluxo interrompido, semáforos e outros dispositivos bloqueiam o fluxo ciclicamente, fazendo com que os retardamentos assumam proporção significativa em relação ao tempo total de percurso; no caso específico dos ônibus, os pontos de parada têm grande influência na velocidade.

7.2.2 RELACIONAMENTO GERAL DAS VARIÁVEIS PERTINENTES

As três variáveis fundamentais do tráfego são velocidade, densidade e fluxo. O seu inter-relacionamento está amplamente discutido na literatura especializada e não é objeto deste trabalho. No entanto, algumas das relações básicas entre elas precisam ser lembradas a fim de possibilitar a preparação da pesquisa de velocidade/retardamento.

Definições

Fluxo: número de veículos que passa por uma seção da via num determinado período de tempo, normalmente uma hora (veic/h).

Densidade: número de veículos por um dado comprimento de via, normalmente um quilômetro (veic/km).

Velocidade: razão entre a distância percorrida e o tempo gasto para percorrê-la (km/h); assume várias formas, de acordo com o tipo de tempo que é utilizado (em movimento, total etc.) e a base espacial sobre a qual é calculada.

* Ver especialmente ref. bibliog. 2, 3, 4, 6.

Relacionamento Geral

a) equação básica: a equação fundamental do tráfego é

$$F = D \times V \text{ onde}$$

F = fluxo (veic/h)

D = densidade (veic/km)

V = velocidade espacial (km/h)

b) expressões gráficas: a expressão gráfica do inter-relacionamento das variáveis fundamentais está mostrado nas figuras 1 e 2. Para o fluxo contínuo, o comportamento do tráfego é mais uniforme, o que permite a construção de gráficos "típicos", razoavelmente fiéis aos comportamentos empiricamente observados; no caso de fluxo interrompido, a atuação dos semáforos e de outras interrupções impossibilita a construção de gráficos "típicos", sendo os expostos abaixo apenas idealizações para efeito didático.

RELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS

FIG.1: RELAÇÕES DUAS A DUAS

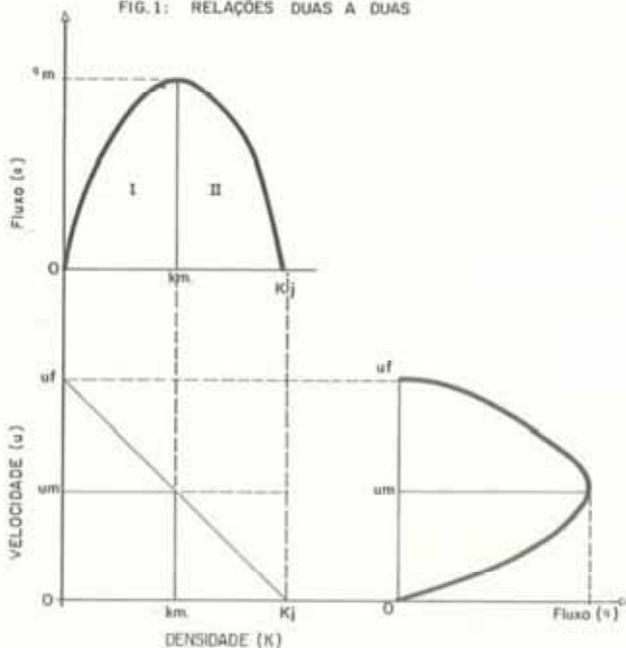
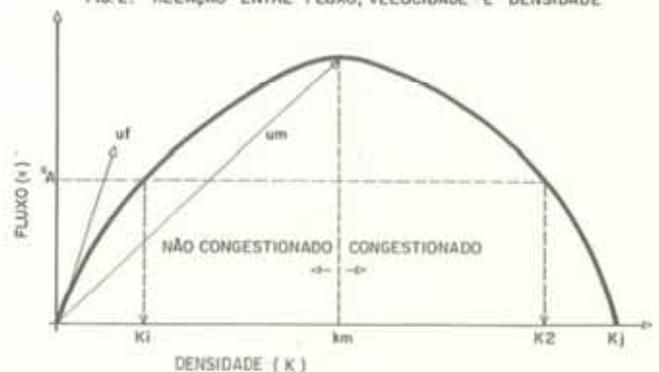


FIG.2: RELAÇÃO ENTRE FLUXO, VELOCIDADE E DENSIDADE



Dois observações são fundamentais:

- 1) Existe uma densidade, chamada "crítica" (k_m), à qual corresponde o fluxo máximo (q_m) que a via pode carregar, chamado "capacidade"; se a demanda aumentar, fazendo subir a densidade ocorre uma turbulência que faz cair o fluxo, e a velocidade média (região II do 1.º gráfico da fig. 1); a velocidade para fluxo zero é u_f ("livre") e a densidade para velocidade zero é k_j ("congestionamento").
- 2) O mesmo fluxo pode corresponder a duas densidades (ou duas velocidades) distintas. Observando-se a fig. 2, vemos que a um fluxo de q_A veic/h pode-se ter tanto a densidade de K_1 veic/km quanto a de K_2 veic/km. A diferença entre elas é a diferença entre as regiões I e II do gráfico ou seja, na primeira o fluxo e densidade são crescentes (como por exemplo de manhã cedo, antes do horário de pico), enquanto que na segunda a densidade continua a crescer mas o fluxo cai

(como por exemplo nesta mesma manhã e no mesmo local, logo após a via ter atingido sua capacidade). Este fato é importantíssimo para as pesquisas, na medida em que torna-se claro que o conhecimento de uma variável (por exemplo: fluxo) não é suficiente para formar um diagnóstico da fluidez do local: é necessário conhecer ao menos duas variáveis que são geralmente fluxo e velocidade, mais fáceis de medir em grande escala do que a densidade.

7.2.3 VARIAÇÕES AO LONGO DA ROTA

As figuras 3 e 4 mostram relações tempo de percurso x espaço, típicas dos dois tipos de fluxo analisados.

FIG.3: PERCURSO DE VEÍCULOS EM FLUXO CONTINUO.

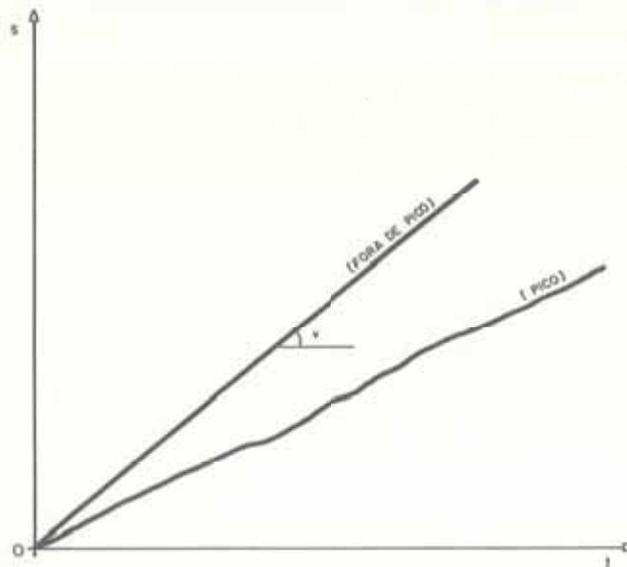
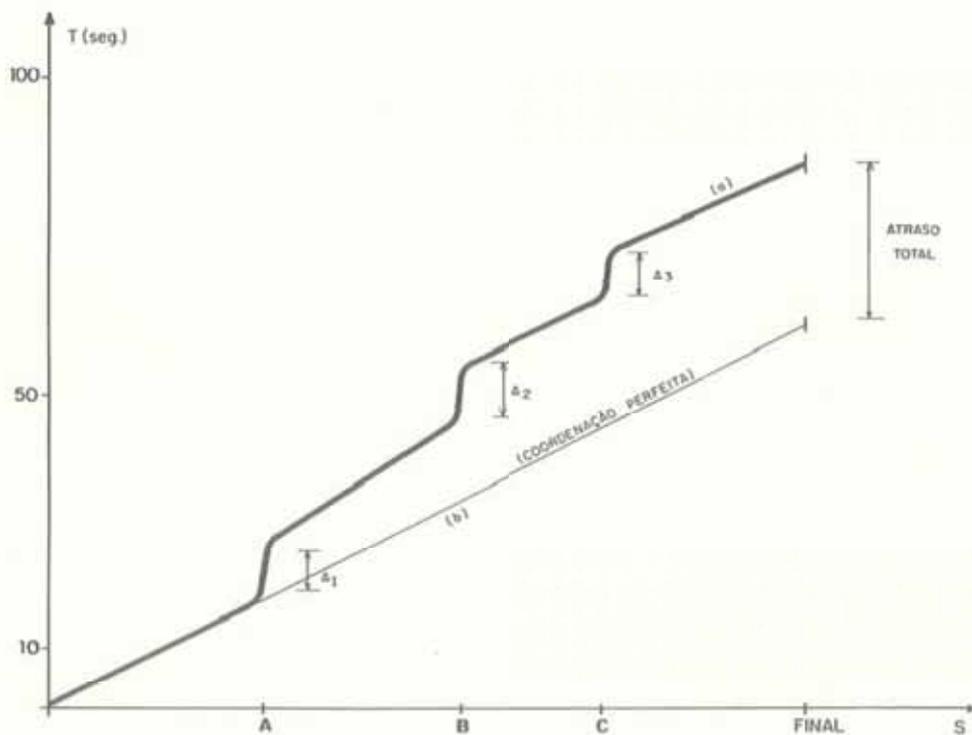


FIG.4: PERCURSO DE VEÍCULOS EM FLUXO INTERRONPIDO



Para o fluxo contínuo, a velocidade (coeficiente angular da reta) é praticamente constante ao longo da via (horário fora de pico), sofrendo algumas variações no horário de pico. Estas variações podem ser creditadas às condições geométricas da via (alteração da largura, declividade, curvatura, etc.) e às condições do tráfego (demanda próxima ou superior à capacidade). No caso exposto no gráfico, não há retardamento, apenas variações de velocidade. Os tempos de percurso então, são iguais aos tempos em movimento.

