

A primeira característica do estacionamento é que o veículo estacionado ocupa espaço normalmente destinado também à circulação dos veículos. Este fato reduz, mesmo que temporariamente, a capacidade de escoamento das vias existentes, prejudicando portanto a fluidez do tráfego. Esta característica é tão mais acentuada quanto maior for o número de veículos que deseja estacionar e menor a disponibilidade de vagas; o caso "exemplar" do cenário brasileiro é o bairro de Copacabana, no Rio de Janeiro, cuja deficiência crônica de vagas levou à imposição, na prática, do estacionamento de veículos sobre a calçada, espaço normalmente exclusivo do pedestre.

TABELA 1 — OFERTA E USO DE ESTACIONAMENTO

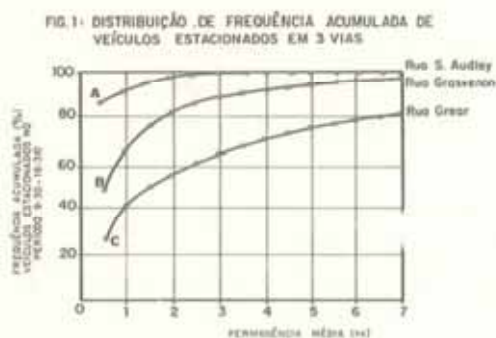
Faixa de População	Distribuição Percentual de Vagas Disponíveis				Distribuição Percentual dos Veículos Estacionados por Tempo de Estacionamento			
	Guia	Lote	Garagem	Fora da Via	Guia	Lote	Garagem	Fora da Via
5-10	88	12	0	12	93	7	7	7
10-25	64	32	4	36	85	14	1	15
25-50	61	35	4	39	84	15	1	16
50-100	38	38	7	45	79	19	2	21
100-250	44	42	14	56	76	20	4	24
250-500	30	54	16	70	66	28	6	34
500-1000	23	51	26	77	63	26	11	37
Acima de 1000	16	60	24	84	50	38	12	50

FONTE: Ref. bibliog. 10

Por outro lado, esta utilização do espaço também interfere diretamente nas condições de segurança da circulação, da medida em que é um dos fatores comprovadamente ligados à ocorrência de acidentes.

A segunda característica importante do estacionamento, é que ele está intimamente ligado às atividades das pessoas que querem estacionar, o que faz com que, numa dada cidade, ele varie no espaço e no tempo: há mais procura de vagas nos locais de atividade mais intensa (ruas comerciais) e nos horários em que as atividades são mais intensas; mais ainda, o estacionamento tem uma duração também diretamente ligada ao tipo de atividade das pessoas envolvidas: dura 15 a 20 minutos quando se vai ao banco, e várias horas quando se estaciona para trabalhar.

A figura 1 e as tabelas 1 e 2 mostram algumas destas características, resultado de estudos realizados no exterior.



A: Exemplo de baixo nível de congestionamento e estacionamento de curta duração.

B: Exemplo de alto nível de congestionamento e estacionamento de curta duração.

C: Exemplo de alto nível de congestionamento e estacionamento de longa duração.

FONTE: Ref. 2

TABELA 2 — TEMPO MÉDIO DE ESTACIONAMENTO POR MOTIVO DE PARADA

Faixa de População	Número de Cidades	Compras	Negócios	Trabalho	Vendas e Serviços	Outros	Todos
5-10	2	0.5	0.5	2.8	0.5	0.7	1.0
10-25	14	0.6	0.6	3.1	0.6	0.9	1.1
25-50	16	0.6	0.7	3.4	0.6	1.0	1.3
50-100	5	0.7	0.7	3.8	0.6	1.1	1.4
100-250	13	1.0	0.9	3.8	0.5	1.3	1.6
250-500	6	1.3	1.1	4.8	0.7	1.4	1.9
500-1000	4	1.3	1.3	4.8	1.0	1.4	2.2
Acima de 1000	3	1.8	1.5	5.6	1.0	1.9	3.0

FONTE: Ref. bibliog. 10

Tipos de Estacionamento

Existem dois tipos básicos de estacionamento; na via e fora dela. O estacionamento na via, junto ao meio-fio, é o mais comum de todos e pode estar ou não regulamentado pela autoridade de trânsito. Assim, existem os estacionamentos totalmente liberados, os totalmente proibidos e os parcialmente proibidos (em horários de pico, por exemplo); analogamente, existem os estacionamentos na via por tempo limitado e sujeitos a cobrança (Zonas Azuis) e outros liberados sob certas condições (a 45° com relação ao meio-fio, com duas rodas sobre a calçada, com exclusividade para determinado tipo de veículos etc).

Quanto aos estacionamentos fora da via, podem ser públicos ou privados, em lotes superficiais ou em garagens construídas, gratuitos ou pagos; internamente, podem ter vários tipos de operação e cobrança: manuais, automáticas ou através de funcionários.

9.3 MÉTODOS

9.3.1 Características gerais

Os estudos de estacionamento podem ser divididos em dois tipos básicos, o abrangente e o limitado (ou específico).

O estudo abrangente destina-se a avaliar os problemas de estacionamento de grandes áreas, sendo portanto complexo e custoso. É normalmente aplicado à zona central de cidades médias ou grandes e envolve a análise de aspectos técnicos, legais, institucionais e financeiros.

De maneira geral, entram em consideração os seguintes fatores*:

- demanda de estacionamento (levantamento complexo e custoso, devido à necessidade de entrevistas, uma vez que a escassez de vagas força os motoristas a estacionar onde é possível e não onde eles realmente querem ir)
- capacidade e utilização dos estacionamentos existentes, nas vias e fora dela
- localização e influência dos geradores de estacionamento (lojas, escritórios etc)
- situação/adequação da regulamentação existente
- disponibilidade de recursos para atendimento das necessidades
- responsabilidade sobre este atendimento
- necessidades futuras de estacionamento
- programas viáveis para atendimento das necessidades.

* Ref. bibliog. 10.

No caso de cidades pequenas, o conhecimento dos hábitos da população e a identificação relativamente fácil dos geradores de estacionamento, podem simplificar bastante o estudo, principalmente através da eliminação (ou diminuição acentuada) das entrevistas. Neste caso, o estudo "abrangente" pode ser chamado de "simplificado".