No caso do fluxo interrompido, vemos que a curva (a) mostra o tráfego sofrendo retardamentos nas 3 interseções semaforizadas enquanto a curva (b) mostra o tráfego circulando a velocidade constante, devido a uma coordenação perfeita dos semáforos. No primeiro caso, temos o tempo perdido (retardamento) de 25 s, num tempo total de 85 s (29%), o que produz um tempo em movimento de 60 s (71%); no segundo caso, não há retardamento e o tempo de percurso é igual ao de movimento.

7.2.4 VARIAÇÕES AO LONGO DO TEMPO

Numa mesma rota, os tempos de percurso e os retardamentos variam no tempo, conforme o carregamento dela e os planos de coordenação semaforica (fluxo interrompido): as viagens no horário fora de pico são mais rápidas do que as viagens "no pico".

A fig. 5 ilustra a questão.



Podemos verificar que o tempo mínimo (1,1 minutos) ocorreu entre 6 e 7 horas e que o tempo máximo (2,5 minutos) ocorreu às 8:15 aproximadamente. O aumento do tempo de viagem ao longo das horas é função basicamente do volume em circulação, e do tipo de coordenação semaforica da via. Esta configuração suave da fig. 5 nem sempre é obtida, uma vez que, próximo da saturação, o corredor normalmente apresenta tempos de percurso bastante variáveis e a coordenação dos semáforos pode ser incapaz de evitar esta variação. Por outro lado, num sentido de contra-pico, os volumes de tráfego podem permanecer aproximadamente constantes no tempo, e conseqüentemente os tempos de percurso não se alteram muito.

7.3 METODOLOGIA

7.3.1 Descrição Geral

A pesquisa de velocidade/retardamento mede, conforme visto, duas variáveis, a velocidade média no espaço e os retardamentos sofridos pelo fluxo de tráfego.

A primeira variável pode ser medida direta ou indiretamente, dependendo dos recursos disponíveis,

Na medição direta, pode-se utilizar um veículo-teste que circula no meio da corrente e que tem um aparelho a ele acoplado, que registra, através de pena flutuante correndo sobre um papel milimetrado, a velocidade do veículo.

Na medição indireta, é medido o tempo de percurso na rota analisada, transformado depois em velocidade média. Neste último caso, o tempo pode ser obtido através de vários meios, sendo os mais comuns (a) um veículo-teste que circula no fluxo, no qual vai um pesquisador munido de cronômetro para as medições, (b) um veículo-teste que circula no fluxo, e que tem um aparelho que registra distância percorrida e tempo gasto; (c) pesquisa "externa", na qual pesquisadores postados no início e no fim do trecho analisado registram a chapa dos veículos e a hora de entrada ou saída dos mesmos, procedendo-se posteriormente à tabulação no escritório, para a obtenção dos tempos e velocidades médias; (d) a aereofotogrametria, através da qual são colhidas fotos da via analisada, separadas por intervalo de tempo escolhidos, e cuja análise permite retirar uma série de dados acerca do fluxo analisado; e) no caso específico dos ônibus, pesquisadores em seu interior munidos de cronômetros para as medições.

A segunda variável, retardamentos, é medida sempre diretamente, na forma de tempo perdido em cada parada efetuada pelo veículo-teste ou ônibus com indicação do motivo. O instrumento de medição pode ser (a) cronômetro operado pelo pesquisador; (b) aparelho acoplado ao veículo, que registra o tempo parado e que possui teclas para que o pesquisador registre também o motivo da parada.

7.3.2 DISCUSSÃO DAS METODOLOGIAS

(a) Método das Chapas

Consiste na anotação, na entrada e saída do trecho analisado, da chapa e hora de passagem dos veículos. Posteriormente, no escritório, as chapas são "casadas" entre entradas e saídas, obtendo-se o tempo de percurso de cada veículo que entrou e saiu pelos locais observados.

A grande vantagem deste método é a amostra obtida que, em alguns casos, pode chegar a 100% da população (dependendo do fluxo medido e do número de pesquisadores).

A sua desvantagem básica está no trabalho de tabulação dos dados, geralmente muito grande. Este trabalho, de "casamento" das chapas, pode ser manual ou computadorizado, mas em qualquer caso é custoso e até mesmo monótono.

Outra desvantagem consiste em não poder obter os retardamentos ao longo da rota, o que obriga o técnico a se utilizar de um veículo-teste, decisão que acaba levando também à pesquisa dos tempos de percurso através dos mesmos veículos-teste.

Uma terceira desvantagem consiste em, tendo-se decidido por colher apenas uma amostra da população (10, 20, 30% etc. desta, conforme sejam 1, 2 ou 3 etc. os finais de chapa anotados), esta precisa ser excessivamente grande, dadas as entradas/saídas intermediárias aos extremos do trecho analisado, que "produziriam" muitas chapas sem entrada ou sem saída (e portanto inúteis para os objetivos).

(b) Método do veículo-teste com cronômetro

Consiste em percorrer a rota analisada em um veículo-teste, dentro do qual vão um ou dois pesquisadores munidos de cronômetro. O primeiro cronômetro é usado para ler os tempos de percurso e o segundo para ler os retardamentos. No caso dos ônibus, o veículo-teste é um ônibus qualquer.

A desvantagem principal do método consiste na amostra necessária, normalmente muito grande. Esta necessidade decorre do fato de que as características dinâmicas do tráfego (velocidade, volume, densidade) variam acentuada e rapidamente nos horários de pico, fazendo com que sejam

necessárias muitas medições concentradas para obter valores médios confiáveis. A variável tempo de percurso, por exemplo, quando medida num corredor perto do seu nível de saturação, assume valores muito diferentes entre si para viagens realizadas a intervalos pequenos (10 minutos por exemplo). Isto normalmente leva à necessidade de realizar de 5 a 6 viagens na hora de pico, o que obriga à inclusão de outros veículos-teste circulando na mesma rota.

No caso da outra variável, retardamentos, a variância dos dados costuma ser maior ainda, o que eleva ainda mais a amostra mínima necessária.

Por outro lado, este método apresenta problemas de precisão nas medidas, decorrentes de falhas humanas de observação, ou de impossibilidade prática de atingir a precisão desejada. O principal problema está na distinção, que o pesquisador precisa fazer instantaneamente, entre os motivos do retardamento e seus momentos de início/término no caso de paradas sucessivas; um outro problema é o da impossibilidade prática de registrar os tempos correspondentes à aceleração/desaceleração do veículo-teste que caracterizam sua passagem do movimento para a parada total (e vice-versa).

No primeiro caso, é frequentemente difícil distinguir no campo o motivo real da parada, principalmente em vias congestionadas. Esta dificuldade reside principalmente na distinção entre parada por semáforo e por congestionamento, uma vez que frequentemente estes motivos estão inter-relacionados. O mesmo se dá quando da distinção, no caso de retardamentos de ônibus, entre tempo perdido em ponto de parada e em um semáforo colocado logo após, entre a fila do ponto propriamente dita e a fila causada por um eventual congestionamento na via.

Além disto, no caso de paradas sucessivas e localizadas a poucos metros umas das outras, é difícil fazer as várias marcações de início/término com o cronômetro e anotá-las, além de haver grande imprecisão na decisão sobre os momentos exatos de parada e saída. Este tipo de imprecisão incidirá principalmente sobre o complemento do tempo parado, que é o tempo "em movimento".

No segundo caso, a impossibilidade de registrar tempos de desaceleração/aceleração, faz com que os mesmos sejam considerados tempos em movimento com o mesmo peso dos tempos em movimento à velocidade constante (antes de desacelerar e após acelerar). Isto introduz uma imprecisão no cálculo do tempo médio em movimento (e da correspondente velocidade de percurso).

OBS.: Veículo-Teste com Aparelho

Em alguns países é utilizado um aparelho que pode registrar, em fita magnética, todos os eventos relacionados ao percurso como, aceleração/desaceleração, retardamentos, etc., havendo comandos que permitem imprimir o motivo dos eventos. A vantagem básica é a riqueza dos dados e a desvantagem seu alto custo de aquisição.

c) Aerofotogrametria*

Consiste na obtenção de várias fotos sucessivas do local, a intervalos de tempo pré-determinados.

Sua vantagem básica é a quantidade de dados que permite obter: densidade do tráfego, distribuição por faixa, velocidade média, estacionamento, etc. Suas desvantagens são o trabalho de tabulação em escritório, normalmente grande, as dificuldades de obtenção das fotos (iluminação, ângulos de visibilidade) e a necessidade de equipamento específico.

* Para maiores detalhes, ver Boletim Técnico CET n.º 4 "Pesquisa Aerofotográfica da Circulação Urbana".

7.4 PLANEJAMENTO

Dados e Precisão

Os dados básicos a obter são o tempo de percurso, os retardamentos e os motivos destes últimos. No caso da pesquisa de chapa, os dados a colher no campo são a chapa do veículo e as horas de entrada e saída do trecho. Não é preciso anotar todos os dígitos da chapa, podendo-se optar pelos quatro ou três últimos números, salvo quando o volume é muito grande e a duração da pesquisa for longa: neste caso, aumenta a probabilidade de passarem veículos com finais iguais e letras diferentes o que torna aconselhável a anotação da chapa completa. Em todo o caso, é necessário analisar a capacidade de anotação do pesquisador.

As horas de entrada/saída devem ser anotadas por inteiro, ou seja, hora, minuto e segundo, salvo quando a pesquisa for de curta duração (pode-se dispensar a marcação da hora) ou quando se utilizar o cronômetro.

Local

A pesquisa de velocidade e retardamento pode ser realizada em qualquer via do sistema viário. A única exigência básica é que o comprimento percorrido seja suficiente para colher dados variados e consistentes (estatisticamente). Não tem sentido, por exemplo, fazer este estudo num trecho de 200 metros, pois tratar-se-ia de um estudo localizado e não extensivo. Para que ele seja extensivo, é recomendável que o trecho mínimo percorrido seja de 0,5 km.

Em qualquer caso, a via (ou trecho dela) é chamada rota, e a escolha do seu traçado depende única e exclusivamente do interesse do técnico. Como no sistema viário principal as viagens em geral são diretas (sem conversões) na maior parte de sua extensão, as rotas de estudo costumam ser diretas também, nada impedindo, no entanto, que se designem rotas não diretas, com vários movimentos de conversão. O critério mais geral, quando da escolha de rotas, é o de "casá-las" com os fluxos mais significativos dentro do sistema disponível.

Horário:

O horário evidentemente também é escolha do técnico, de acordo com os interesses do estudo, mas o agravamento dos problemas de circulação nos horários de pico faz com que estes sejam normalmente os horários da pesquisa.

O levantamento nos horários fora de pico é também muito útil, principalmente nos corredores muito congestionados, pois possibilita uma comparação entre o "ideal" (fora-de-fico) e o "real" (pico), fornecendo uma visão mais completa das condições gerais com que o técnico está lidando.

Dia da Semana

Analogamente ao acontecido com o horário, é natural que os dias úteis, de maior movimento, sejam os escolhidos para o levantamento de dados. Como as condições gerais do tráfego costumam mudar de um dia para o outro (principalmente em sistemas próximos do congestionamento), é recomendável que os dados sejam colhidos em mais do que um dia útil (ver item "amostra mínima").

Amostra Mínima

A amostra mínima, conforme discutido no cap. 15 "Anexo Estatístico", depende da variância da população analisada e do erro admissível na estimativa da média.

No caso da pesquisa de velocidade/retardamento, são duas as variáveis diretamente analisadas, tempo de percurso e retardamentos, e duas as indiretamente analisadas, tempo em movimento

e número de paradas. Qualquer dimensionamento da amostra, portanto, deverá levar em conta a variância e o erro admissível das variáveis que se deseja analisar.

Das duas condicionantes básicas, o erro admissível é o mais fácil de discutir, uma vez que é decisão direta do técnico. Embora este erro varie de técnico para técnico e de estudo para estudo, ele costuma estar, nos trabalhos especializados da área, dentro da faixa de 2,0 a 10,0 km/h (erro admissível na estimativa da velocidade média no espaço).

Um destes trabalhos (ref. bibliogr. 01) recomenda como erro admissível:

- estudos de planejamento de transportes e ampliação do sistema viário: 5 a 8 km.
- estudos de operação de tráfego e avaliações econômicas: de 3,5 a 6,5 km/h.
- estudos "antes-depois": de 2,0 a 5,0 km/h.

Note-se que o erro admissível é menor (postura mais rigorosa) nos estudos "antes-depois", justamente porque eles permitem decidir se as alterações feitas na rota analisada foram ou não bem sucedidas.

Quanto à segunda condicionante, a variância da população, a discussão é mais problemática, pois foge ao controle do técnico e nem sempre pode ser avaliada antecipadamente, levando à necessidade de levantamentos preliminares. Além disto, as quatro variáveis tratadas no estudo têm cada uma a sua variância, bastante diferente das outras.

No item 2, foi salientado que o tempo de percurso de uma rota pode variar acentuadamente dentro de um período (p.ex. das 7h00 às 10h00 da manhã); se somarmos a isto a variação dia-a-dia, veremos que o problema começa a assumir proporções significativas. Analogamente ao tempo de percurso, os retardamentos e o número de paradas também variam acentuadamente (e normalmente mais do que ele); por outro lado, o tempo em movimento tem menor variação que estes últimos, uma vez que depende mais do comportamento do motorista*, no sentido dele ser constante nas várias viagens realizadas.

O número mínimo de viagens dependerá, portanto, da variável adotada e da sua variância.

Normalmente, o tempo de percurso (e a correspondente velocidade média no espaço) é a variável mais utilizada, pois permite a avaliação mais global possível da rota. Em segundo lugar, vêm os retardamentos e, em terceiro, o número de paradas. O tempo em movimento, por sua vez é o menos utilizado, pois é apenas a diferença entre o tempo total de percurso e os retardamentos.

Assim sendo, a amostra mínima necessária será uma caso a variável analisada seja apenas o tempo de percurso e outra, normalmente maior, se os retardamentos (totais ou parciais) forem tratados isoladamente.

Finalizando, torna-se claro que, ao ligar a amostra mínima à variável analisada e sua variância, estamos ligando-a com as condições de tráfego, de sinalização e ambientais predominantes no local analisado. Mudando estas condições, muda o comportamento da variável analisada e sua variância, levando a outra amostra necessária. Portanto, a amostra sempre diz respeito a uma situação dada, como, por exemplo, uma certa via, entre 7h00 e 9h00 da manhã, com um plano de coordenação semafórica conhecido e num determinado dia útil da semana. Mudando o horário, ou o dia, ou a coordenação, muda o comportamento da variável analisada e sua variância, mudando portanto a amostra necessária. A única exceção a esta regra é justamente o caso em que se está testando o impacto destas variações, quando então cada sub-situação criada será um caso isolado.

* Algumas alterações geométricas ou de coordenação semafórica podem fazer variar o tempo em movimento.

Experiência da CET

A experiência da CET mostra que, em vias arteriais carregadas (como são quase todas do sistema viário principal de São Paulo), o número de viagens necessário para obter dados representativos é normalmente alto.

O primeiro cuidado que se deve ter diz respeito à situação pesquisada, conforme discutido no sub-item anterior; a amostra deve ser dimensionada para uma situação dada, definida por determinadas condições de tráfego e ambientais.

Observada esta condição, podemos afirmar que, em média, são necessárias de 8 a 10 viagens para caracterizar o tempo total do percurso de um determinado sentido e horário de pico (de 3 h) de uma via, em um dia útil, pulando este valor para 20 a 25 viagens (distribuídas de 2.^a a 6.^a feira), caso se pretenda gerar valores representativos da média semanal para o período-sentido.

Fichas de Campo

Para pesquisa com veículo-teste e cronômetro, os dados básicos da ficha de campo são a hora de início da viagem, as horas de passagem pelas seções pré-determinadas, os retardamentos ocorridos e os motivos destes retardamentos (fig. 6).

Para pesquisa de chapa, os dados básicos são a hora (marcação de 15 × 15 minutos, etc.), a chapa do veículo e a sua hora de entrada ou saída do trecho (fig. 2 capítulo 8).

Mapas

No caso de pesquisa com veículo-teste e cronômetro, é necessário um mapa com a rota a ser percorrida e as seções de leitura de tempo (fig. 7).

No caso da pesquisa de chapa, é necessário um mapa com as seções em que serão lidas as chapas (fig. 3 cap. 8).

Recursos Materiais e Humanos

No caso de pesquisa com veículo-teste e cronômetro, são necessários dois pesquisadores e dois cronômetros para cada veículo, o primeiro marcando hora de passagem nas seções e o segundo os retardamentos.* No caso de vias de trânsito calmo e poucas seções um pesquisador bem treinado pode fazer todo o serviço.