O estudo limitado, destina-se a responder a questões específicas, localizadas, sendo portanto menos complexo e menos custoso que o estudo abrangente. Entre suas aplicações estão:

- levantamentos das necessidades de polos geradores específicos, como escritórios, lojas, terminais etc.
- avaliação das conseqüências de regulamentação de estacionamento em determinados locais
- avaliação da viabilidade da implantação de estacionamentos rotativos de curta duração ("Zonas Azuis").
- avaliação da utilização (e respeito) dos estacionamentos existentes.

9.3.2 Estudos específicos

Acumulação; O estudo de acumulação de veículos é o mais fácil de ser realizado mas não fornece grande variedade de dados.

Como o próprio nome diz, ele informa a respeito do número de veículos estacionados acumulados numa determinada área, num período de tempo. Com a rotatividade dos veículos estacionados sempre existe (por menor que seja), esta "quantidade acumulada" de veículos muda sempre que um veículo sair ou entrar em uma vaga qualquer da área de estudo; em função disto, o estudo de acumulação só seria perfeito se fosse possível observar todas as vagas da área simultânea e ininterruptamente. Tal procedimento é quase sempre impossível, devido aos altos custos que acarreta. A contagem dos veículos estacionados é feita então periodicamente, num intervalo de tempo escolhido pelo técnico (15, 30, 60 minutos etc): a cada passagem é anotado o número de veículos estacionados, fazendo-se tantas passagens quantas forem necessárias para cobrir o período estipulado.

O levantamento é feito através de observação visual e anotação em ficha de campo apropriada. A maneira mais econômica é a do pesquisador que percorre a área dentro de um veículo (dirigido por outra pessoa), ajudado ou não por um ou mais pesquisadores, conforme a "densidade" do estacionamento. Dependendo da disponibilidade de recursos e do treino dos pesquisadores, os registros podem ser feitos através de gravador.

Sendo a área grande, deve ser feita antecipadamente uma divisão dos percursos a serem cobertos. Cada percurso deve ser tal que o veículo o percorra dentro do tempo de passagem escolhido, retornando ao ponto inicial em tempo de recomeçar o levantamento dentro do esquema previsto.

É importante lembrar que este levantamento não informa nada a respeito da duração média do estacionamento e da rotatividade das vagas, sendo portanto, apenas um indicador da utilização global das vagas disponíveis.

Duração e Rotatividade; Estas duas informações enriquecem significativamente o conhecimento a respeito do estacionamento no local. Sua obtenção é mais trabalhosa do que a da acumulação e requer planejamento mais demorado.

A duração média do estacionamento pode ser obtida de duas maneiras: através da entrevista ou pela marcação periódica dos veículos; a rotatividade, por sua vez, é obtida pela tabulação dos registros das chapas dos veículos.

Este procedimento, de anotação periódica de chapas, permite, após tabulação no escritório, estimar o tempo de permanência de cada veículo estacionado. A anotação é feita em ficha de campo apropriada, sendo que o pesquisador segue um roteiro pré-estabelecido, passando em cada local várias vezes, segundo um "tempo de passagem" escolhido.

Este tempo de passagem, à semelhança do ocorrido no estudo de acumulação, depende dos recursos disponíveis e das características do estacionamento pesquisado.

Assim, se a rotatividade for baixa (duração média do estacionamento de várias horas), passagens com intervalo de 1 hora são mais do que suficientes; se a rotatividade é alta (Zona Comercial, Bancos etc), é necessário diminuir o intervalo de passagens, para que não se perca muitos veículos que estacionem por períodos curtos.

Quanto mais frequentes forem as passagens, mais acurados serão os dados mas aumentam consideravelmente os custos e a tabulação.

9.4 PLANEJAMENTO

9.4.1 Levantamento preliminar

Dada a complexidade do fenômeno e a variação constante de suas características, o estacionamento deve sempre ser objeto da pesquisa a mais abrangente possível.

A limitação dos recursos humanos e materiais, no entanto, normalmente leva à redução do estudo ao mínimo necessário para a avaliação do local; a função do técnico é, portanto, dimensionar a "pesquisa mínima" que deverá ser feita e para tanto ele precisa conhecer bem a natureza do problema com que se defronta e suas características.

Assim sendo, toda pesquisa de estacionamento necessita obrigatoriamente de um conhecimento prévio da situação, obtido através de um levantamento da situação existente no local a ser estudado e, se possível, do conhecimento de algumas das características da "atividade" estacionamento (rotatividade aproximada, período de ocorrência etc). Tudo isto pode ser obtido através da chamada "pesquisa-teste" ou "pré-pesquisa", conforme explicado no capítulo 3.

Este levantamento preliminar deve ser feito conforme explicado no capítulo 14, "Inventário Viário", e deve conter no mínimo:

- sinalização existente, quadra a quadra
- locais e horários de maior incidência de estacionamento
- apreciação simplificada da relação oferta/demanda de vagas
- polos "geradores" de estacionamento que presumivelmente têm relação com o estacionamento
- estacionamentos fora-da-via (localização, capacidade, tipo de operação e de cobrança etc).

Local: as pesquisas devem ser realizadas nos locais onde há alguma característica ligada ao estacionamento que se deseja conhecer. Normalmente, eles são (a) polos geradores de tráfego (b) vias comerciais de alta demanda de estacionamento e carga e descarga.

Horário: deve procurar abranger os picos do estacionamento, que ocorrem em função do uso do solo que gera este estacionamento. É importante procurar colher dados nas horas próximas deste pico, para poder visualizar seu aparecimento.

Dia: normalmente a pesquisa em um dia útil é suficiente para mostrar as características do estacionamento, salvo quando o uso do solo provoca alterações no comportamento do tráfego, conforme o dia da semana (ex. estádios de futebol).

Fichas de Campo: para pesquisa de quantidade, é suficiente obter dados de número de veículos estacionados por lateral de quadra, por período (fig. 2). As laterais têm de ser rigorosamente compatíveis com o mapa preparado para o local. Para pesquisa de rotatividade, é necessário ter lugar para marcar a chapa dos veículos (fig. 3). Nestas, as vagas sem veículo estacionado são preenchidas com um traço horizontal (—) e as chapas que forem encontradas na mesma vaga em passagens sucessivas com um sinal do tipo (✓). As laterais de quadra devem estar numeradas rigorosamente de acordo com o mapa preparado para a pesquisa. Para entrevistas, é necessário providenciar espaço para todas as informações desejadas. (fig. 4).