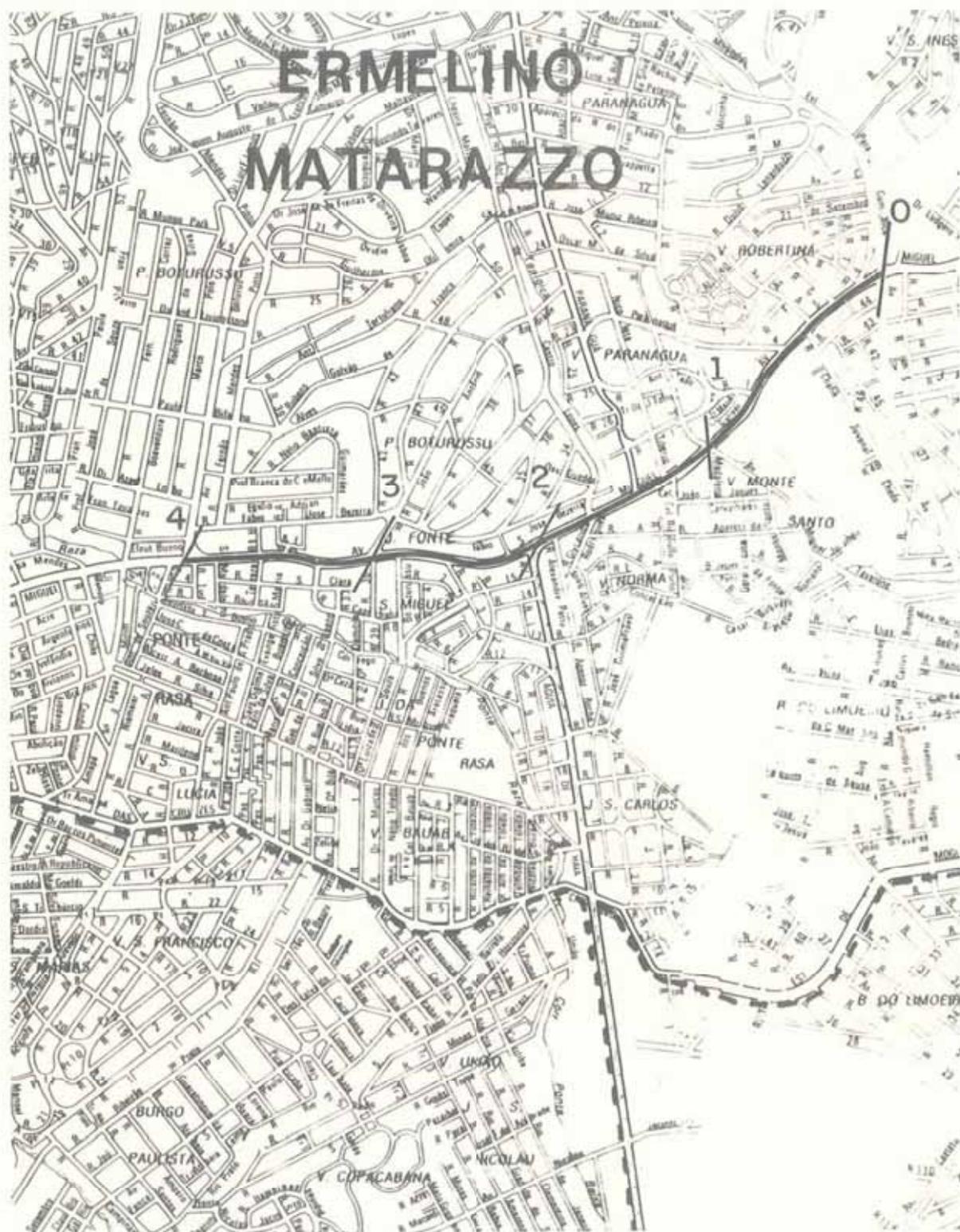
No caso da pesquisa de chapa, são necessários dois pesquisadores para cada seção e sentido de tráfego: um dita as chapas, enquanto o outro as anota e lê a hora. Nos casos de baixos volumes de tráfego, um pesquisador bem treinado pode fazer sozinho o trabalho.

Condições de Controle

A principal condição de controle é a que se refere à normalidade do fluxo: a pesquisa visa obter a velocidade média do tráfego que represente as condições normais da via. Isto não significa que velocidades baixas sejam anormais (muito pelo contrário) mas que devem ser anotadas todas as interferências realmente anormais, como no caso de um veículo quebrado interrompendo parcialmente a pista: o tempo de percurso fatalmente será mais elevado neste caso e não representará adequadamente as condições de fluidez da via. Em todo o caso, a filtragem dos dados sempre deve ser feita no escritório.

* Como alternativa, pode-se colocar um pesquisador manuseando os cronômetros e o outro fazendo as anotações.

FIGURA 7 — MAPAS COM ROTA E SEÇÕES DE CRONOMETRAGEM



LEGENDAS: — ROTA
+ SEÇÃO DE CRONOMETRAGEM

7.5 OPERAÇÃO

7.5.1 VEÍCULO-TESTE COM CRONÔMETRO (OU ÔNIBUS)

De posse do mapa, da ficha de campo e do cronômetro os pesquisadores devem distribuir-se no veículo segundo a atividade: o pesquisador de retardamentos à frente, ao lado do motorista e o de tempo de percurso atrás (ver observação ao subitem "Recursos Humanos e Materiais").

O veículo deve se dirigir para as proximidades do início da rota, quando os pesquisadores verificarão seus cronômetros. O veículo então se dirige ao início da rota e, quando atinge a primeira seção, o cronômetro do pesquisador de tempo é acionado (para só ser desligado ao final do percurso), e a hora solar anotada (hora de início). Durante a viagem, o pesquisador de tempo anota os instantes de passagem em cada seção pré-estabelecida (acumuladamente) enquanto o pesquisador de retardamentos anota os tempos parados e seus motivos, entre duas seções consecutivas.

Embora não haja regra rígida a respeito, recomenda-se que as seções sejam colocadas sempre após o foco do atraso, a fim de que este (se ocorrer) esteja incluído no trecho imediatamente anterior a este foco: exemplificando, uma seção alocada numa interseção semaforizada deve estar no eixo da transversal ou seja, após o veículo ter ultrapassado o semáforo.

Terminada cada viagem, o cronômetro de tempo é zerado e nova viagem pode então ser feita. No caso de pesquisa dentro dos ônibus, os pesquisadores devem adentrá-lo bem antes do início do trecho pesquisado, a fim de ter tempo de posicionar-se adequadamente. Ambos devem procurar sentar o mais a frente possível, principalmente o pesquisador de retardamentos, para poder ter boa visão do tráfego a sua frente.

7.6. TABULAÇÃO E TRATAMENTO DOS DADOS

7.6.1 DESACUMULAÇÃO TRECHO A TRECHO DOS DADOS

Os dados diretos produzidos pela pesquisa são dois, tempo de percurso e tempo parado (com o motivo especificado); através deles, pode-se obter inicialmente dois outros, o tempo em movimento (tempo percurso menos tempo parado) e o número de paradas (igual ao número de retardamentos verificados). A tabulação inicial consiste, então, em registrar de forma ordenada (no total da rota e por cada seção considerada) cada um destes valores. As figuras 8 e 9 ilustram procedimento.

OBS.: A figura 9 mostra o tempo parado total; outras fichas podem tabulá-lo por motivo.

Conforme se vê na figura 8, a ficha de pesquisa traz os tempos de percurso acumulados, e os tempos de parada separados por seção (pré-determinadas), com o motivo especificado. Inicialmente, procede-se à desacumulação dos tempos de percurso, para então preencher a tabela da figura 9. Nesta, os dados estão registrados por viagem, em números absolutos (ou em porcentagem). Deve-se notar também que a tabela da figura 9 tem uma coluna para anotação da hora em que se iniciou a viagem, para possibilitar a análise da variação horária do tempo de percurso (ver item 7.2.4.).

Estes valores, em termos absolutos ou percentuais, podem ser dispostos na forma de barras horizontais, representativas de situações médias por período, via ou conjunto de vias, conforme esquema abaixo.