Mapas: para pesquisa de acumulação, é necessário o mapa com as quadras e as laterais numeradas em seqüência compreensível, além do percurso a ser feito pelo pesquisador.

Para a pesquisa de rotatividade é necessário, além da numeração das laterais, a numeração das vagas existentes em cada lateral.

Recursos Humanos e Materiais: conforme discutido no item "método".

FIGURA 2



Companhia de Engenharia de Tráfego

SETOR DE PESQUISA ITE - ENT
SUB-ÁREA _____

PESQUISA DE ESTACIONAMENTO NA ÁREA CENTRAL

Quadra	Lateral	1ª Passagem		2ª Passagem		3ª Passagem		4ª Passagem		Média (veíc)	Sinalização Existente	Nº de guias rebolxados	Estacionamento Fora da Via
		Hora	Veíc.	Hora	Veíc.	Hora	Veíc.	Hora	Veíc.				

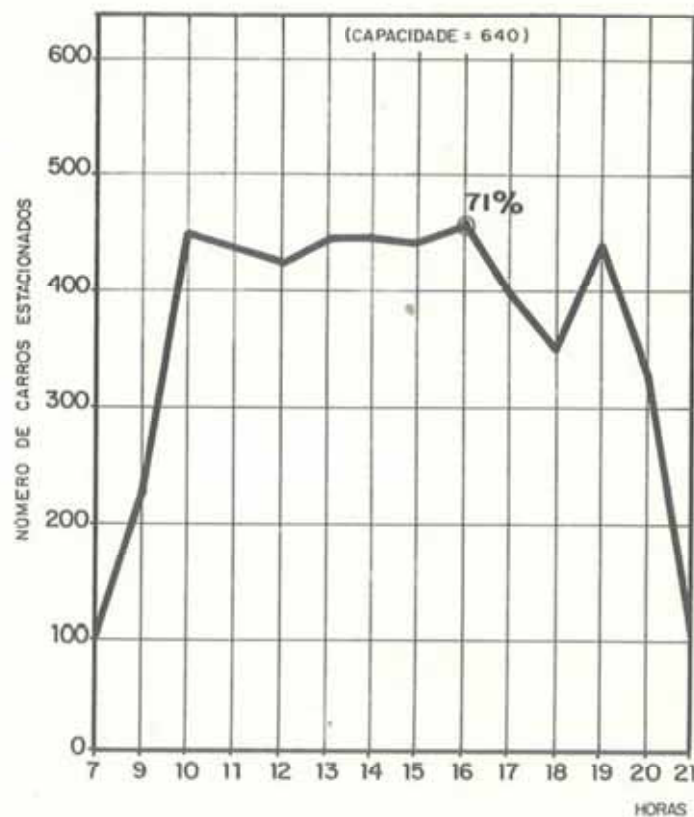
DATA: ___/___/___ PESQUISADOR: _____ SUPERVISOR: _____

9.5 TABULAÇÃO

9.5.1 ESTUDOS DE ACUMULAÇÃO

Os dados de campo são arranjados de forma a mostrar a variação horária da demanda. Para melhor visualização, pode-se marcar a capacidade do local, em número de vagas, conforme vista na fig. 5.

FIG. 5: ESTACIONAMENTO-ACUMULAÇÃO



9.5.2 ESTUDOS DE ROTATIVIDADE

Em primeiro lugar, calcula-se a rotatividade, que é o número médio de veículos estacionados por dia em cada vaga, durante o período de pesquisa. Esta rotatividade pode ser calculada tanto no global da área quanto para cada lateral da quadra.

$$\text{rotatividade } R = \frac{\text{n.º veículos diferentes estacionados}}{\text{número de vagas}}$$

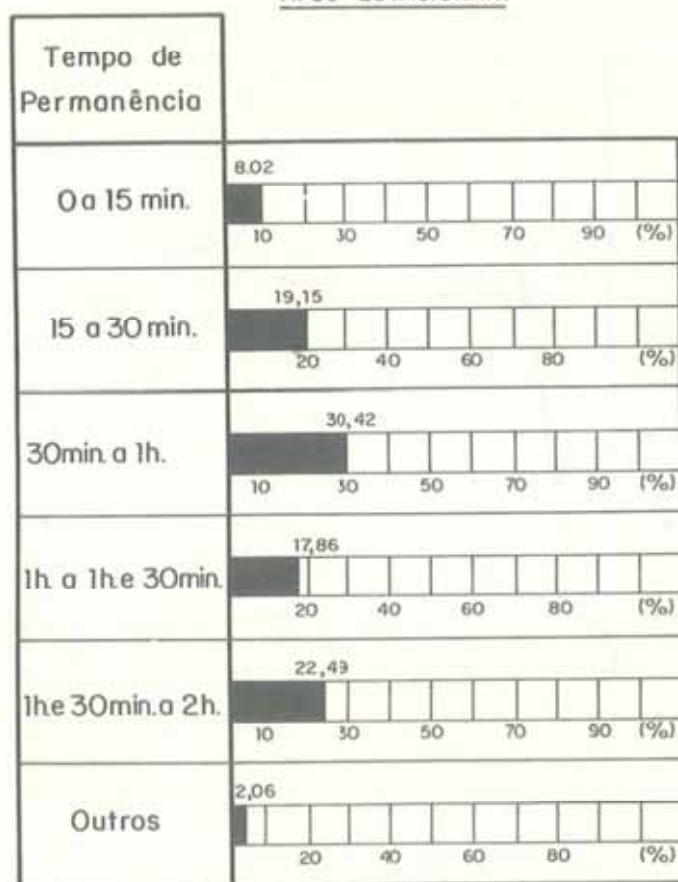
Em segundo lugar, pode-se calcular a quantidade de estacionamento (veic x h) produzido na área. Isto é feito dividindo o número de veículos vistos, pelo número de passagens realizadas por hora (cada passagem representa uma contagem).

Em terceiro lugar, calcula-se a duração média de estacionamento, dividindo a quantidade de estacionamento pelo número total de veículos diferentes observados. (Este valor é um pouco maior do que a média real pois não são observados todos os veículos que estacionam).

9.5.3 ENTREVISTAS

As entrevistas podem ser tabuladas em termos numéricos e depois terem seus resultados representados graficamente (fig. 6).

FIG. 6 - O TEMPO DE PERMANÊNCIA DOS ENTREVISTADOS APÓS ESTACIONAR.



FONTE: EMURB, "PESQUISA DE CARACTERIZAÇÃO DO USUÁRIO DA ZONA AZUL" 1978.

10

pesquisa de ocupação de veículos

10.1 OBJETIVO

O objetivo da pesquisa de ocupação de veículos é o de avaliar quantas pessoas são transportadas em média pelos veículos analisados, que normalmente são autos, táxis ou ônibus (coletivos em geral).

Utilização dos Dados

Os dados sobre ocupação permitem avaliar o contingente de pessoas que circula pelo local objeto de análise. O conhecimento deste contingente é importante para fazer a avaliação da comunidade que é atingida pelas condições de tráfego locais, e pelas eventuais modificações realizadas.

Assim, além de trabalhar com a quantidade de veículos em circulação, a engenharia de tráfego trabalha também com a quantidade de pessoas que usa os equipamentos existentes.

A primeira utilização, portanto, refere-se à quantificação pura e simples da população que passa pelo local, como uma de suas principais características: a av. Radial Leste, por exemplo, carrega na hora de pico da manhã (sentido bairro-centro), 23.000 pessoas por ônibus, 4.500 pessoas por automóveis e 1.400 pessoas por taxi (lotação).

A segunda utilização é a comparativa, tanto dentro de uma mesma via, quanto entre vias diferentes. Olhando o mesmo exemplo dado da av. Radial Leste, vemos que qualquer benefício aos ônibus é muito mais significativo, pois os usuários deste meio de transporte correspondem a 72% do total que circula pela via; na análise de um projeto de faixa exclusiva, por exemplo, a comparação entre os benefícios para os usuários de ônibus e os (possíveis) malefícios para os usuários de autos é crucial e só pode ser feita por meio dos dados de ocupação.

A comparação entre vias, por outro lado, é importante quando se deseja diferenciá-las segundo a população que servem, para fins de decidir em qual delas devem ser utilizados os recursos disponíveis; evidentemente, a escolha recairá sobre a via que transportar a maior população.

OBS: No campo específico dos transportes, os dados de ocupação são fundamentais no processo de modelagem de viagens e de sua atribuição à rede viária-existente: uma vez definida pelo modelo a taxa de geração/atração de viagens, esta é dividida pela ocupação média para gerar a quantidade de veículos que circulará pelas vias. Exemplificando, se entre uma origem e um destino

estão previstas 10.000 viagens de auto, e se a ocupação média destes veículos é de 1,5 (ocupantes/veículo), a quantidade de autos em circulação será de $10.000 \div 1,5 = 6.700$.

10.2. CARACTERÍSTICAS DO FENÔMENO

Os veículos cuja ocupação normalmente se mede são o automóvel particular, o taxi e o ônibus, uma vez que juntos transportam quase a totalidade das pessoas.

A primeira característica importante da ocupação é que, ao contrário de variáveis como velocidade e tempo de percurso, trata-se de variável discreta, ou seja, que assume apenas valores pontuais. Assim, a ocupação de um auto ou taxi pode assumir os valores 1, 2, 3, 4 etc., enquanto a dos coletivos assumem valores 10, 15, 21, 35 etc.

Como qualquer fato ligado à circulação de pessoas e bens no espaço urbano, a ocupação dos veículos é função do uso do solo, do motivo do deslocamento, do horário, do dia etc; varia também de acordo com o tipo de transporte utilizado, na medida em que cada um deles serve um público específico, com atividades específicas.

Assim, a ocupação dos ônibus tem picos acentuados de manhã e à tarde, pois nestes horários é que a grande maioria de seus usuários está indo ou voltando do trabalho; a ocupação dos autos e taxis, por outro lado, mostra (caso de São Paulo) variações bem menos acentuadas ao longo das horas e às vezes difíceis de enquadrar em algum tipo de "padrão". Pesquisas realizadas em São Paulo pela CET (assim como em vários lugares do mundo) mostraram que a ocupação varia ao longo do dia e entre os dias "úteis" e "não úteis"; de qualquer forma o fator básico para explicar esta variação é o tipo da viagem que é feita pelos passageiros observados e ela deve nortear a escolha dos horários.

Quanto ao uso do solo, a influência também é muito visível nos ônibus, na medida em que as vias que percorrem bairros muito populosos, de renda não alta e que servem regiões de concentração industrial ou comercial/de serviços, têm ônibus muito mais "carregados" que as vias de regiões de renda alta ou média. O mesmo fenômeno se verifica na ocupação dos autos, por exemplo, que é menor nas regiões de renda alta.

Damos a seguir alguns dados sobre a ocupação de autos, taxis e ônibus, encontradas em São Paulo pela CET.*

TABELA 1: OCUPAÇÃO DE AUTOS, TAXIS E ÔNIBUS EM SÃO PAULO

Veículo	Ocupação (Pessoas/veic.)	
	Manhã	Tarde
AUTO	1,46	1,59
TAXI	1,84	1,80
ÔNIBUS B-C (CORREDORES PRINCIPAIS) C-B	45	25
	20	44

10.3. MÉTODOS

Os métodos de levantamento de ocupação são geralmente de observação visual e anotação.

No caso de autos e taxis, o(s) pesquisador(es), postado(s) ao lado da via, registra(m) os veículos em classes correspondentes à ocupação (1, 2, 3, 4, 5 e 6 ou mais ocupantes, por exemplo). Tem a vantagem adicional de, salvo erro de observação, fornecer simultaneamente o fluxo de tráfego no local.

* FONTE: Relatório CET "Índice de Ocupação de Autos e Taxis" Abril/1982 e "Perfil do Trânsito", Dezembro/1982.

No caso de ônibus, estes são enquadrados em "classes de ocupação", normalmente em passo de 20 em 20 (0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100), método que implica em certos erros e por isto é chamado "estimativa de ocupação". O pesquisador postado na calçada observa a passagem do ônibus e o classifica dentro de uma das classes estipuladas.