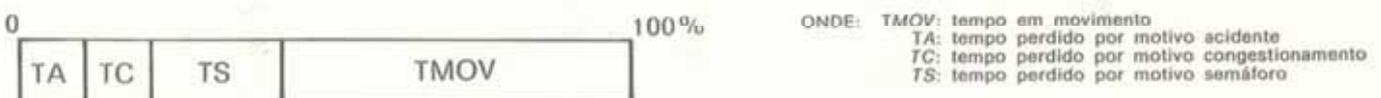


FIGURA 8 — PESQUISA DE VELOCIDADE E RETARDAMENTO

Companhia de Engenharia de Tráfego
CET

PESQUISA DE VELOCIDADE E RETARDAMENTO

PERCURSO R. JOAQUIM FLOREANO / R. TABARÃO DATA 21/8/81
ROTA UNICA DIA QUARTA

PESQUISADOR SERGIO RIGHI
OBS.: _____

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------|----------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 1 |
| $E=3''$ | $C=8''$ | $C=7''$ | $C=7''$ | $C=7''$ | $C=16''$ | $F=33''$ | $C=5''$ | $C=4''$ | $F=12''$ | | |
| | $C=30''$ | $F=19''$ | $F=8''$ | $F=8''$ | $F=33''$ | $F=33''$ | $C=20''$ | $F=30''$ | | | |
| | $F=44''$ | | | | | | | | | | |
| 0:00 | 1:10 | 3:19 | 4:29 | 5:01 | 6:24 | 6:40 | 9:24 | 10:29 | 10:59 | 12:04 | 12:42 |
| HORA INIC | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------|----------|------|----------|------|----------|----------|---------|----------|-------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 1 |
| $F=20''$ | $F=39''$ | $F=25''$ | | $F=38''$ | | $C=46''$ | $C=18''$ | $F=8''$ | $F=15''$ | | |
| | | | | | | $C=6''$ | $F=29''$ | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| 0:00 | 1:16 | 2:26 | 3:26 | 3:53 | 5:06 | 5:46 | 7:58 | 9:04 | 9:49 | 10:26 | 11:44 |
| HORA INIC | | | | | | | | | | | |

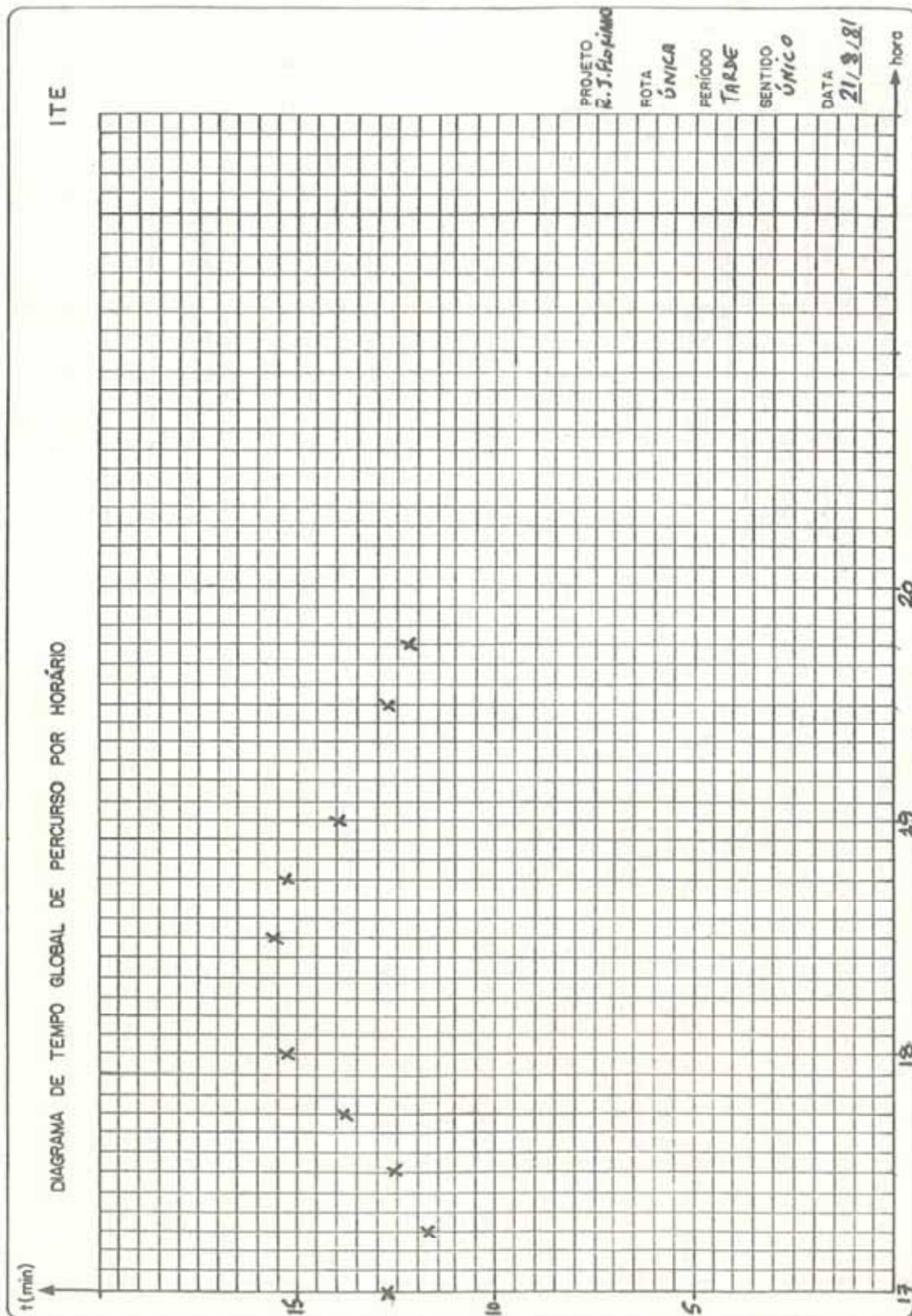
FIGURA 9 — VELOCIDADE/RETARDAMENTO.

| VELOCIDADE / RETARDAMENTO | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------|------|
| SEMCO SA | | 43-49 | | LOCAL R. JOAQUIM FLORIANO | | ROTA ÚNICA SENTIDO ÚNICO | | DIA 21/8/81 PERÍODO TARDE | | |
| VIAGEM | HORA INÍCIO | TEMPO TOTAL (min) | TEMPO PARADO (minutos) | | TEMPO DE MOVIMENTO (minutos) | | VELOC. MÉDIA (Km/h) (d=3Km) | VELOC. PERCURSO (Km/h) | Nº DE PARADAS | OBS. |
| | | | VALOR ABSOLUTO | % | VALOR ABSOLUTO | % | | | | |
| 1 | 17:00 | 12,7 | 4,1 | | 8,6 | | | | 15 | |
| 2 | 17:15 | 11,7 | 3,95 | | 7,8 | | | | 10 | |
| 3 | 17:30 | 12,5 | 4,5 | | 8,0 | | | | 9 | |
| 4 | 17:45 | 13,8 | 5,9 | | 7,9 | | | | 13 | |
| 5 | 18:00 | 15,25 | 7,25 | | 8,3 | | | | 16 | |
| 6 | 18:30 | 15,6 | 7,2 | | 8,4 | | | | 17 | |
| 7 | 18:45 | 15,25 | 7,15 | | 8,1 | | | | 16 | |
| 8 | 19:00 | 14,0 | 6,1 | | 7,9 | | | | 14 | |
| 9 | 19:30 | 12,8 | 4,8 | | 8,0 | | | | 12 | |
| 10 | 19:45 | 12,3 | 4,5 | | 7,8 | | | | 11 | |
| Média \bar{X} | | 13,6 | 5,5 | | 8,1 | | 13,2 | 22,3 | 13,3 | |
| s^2 | | 1,75 | 1,6 | | 0,06 | | | | 6,8 | |
| σ | | 1,32 | 1,26 | | 0,25 | | | | 2,6 | |
| $\sigma_{\bar{X}}$ | | | | | | | | | | |
| I.C. (95%) | | | | | | | | | | |

7.6.2 VARIAÇÃO HORÁRIA DOS DADOS

Pode-se mostrar a variação horária dos dados, principalmente do tempo total de viagem, através de um simples diagrama, conforme a figura 10 abaixo transcrita.