Outro método conhecido (mas mais raro na engenharia de tráfego) é o da pesquisa no interior do ônibus: o pesquisador, sentado, anota a ocupação do ônibus no ponto inicial e o número de passageiros embarcados/desembarcados em cada ponto de parada. É um método bastante preciso, muito usado em planejamento de transportes, pois permite a visualização do carregamento da linha em toda a sua extensão.

10.4 PLANEJAMENTO

Local: a pesquisa deve ser feita num ponto que permita boa visibilidade dos veículos. No caso de autos, recomenda-se um trecho de baixa velocidade e, no caso de ônibus, junto a um ponto de parada.

Horário: para pesquisas de quantificação de usuários, o horário deve ser coincidente com o da pesquisa de volumes. Esta última, portanto, é que determinará o horário, em função do interesse do técnico. Deve-se no entanto tomar o cuidado de "cruzar" os dois dados, pois nem sempre o pico do volume de veículos corresponde ao pico do volume de passageiros. Para pesquisa de qualificação do "fenômeno" ocupação, o horário deve ser o que corresponde ao interesse do técnico, em função das características que ele deseja conhecer: por exemplo, para obter a variação horária da ocupação, pode-se colher amostras de trinta minutos em vários horários etc.

Data: os dias úteis refletem melhor as condições gerais do tráfego e por causa disto são os mais indicados para a pesquisa.

Amostra: deve ser calculada conforme explicado no capítulo 15, Anexo Estatístico. Algumas considerações importantes são:

a) a ocupação de autos e taxis não costuma variar muito entre as horas e entre os dias da semana; portanto, as amostras não precisam ser muito grandes. Recomenda-se como mínimo para caracterizar um período (pico da manhã por exemplo) que se faça levantamento durante trinta minutos.

b) as ocupações de ônibus variam mais acentuadamente e por causa disto as amostras precisam geralmente ser maiores; recomenda-se, para caracterizar um pico, que a pesquisa seja realizada no mínimo durante duas horas.

Ficha de Campo: no caso de pesquisa com autos ou taxis, a ficha de campo deve ter dois dados básicos, hora e ocupação (fig. 1), além dos outros necessários à caracterização da pesquisa.

No caso de pesquisa externa com ônibus, os dados básicos são a hora e a classe de ocupação (fig. 2); para pesquisa interna, são a hora, volume inicial de passageiros e número de passageiros entrando e saindo por ponto (fig. 3).

Mapa: para pesquisa com autos/taxis, e para pesquisa externa com ônibus, o mapa é simples, devendo conter apenas os locais da pesquisa, e o sentido a ser observado; para pesquisas internas com ônibus, é necessário marcar a localização dos pontos de parada.

Recursos Humanos e Materiais: — Pesquisa com autos/taxis: tudo depende do volume de veículos e da largura da via. Para vias de até três faixas e volume horário inferior a 1000 veículos/hora, um pesquisador bem treinado pode realizar sozinho o trabalho em um ponto da via; caso a largura ou o volume sejam maiores, um segundo pesquisador é necessário, ou para ditar os valores enquanto o primeiro marca ou para responsabilizar-se por parte do fluxo.

FIG. 2: FICHA DE CAMPO PARA PESQUISA EXTERNA DE OCUPAÇÃO DE ÔNIBUS (ESTIMATIVA VISUAL).

OCUPAÇÃO DE ÔNIBUS (Estimativa visual)													
VIA _____													
SENTIDO _____				POSTO (nº) _____									
HORA	LINHA	CLASSE DE OCUPAÇÃO					HORA	LINHA	CLASSE DE OCUPAÇÃO				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
		1 o 20	21 o 40	41 o 60	61 o 80	81 o 100	+	de	100				
DATA _____							PESO _____						
TEMPO _____							SUP _____						

FIG. 3 - FICHA DE CAMPO PARA PESQUISA INTERNA DE OCUPAÇÃO DE ÔNIBUS.

UTILIZAÇÃO DE ÔNIBUS					
LINHA _____			SENTIDO _____		
Nº _____			ÍNICIO _____		
PONTO	LOCALIZAÇÃO	PASSAGEIROS			OBS.:
		ENTRANDO	SAINDO	OCUPAÇÃO	
INICIAL		—	—		
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					
08					
09					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					

DATA _____ PESO _____

TEMPO _____ SUP _____

Se for utilizada a ficha comum (fig. 1) diretamente no campo, o pesquisador fará marcas (□) nos lugares apropriados e não será necessário usar contadores: em outra situação, pode-se usar contadores, tantos quantos forem as classes de ocupação adotadas.

— Pesquisa externa com ônibus: é parecida com a de autos/taxis, com a vantagem de que o volume de ônibus é quase sempre bem menor, podendo um pesquisador realizar sozinho o trabalho em um ponto da via, utilizando a própria ficha de campo (fig. 2).

— Pesquisa interna com ônibus: para cada ônibus, utilizar um ou dois pesquisadores, conforme for o volume de passageiros. Se este é baixo (ocupação média inferior a 40), um pesquisador bem treinado pode observar tanto a porta de saída quanto a de entrada, anotando todos os valores necessários; se a ocupação é alta, são necessários dois pesquisadores, um à frente e outro atrás do ônibus, cada um responsável por uma porta. Em qualquer caso, é utilizada a ficha de campo diretamente (fig. 3).

10.5. TABULAÇÃO DOS DADOS

Autos e Taxis

A própria ficha de campo fornece tanto o índice de ocupação quanto o volume de veículos (referente ao período pesquisado).

Observando a fig. 4, vemos que no caso foram observados 65 veículos com 01 ocupante, 27 com 02, 06 com 03, 03 com 04, 01 com 05 e 01 com 06 ou mais. O total de veículos é portanto de 103. O total de passageiros é o somatório dos produtos veículos x ocupação, no caso igual a

$$\begin{array}{r}
 65 \times 01 = 65 \\
 27 \times 02 = 54 \\
 06 \times 03 = 18 \\
 03 \times 04 = 12 \\
 01 \times 05 = 05 \\
 01 \times 06 = 06 \\
 \hline
 160 \text{ passageiros}
 \end{array}$$

O índice de ocupação, para o local e período, é de 160 passageiros dividido por 103 veículos, igual a 1,55.

Se a pesquisa se estende por períodos longos, pode-se obter índices de ocupação de hora em hora ou por qualquer fração de tempo desejada.

Ônibus

A figura 5 mostra uma ficha de campo de estimativa visual de ocupação, preenchida.

O primeiro passo consiste em montar uma tabela com os valores ordenados.

Em seguida, procede-se ao cálculo do índice de ocupação dividindo, analogamente ao caso dos autos e taxis, o total de passageiros pelo total de veículos. No caso, o total de passageiros é:

$$\begin{array}{r}
 7 \times 10 = 70 \\
 5 \times 30 = 150 \\
 4 \times 50 = 200 \\
 3 \times 70 = 210 \\
 5 \times 90 = 450 \\
 \hline
 1080 \text{ passageiros}
 \end{array}$$

onde 10, 30, 50, 70 e 90 são os "pontos médios" das classes de ocupação (0-20, 20-40, etc.). O índice de ocupação, é portanto:

$$\frac{1080}{24} \frac{\text{passageiros}}{\text{veículos}} = 45,0 \text{ pass/ônibus.}$$

FIG. 5: FICHA DE CAMPO PARA PESQUISA EXTERNA DE OCUPAÇÃO DE ÔNIBUS (ESTIMATIVA VISUAL).

OCUPAÇÃO DE ÔNIBUS (Estimativa visual)															
VIA		<u>AV. RADIAL LESTE</u>						SENTIDO		<u>C - B</u>		POSTO (nº)	<u>008</u>		
HORA	LINHA	CLASSE DE OCUPAÇÃO					HORA	LINHA	CLASSE DE OCUPAÇÃO						
17:00		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+	de 100
		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+	de 100
		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+	de 100
		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+	de 100
		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+	de 100
		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+	de 100
		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+	de 100
		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+	de 100
		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+	de 100
		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+	de 100
		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+	de 100
		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+		1 20	21 40	41 60	61 80	81 100	+	de 100

DATA 10-11-82 PESQ. NERZ. DE

TEMPO Bom SUP. ALTANIA

No caso de pesquisa realizada dentro do ônibus, a tabulação tem passos intermediários. A figura 6 mostra uma ficha de campo típica, preenchida.

Em primeiro lugar, é necessário obter a ocupação do ônibus entre pontos de parada, o que é feito subtraindo, a cada ocupação calculada, o número de passageiros desembarcando e adicionando o número de passageiros embarcando. (A primeira ocupação naturalmente é igual à do ponto inicial).

Em segundo lugar calcula-se a ocupação média do ônibus por viagem.

Se houver mais de uma viagem, pode-se calcular a ocupação média do ônibus entre as viagens (dentro de um período dado, por exemplo).

De qualquer modo, a diferença básica com relação à estimativa visual é que a pesquisa dentro do ônibus fornece inúmeros dados de ocupação (um para cada trecho entre pontos consecutivos), enquanto que a outra fornece apenas um dado referente ao local onde é feita a estimativa.

FIG. 6 - FICHA DE CAMPO PARA PESQUISA INTERNA DE OCUPAÇÃO DE ÔNIBUS.

UTILIZAÇÃO DE ÔNIBUS					
LINHA <u>FÁBRICA - PINAÍROS</u>		SENTIDO <u>C-B</u>			
Nº <u>212-A</u>		ÍNICO <u>17:00</u>			
PONTO	LOCALIZAÇÃO	PASSAGEIROS			OBS.:
		ENTRANDO	SAINDO	OCUPAÇÃO	
INICIAL				15	
01		5	0	20	
02		7	0	27	
03		8	1	34	
04		5	1	38	
05		15	5	48	
06		22	2	68	
07		10	8	70	
08		5	10	65	
09		3	13	55	
10		2	12	45	
11		10	5	50	
12		8	2	56	
13		3	3	56	
14		2	2	56	
15		5	4	57	
16		6	5	58	
17		10	3	65	
18		5	6	64	
19		5	5	64	
20	FINAL		64		
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					