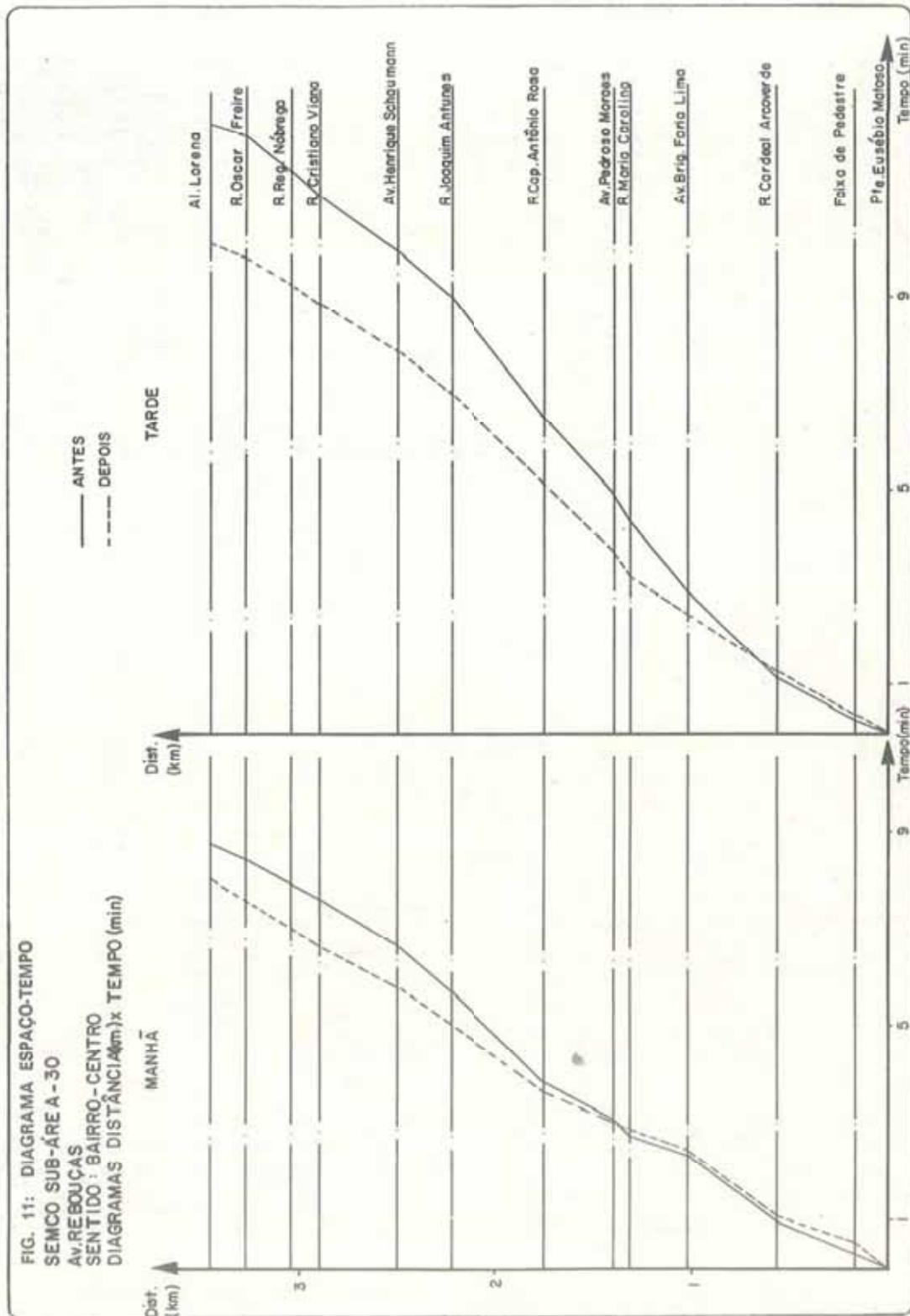
Companhia de Engenharia de Tráfego



7.6.3 DIAGRAMAS DE TEMPO E ESPAÇO

Para cada rota, período e sentido, pode-se montar diagramas espaço-tempo, conforme figura 11 abaixo.

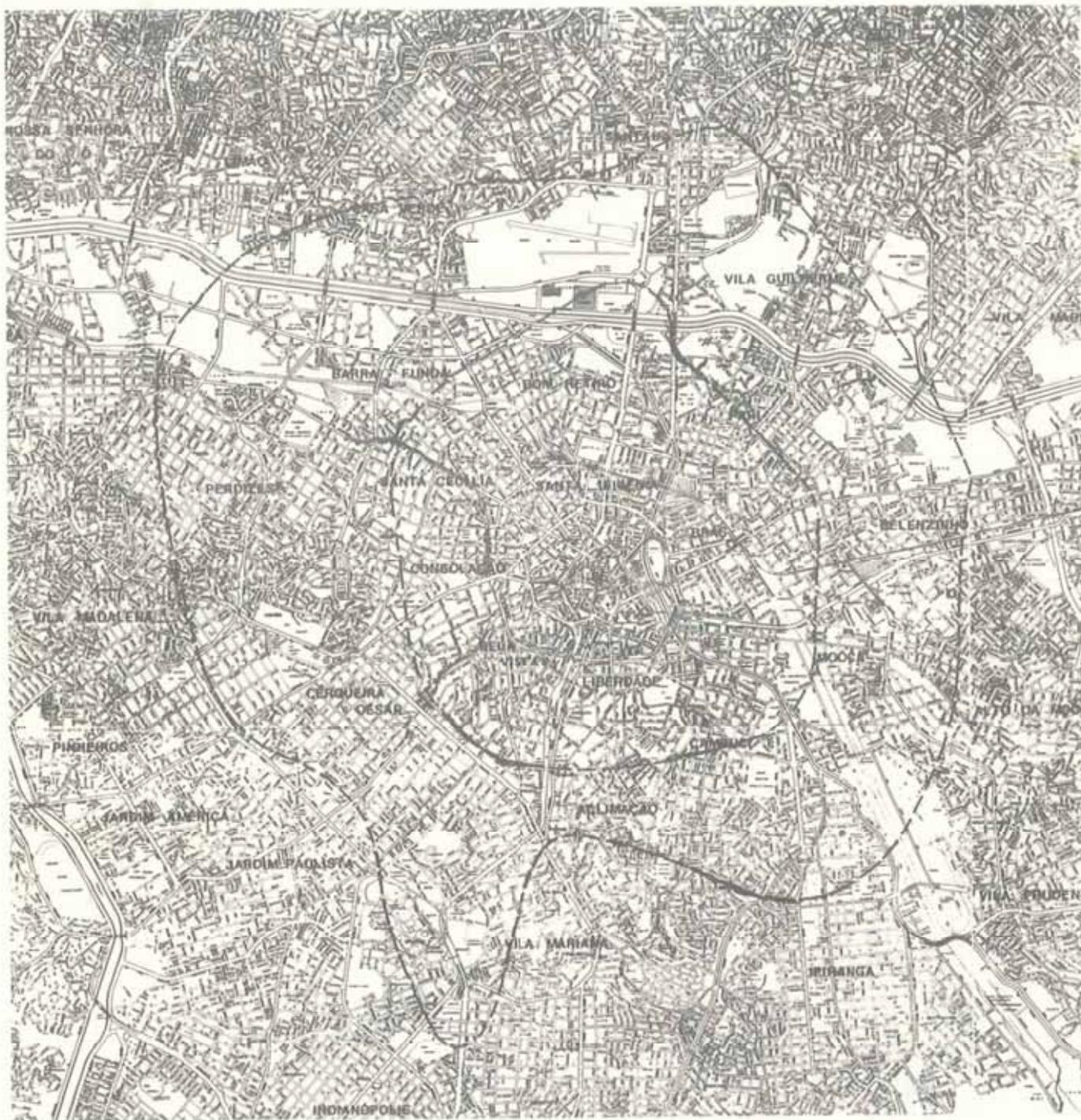
Companhia de Engenharia de Tráfego 



7.6.4 ISÓCRONAS

No caso de análise de sistemas viários, pode-se desenhar as curvas isócronas, ou seja, aquelas formadas pelos pontos, nas vias analisadas, que distam o mesmo tempo de percurso do ponto central considerado. (fig. 12)

FIGURA 12 — CURVAS ISÓCRONAS (Pico da Tarde Sentido Centro-Bairro)



LEGENDA: 5 — Curva Isócrona dos pontos que distam 05 minutos do centro.
10 — Curva Isócrona dos pontos que distam 10 minutos do centro.

7.6.5 VELOCIDADES

No caso de análises de sistemas viários, pode-se representar as velocidades médias de cada rota (e trecho).

7.6.6 CURVAS DE ATRASO E TEMPO UNITÁRIO DE VIAGENS

O tempo real de percurso pode ser comparado com o ideal, originando o que se pode chamar de atraso. Este, então, pode ser mostrado (absoluto ou porcentual) por rota ou para o sistema como um todo, em termos de "atraso por quilômetro de viagem".

No caso, o tempo ideal pode ser adotado de várias formas, não havendo, na engenharia de tráfego, nenhum conceito definitivo. Os procedimentos mais comuns são adotar o tempo ideal como (a) aquele conseguido nas horas fora de pico (b) o melhor tempo conseguido no horário de pico (c) o tempo correspondente à operação da via em sua capacidade. Cada um deles gerará valores diferentes, comprometendo todos os gráficos e tabelas decorrentes. É um caso típico de escolha subjetiva do técnico.

Em qualquer caso, o atraso calculado é transformado em "atraso por quilômetro de viagem" e mostrado em mapa.

De forma semelhante, pode ser mostrado o "tempo de viagem por quilômetro".

8.1 OBJETIVO

A pesquisa de origem-destino, como o próprio nome diz, tem o objetivo de levantar a origem e o destino da pessoa ou veículo pesquisado. Esta pessoa pode estar em várias situações (como pedestre, motorista ou passageiro).

A fim de possibilitar uma análise mais completa do fenômeno, a pesquisa pode incluir dados gerais sobre a pessoa ou veículo, (idade, sexo, procedência, profissão, etc.) e sobre a viagem em si (horário, frequência, motivo, etc.).

UTILIDADE DOS DADOS DE O/D

A pesquisa de origem e destino é a mais importante do planejamento de transportes, pois busca a caracterização, do dado fundamental nesta área, que é a viagem*.

Na engenharia de tráfego, sua utilidade é mais limitada, pois esta atividade tem como objetivo principal a otimização da circulação de pessoas e bens num espaço urbano dado; não interfere, ao menos primordialmente, na oferta de modos de transporte e na configuração da malha viária.

Em termos gerais, a pesquisa O/D é feita na engenharia de tráfego com veículos (e não com motoristas) ou com pedestres e passageiros de transporte coletivo, tendo a utilidade principal de possibilitar a avaliação das necessidades dos mesmos e os impactos de alterações na circulação do tráfego: o caminho atualmente proposto (e regulamentado) para os veículos é o ideal para eles? Qual é a melhor localização de uma passarela sob o ponto de vista das origens e destinos dos pedestres? A modificação proposta para a circulação prejudicará (aumentando o percurso) qual porcentagem do tráfego geral? Estas são algumas questões típicas da engenharia de tráfego que necessitam de uma pesquisa O/D para serem respondidas.