DATA 10.10.80 PESO LUIZ
 TEMPO 80% SUP SÔNIA

Produtos Finais

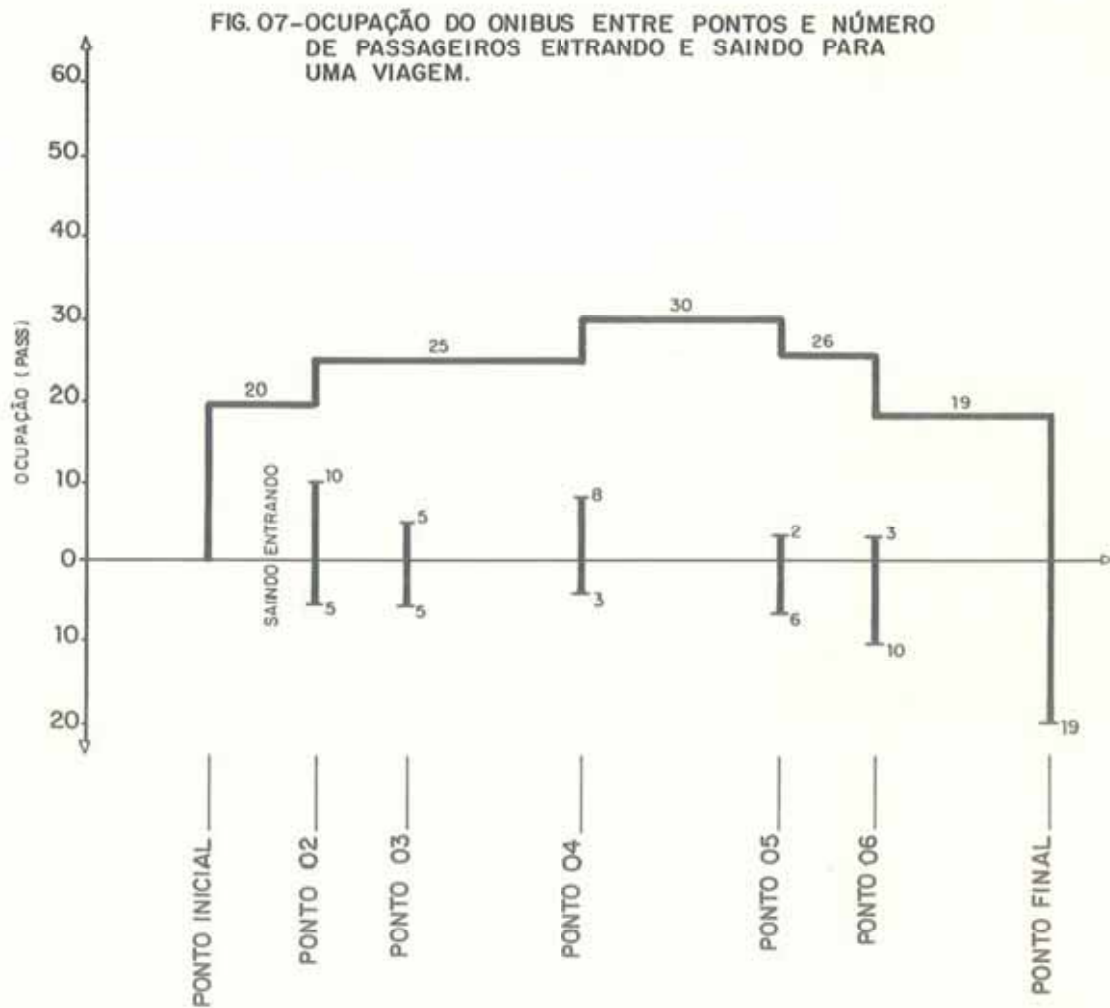
Autos e Taxis

Além dos índices de ocupação isolados, pode-se construir gráficos e tabelas que ilustrem características interessantes do fenômeno (no caso de estudos mais extensos). Assim, poder-se-ia mostrar as relações (entre outras):

- índice de ocupação × região da cidade
- índice de ocupação × hora do dia
- índice de ocupação × dia da semana
- índice de ocupação × sentido circulação

Ônibus

- a) estimativa visual: o dado básico é o próprio índice de ocupação no local pesquisado. Pode-se também mostrar variações no tempo (hora-a-hora), no espaço (via-a-via por região) etc.
- b) pesquisa interna: o maior número de dados permite a apresentação de gráficos mais detalhados. Assim, pode-se mostrar a ocupação do ônibus entre cada par de pontos e a quantidade embarcada/desembarcada em cada ponto (fig. 7).



11.1 OBJETIVO

O objetivo da pesquisa de atraso em interseções é o de avaliar o tempo gasto a mais pelos veículos, causado pela interseção e seus dispositivos de controle, e pelo tráfego presente.

Esta noção, de tempo a mais, refere-se à diferença entre o tempo livre de percurso, ou seja, feito à velocidade constante (sem impedimentos) e o tempo real ou seja, incluindo todas as desacelerações, paradas e acelerações envolvidas na passagem pela interseção.

Esta diferença, expressa em segundos por veículos (ou em veículos-segundos, quando se quer exprimir a perda total dentro de um período) é então o produto básico da pesquisa. Pode ainda ser sub-dividido, pois o atraso na realidade é composto de três parcelas básicas, desaceleração, parada e aceleração; no entanto, devido à dificuldade de medi-las isoladamente, normalmente o atraso é dado na sua forma global ou seja, como a diferença entre os tempos de percurso livre e real.

É importante salientar que a medição do atraso é apenas uma dentre várias medidas destinadas a avaliar a performance global da interseção, mas é sem dúvida a mais importante sob o ponto de vista da fluidez, pois mostra qual é o grau de impedimento imposto pela interseção aos veículos que por ela trafegam.

Dentro da engenharia de tráfego, a medição do atraso é importante pois ele significa consumo a mais de tempo e combustível.

Utilidade dos Dados

De maneira geral, o atraso na interseção mede sua eficiência operacional, conforme salientado atrás. Há, no entanto, várias formas de utilização dos dados, sendo as principais:

- a) avaliação da operação de uma dada interseção, com os dispositivos de controle que contém; está implícita a possibilidade de trocar o controle existente, por outro mais eficiente (que produza atraso menor).
- b) avaliação do tipo "antes-depois" de uma interseção na qual se trocou o controle anteriormente existente, e se quer avaliar a alteração no atraso geral.
- c) avaliação dos custos envolvidos na operação da interseção, normalmente relacionando o atraso com consumo de combustível e tempo perdido pelas pessoas envolvidas.

11.2 CARACTERÍSTICAS DO FENÔMENO

A variável fundamental, atraso, é aqui entendida como "tempo perdido devido aos atritos internos do tráfego e aos dispositivos de controle do mesmo (semáforos, placas de pare, etc); quanto maiores os atritos e os controles, maior será o atraso causado aos veículos.

Existe, portanto, uma noção implícita de tempo ideal de viagem (sem atrasos), em contraposição ao tempo real (com atrasos), sendo a diferença entre ambos o atraso propriamente dito.

Num caso extremo de inexistência de atritos e dispositivos de controle, como uma via expressa em horário fora de pico, o atraso seria zero ou seja, o tempo real seria igual ao tempo ideal.

No caso das interseções, todos os veículos estão sujeitos a algum tipo de atraso, salvo quando têm preferencial absoluta de passagem. Numa interseção sem sinalização, os veículos reduzem sua marcha normal antes de efetuar a travessia, atrasando-se; se houver placa de "PARE", os veículos a ela sujeitos sofrerão atrasos, o mesmo se dando, agora para todos os veículos, no caso de cruzamento semaforizado.