8.2 CARACTERÍSTICAS DO FENÔMENO*

As origens e os destinos das pessoas e/ou veículos estão sempre ligados às atividades econômicas e sociais da cidade.

No mundo urbano contemporâneo, o principal par "origem-destino" é o "casa-trabalho". Outras origens-destinos importantes são trabalho-escola ou casa-lazer (à noite ou nos fins de semana).

* deslocamento de uma pessoa entre uma origem e um destino, com um certo motivo, e dentro de certas condições (horário, modo, etc).

* Para maiores detalhes, ver ref. bibliog. 4, 5.

A quantidade destes movimentos, e a sua localização espacial dependem do uso do solo da cidade e do seu sistema viário, assim como das características sociais das pessoas objeto do estudo (renda, sexo, idade, etc.).

8.3. MÉTODOS

São vários os métodos conhecidos e aplicados, e sua escolha depende da precisão requerida, dos objetivos do projeto e dos recursos disponíveis.

8.3.1 PESQUISA COM PESSOAS

No caso da pesquisa com pessoas, que visa caracterizar as viagens individuais, o método mais praticado é o da entrevista. A diferença refere-se ao local de aplicação da mesma, se na residência do entrevistado, no seu local de trabalho ou na via pública.

O primeiro tipo é mais comum em pesquisas de grande porte, que servem de base para estudo de planejamento de transportes.

O segundo tipo é mais uma variação do primeiro, em função de problemas operacionais: pode ser mais fácil e barato entrevistar as pessoas no seu local de trabalho.

Em função disto, estes tipos de pesquisa não serão discutidos neste trabalho, recomendando-se a leitura da bibliografia especializada (ref. bibliog. 1, 4, 5).

O terceiro tipo (na via pública) é o mais comum na engenharia de tráfego e, dadas as condições em que pode ser aplicado, envolve sempre questões simples e de fácil resposta e anotação. Consiste, basicamente, em parar o usuário e fazer-lhe algumas perguntas; em função do procedimento, é necessário muitas vezes solicitar auxílio do policiamento.

Outro método, menos utilizado devido ao baixo retorno, é o do questionário pelo correio.

8.3.2 PESQUISA COM VEÍCULOS

No caso de pesquisa com veículos, o método mais comum é o das chapas: anota-se, nas entradas e saídas do local pesquisado, as chapas (e normalmente os tempos de passagem) dos veículos, procedendo-se posteriormente no escritório à tabulação para "casamento" dos dados. Outro tipo é a pesquisa com etiquetas, que são pregadas nos veículos na(s) entrada(s) do local analisado, permitindo identificação pelos pesquisadores na(s) saída(s) do mesmo.

Por último, existe o método dos faróis acesos: pede-se ao motorista que acenda o farol ao entrar no sistema e que o mantenha aceso até chegar ao seu destino, o que permite sua identificação à saída do sistema (o método só é aplicado de dia).

A diferença fundamental com relação às pesquisas com pessoas é a de que a O/D com veículos não fornece nenhum dado além de origem, destino e, caso anotado, o tempo de viagem.

8.4 PLANEJAMENTO

8.4.1 ENTREVISTAS NA VIA PÚBLICA

Dados: os dados básicos a colher são a origem, o destino, o motivo e a hora de ocorrência da viagem; se houver tempo e for interesse do técnico, poderão ser obtidos dados a respeito de sexo, idade, frequência das viagens, etc.. Além disto, sempre que se trabalhar com amostragem, deve ser realizada contagem simultânea.

Local: deve-se escolher cuidadosamente, para permitir um trabalho adequado aos pesquisadores e uma abordagem tranqüila dos entrevistados. No caso destes serem motoristas, pode ser necessário convocar um policial para parar o trânsito e deve-se adotar todas as precauções quanto à escolha do local, e a sua sinalização, para garantir uma operação segura do trânsito.

Mapa: o mapa deve conter apenas o local exato da realização da entrevista e, caso necessário, o local em que se procurará formar a fila dos veículos estacionados, com toda a sinalização necessária (cones, cavaletes, etc.).

Recursos Humanos e Materiais: o número de pesquisadores dependerá evidentemente da amostra a ser obtida e do tempo médio de duração da entrevista. Para pesquisas de poucas perguntas (3 a 5) e respostas simplificadas, um pesquisador bem treinado pode realizar de 10 a 20 entrevistas por hora (desde que haja usuários em número suficiente). Em termos de recursos materiais, é necessária apenas a ficha de campo.

Pré-Pesquisa: neste tipo de trabalho, a pré-pesquisa ajuda muito. Ela tem a função de treinar os pesquisadores e obter a gama de origens e destinos mais comuns, que podem então ser impressos no formulário final para a pesquisa definitiva.

8.4.2 PESQUISA DE CHAPA

Dados: os dados básicos a colher são a chapa do veículo e o tempo de entrada ou saída do local analisado. Não é necessário anotar todos os dígitos da chapa, podendo-se optar pelos três ou quatro últimos números, salvo quando o volume de tráfego é muito grande e a duração da pesquisa é longa (aumenta a probabilidade de passarem veículos com finais iguais e letras diferentes). As horas de entrada e saída devem ser anotadas em hora e minuto ou hora, minuto e segundo, dependendo do tempo médio de percurso: por exemplo, se ele é longo — 50 minutos — não há necessidade de anotar os segundos.

Local: o local de realização da pesquisa depende evidentemente do interesse do técnico. Locais comuns para a realização deste tipo de trabalho são praças rotatórias, polos geradores de tráfego, ligações controladas entre regiões da cidade (pontes, passagens de nível, etc). No caso do cercamento de uma área, deve-se tomar um cuidado especial com as entradas e saídas possíveis, para não excluir nenhuma (salvo quando seu movimento é irrisório para a precisão desejada).

Amostra: deve ser dimensionada segundo o exposto no capítulo 15 — Anexo Estatístico. A variável fundamental costuma ser o tempo de percurso. Uma observação importante diz respeito a escolha da chapa: deve-se escolher um número de finais de chapa (ex. 2, 4, 6) suficiente para preencher a amostra e de fácil leitura (que não se confundam, como 1 e 7), supondo que cada um corresponde a 10% dos veículos em circulação.

Ficha de Campo: deve conter os espaços necessários à anotação da chapa e da hora de passagem, além da hora solar (fig. 2).

Mapa: deve mostrar todas as seções de pesquisa, com sentidos de circulação e sentidos de anotação de chapa (fig. 3).

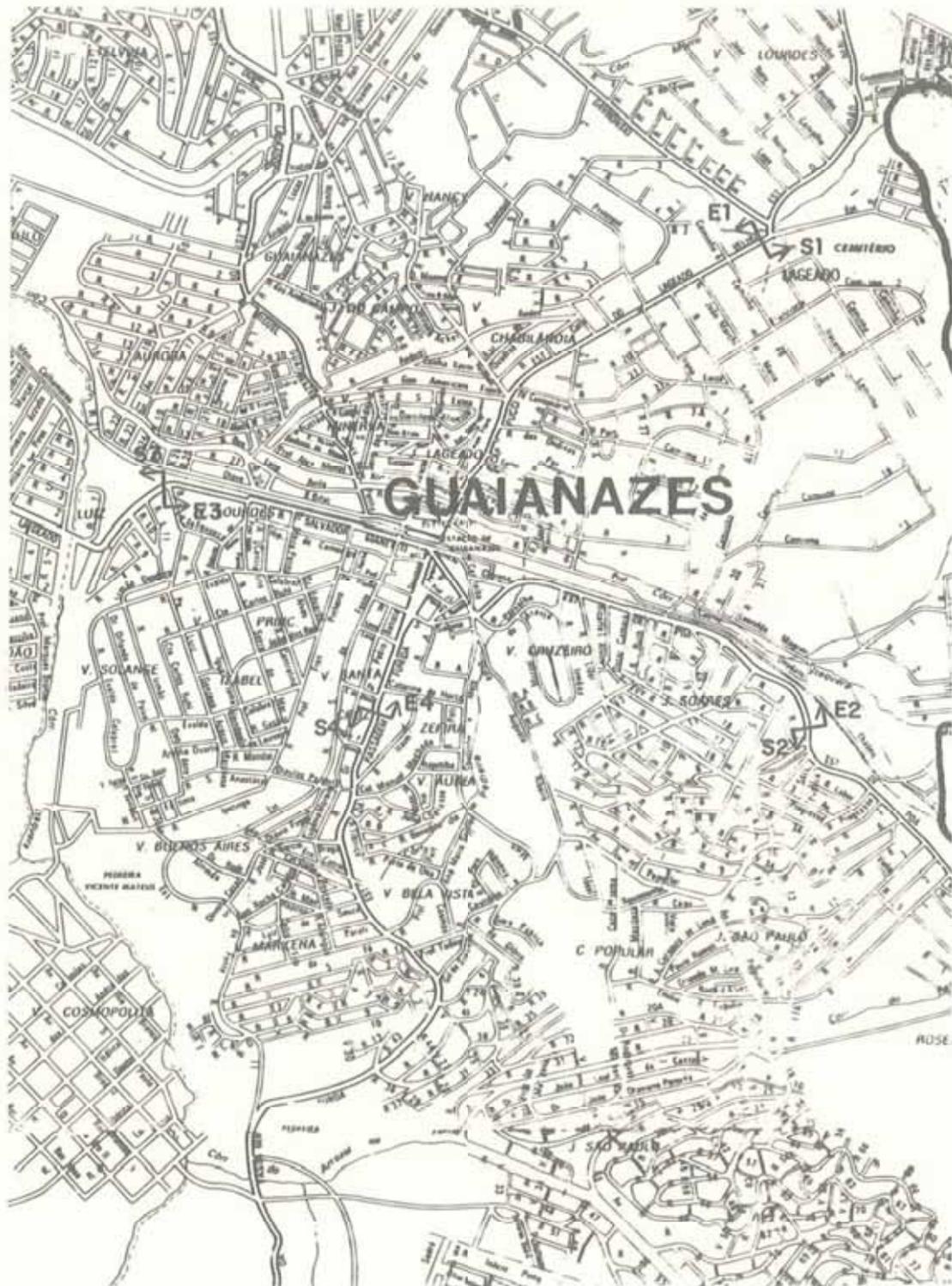
Recursos Materiais e Humanos: deve-se utilizar um pesquisador para cada posto e sentido de circulação que observará e anotará os dados. No caso de volumes muito altos, pode-se utilizar outro pesquisador para ditar os dados. Tudo depende do volume de veículos e da amostra a ser colhida. Os recursos materiais são apenas as fichas de campo e relógios ou cronômetros.

8.5 OPERAÇÃO

8.5.1 ENTREVISTAS NA VIA

Os pesquisadores devem posicionar-se de modo a poder abordar com tranquilidade os entrevistados. O supervisor deve garantir que a amostragem seja adequada (com quantidade e qualidade)

FIG. 3: MAPA COM SEÇÕES DA PESQUISA 0-D



e, caso exista contagem simultânea, deve cuidar para que seja feita sobre o mesmo universo das entrevistas.

No caso de entrevistas com motoristas, deve-se tomar todo o cuidado com a sinalização do trecho, possibilitando a estes que sejam parados sem transtornos maiores ou insegurança ao tráfego. Neste caso, o policial utilizado para o bloqueio deve procurar manter-se afastado durante a entrevista, para não inibir o entrevistado. É sempre conveniente também informar o entrevistado, mesmo que brevemente, sobre o objetivo da pesquisa.

8.5.2 PESQUISA DE CHAPA

Antes de ir ao campo, é necessário sincronizar os relógios ou cronômetros, para eliminar defasagens existentes. No campo, todos os pesquisadores iniciam a pesquisa no mesmo horário pré-combinado, contando a chapa dos veículos (só o(s) final(ais) adotado(s)) e o instante de passagem dos mesmos pela seção de entrada ou saída. No caso de serem utilizados dois pesquisadores por seção, um pode ditar os valores enquanto o outro os anota. Caso a pesquisa seja realizada em uma via única, com seções de entrada e saída apenas nos extremos da mesma, as marcações na saída podem ser um pouco retardadas, iniciando-se apenas quando os veículos que passaram pela entrada atingirem a saída (para evitar marcação de chapas que não "entraram").

Uma forma de fazer este procedimento sem erro é colocar um veículo da pesquisa na entrada (ou no caso de pesquisa em ônibus, colocar um pesquisador sentado no banco da frente com alguma identificação visível de fora do ônibus), fazendo-o sair junto com o trânsito na hora de início da pesquisa, de modo a dar o sinal para os pesquisadores da saída de que as marcações devam começar. Terminada a pesquisa, os relógios ou cronômetros devem ser mantidos em funcionamento, até que a equipe se reúna, quando então serão lidas e anotadas as defasagens eventualmente surgidas, para posterior correção no escritório.

8.6 TABULAÇÃO DOS DADOS

O primeiro passo consiste sempre em limpar os dados de erros grosseiros e imperfeições existentes; caso tenha havido utilização de cronômetros e relógios, deve ser verificado se há necessidade de corrigir os dados em função de defasagens ocorridas.

O objetivo principal da tabulação de dados consiste em obter a matriz de origens e destinos. Esta matriz mostra a quantidade de veículos ou pessoas que vai de um destino a uma origem.

Esta tabulação, portanto, é muito simples e pode ser feita diretamente das fichas de campo, "casando-se" as várias origens e destinos. A única dúvida reside na forma de tabulação, se mecânica ou por computador. No primeiro caso, técnicos manipulam as fichas de entrada e saída (origens e destinos) procurando nas fichas de saída, a chapa do veículo que foi registrado em uma entrada; se a pesquisa foi por entrevista, na própria ficha de campo está o "par" origem-destino e a tabulação é mais simples ainda, constando das contagens pura e simples dos pares escritos.

No segundo caso, pode-se ter optado por processamento de computador em função do elevado número de dados; neste caso, sempre haverá a tarefa intermediária de transcrever os dados do campo para as fichas adequadas ao processamento (se não tiverem sido usadas diretamente no campo).

Em qualquer caso, se houver sido anotado tempo de entrada (e saída) do sistema, tem-se a tabulação adicional do tempo de percurso (ou de permanência).

Assim, pode-se produzir duas matrizes, uma de quantidades e outra de tempos de percurso. As tabelas, 1 e 2 ilustram o exposto.

TABELA 1 — MATRIZ DE VOLUMES

| ORIGEM | DESTINO | 1 | 2 | 3 | TOTAL |
|--------|---------|------|------|-----|-------|
| 1 | | — | 2500 | 125 | 2625 |
| 2 | | 3100 | — | 580 | 3680 |
| 3 | | 1500 | 800 | — | 2300 |
| TOTAL | | 4600 | 3300 | 705 | 8605 |

TABELA 2 — MATRIZ DE TEMPOS DE PERCURSO (min)

| ORIGEM | DESTINO | 1 | 2 | 3 |
|--------|---------|-----|-----|-----|
| 1 | | — | 1,1 | 1,2 |
| 2 | | 0,9 | — | 1,3 |
| 3 | | 1,0 | 2,2 | — |

Obs.: Expansão

Se os dados de volume O/D tiverem sido obtidos por amostragem, é necessário expandi-los para chegar ao universo de pesquisa. Neste caso é necessário obter os coeficientes de expansão, o que é feito pesquisando os volumes totais que entram no sistema, concomitantemente ao recolhimento dos dados da O/D, e relacionando-os ao número de dados colhidos. Exemplificando, se foram colhidas, na entrada do sistema, 53 chapas e a contagem (no mesmo período de pesquisa) apontou 238 veículos, o coeficiente de expansão será $K = 238/53 = 4,49$; todos os dados serão então multiplicados por 4,49, obtendo-se a matriz expandida dos volumes.

Todas as matrizes podem eventualmente ser transformadas em "aranhas" ("spider net") ou "linhas de desejo", que expressem a importância relativa de cada par origem-destino. A figura 4 ilustra uma "aranha" referente a fluxos de veículos, do caso exemplificado.

FIG. 4 — DIAGRAMA DE FLUXOS ("SPIDER NET") — "ARANHA"



9.1 OBJETIVO

O objetivo da pesquisa de estacionamento de veículos é determinar as características (localização, quantidade, grau de utilização etc.) do estacionamento na via pública ou fora dela.

Este estudo é importante para a engenharia de tráfego pois a atividade de estacionar interfere diretamente nas condições gerais de circulação e está intimamente ligada à forma como o solo da cidade é ocupado e utilizado.

Os dados da pesquisa serão sempre utilizados para avaliar as condições existentes e possibilitam a realização de projeto/programas de atendimento das necessidades de estacionamento.

Utilização dos Dados

Os dados a respeito de estacionamento de veículos podem ser usados para:

— determinação do grau de solicitação de um determinado trecho de via, para efeitos de comparação entre oferta e demanda de vagas: as vagas são suficientes? Quantos veículos querem mas não conseguem estacionar?

— determinação das características do estacionamento a ser formado em um determinado local, em função das características do estacionamento existente: quantas vagas devem ser oferecidas?

Quais as dimensões? O estacionamento deve ser de longa ou de curta duração? Qual a distância máxima que as pessoas aceitariam andar?

9.2. CARACTERÍSTICAS DO ESTACIONAMENTO*

A atividade de estacionar é uma das duas atividades principais dos veículos dentro das cidades, ao lado da circulação; os veículos permanecem uma parte do tempo circulando e outra estacionados. As condições em que o estacionamento é feito interferem, portanto, no desempenho global dos transportes.

A circulação é estudada pelos engenheiros de tráfego por meio dos conceitos de fluxo, velocidade e densidade; o estacionamento é analisado sob o ponto de vista de seu relacionamento com o sistema viário e os edifícios existentes (disponibilidade de vagas), e de suas características intrínsecas (duração média, localização, período de ocorrência etc.)

* Para maiores detalhes, ver ref. bibliográfica 10.