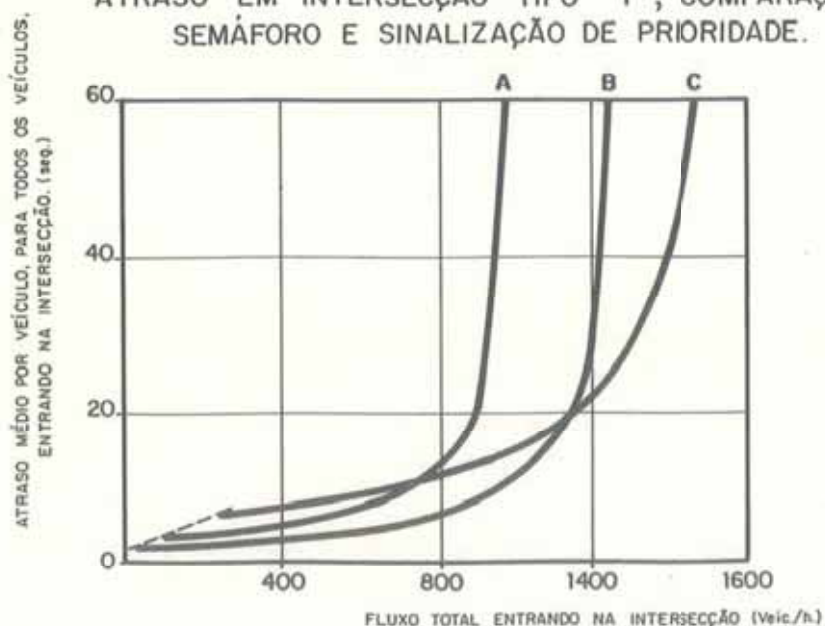
Assim sendo, o atraso médio por veículo que utiliza uma interseção (e o conseqüente atraso global para todos os veículos envolvidos) depende do grau de sua preferência de passagem, do tipo de controle envolvido, da magnitude e proporcionalidade dos fluxos conflitantes e das condições geométricas e de visibilidade da interseção.

De maneira geral, uma interseção sem sinalização é a que apresenta o menor atraso médio, devido aos baixos volumes, enquanto que aquela dotada de controles do tipo "PARE" e do tipo "semáforo" apresentam atrasos médios maiores.

É importante ressaltar que a existência de grandes atrasos não significa necessariamente uma operação inadequada da interseção, uma vez que as condições geométricas e de fluxo, podem levar a esta situação, sem que no entanto se deixe de considerar "otimizada" a operação.

Reproduzimos a seguir alguns gráficos ilustrativos do comportamento do fenômeno. (Fig. 1 e Fig. 2).

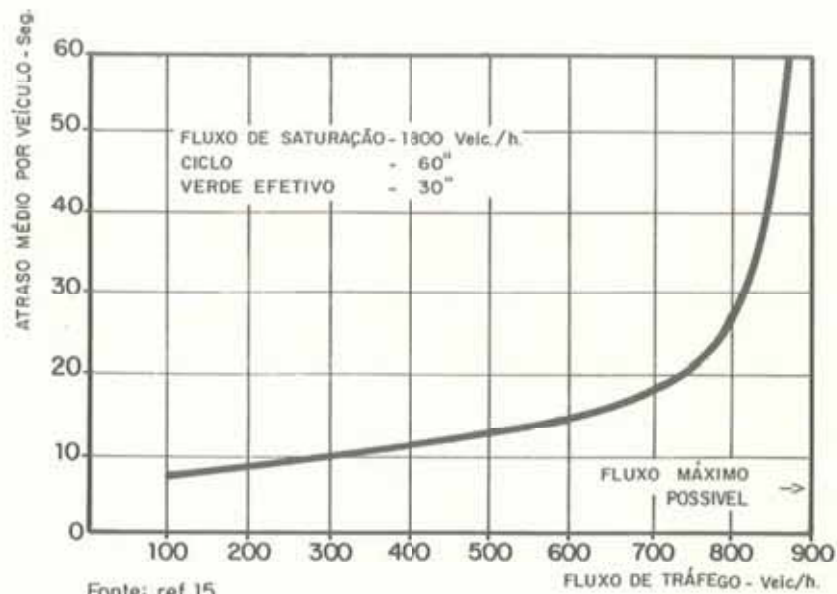
FIG. 1
ATRASO EM INTERSECÇÃO TIPO "T", COMPARAÇÃO ENTRE SEMÁFORO E SINALIZAÇÃO DE PRIORIDADE.



- A — COM SINALIZAÇÃO DE PRIORIDADE (boa visibilidade)
- B — COM SINALIZAÇÃO DE PRIORIDADE (má visibilidade)
- C — COM SEMÁFORO

OBS.: O gráfico é acompanhado de uma série de dados sobre fluxos, capacidades e comportamento do tráfego julgados irrelevantes por nós para a compreensão do fenômeno que se pretende ilustrar.

FIGURA 2

ATRASO EM APROXIMAÇÃO SEMAFORIZADA**Definições**

Atraso: tempo perdido (tempo gasto em "excesso") no percurso devido aos dispositivos de controle e aos atritos no tráfego; expresso em segundos ou minutos.

Atraso Parado: componente do atraso, correspondente ao tempo em que o veículo está virtualmente parado.

Atraso Médio por Veículo: atraso total no período dividido pelo fluxo de veículos da aproximação.

Atraso Médio por Veículo Parado: atraso total dividido pelo número de veículos que parou na aproximação.

11.3 MÉTODOS**11.3.1 INTRODUÇÃO**

Os métodos de medição do atraso são normalmente por observação direta no campo. Dada a complexidade do fenômeno e as rápidas passagens de uma fase a outra do mesmo, torna-se muito difícil medi-lo com precisão: basta imaginar a necessidade de observar e anotar o comportamento de uma aproximação semaforizada congestionada.

Assim sendo, em todas as medições de atraso em interseção, estão implícitos erros consideráveis, que os vários métodos tentam minimizar dentro do possível.

O mais preciso dos métodos é aquele que consegue observar todos os veículos envolvidos no trecho considerado, anotando todas as suas características. Isto só pode ser conseguido através da filmagem sincronizada do local ou da O/D de chapa, para posterior análise no escritório. Trabalha-se, portanto, com o universo e não com a amostra.

Todos os outros métodos amplamente difundidos trabalham com amostras da população de veículos, o que leva ao primeiro tipo de imprecisão na estimativa; o segundo tipo deriva do método em si, pelo fato de trabalhar com observação visual de um fenômeno essencialmente dinâmico que é a fila de veículos.

11.3.2 MÉTODOS QUE TRABALHAM COM A POPULAÇÃO TOTAL

O primeiro deles, e o menos custoso, é a pesquisa de origem-destino por chapa de veículos. (ver cap. 8). Trata-se de anotar a chapa e o tempo de passagem de cada veículo que utiliza a interseção, em seções anteriores e posteriores à mesma. Depois, no escritório, procede-se ao "casamento" das chapas, obtendo-se o tempo real de percurso de cada veículo entre as seções consideradas. Subtraindo-se deste tempo o tempo ideal de percurso (medido no campo ou calculado em função da velocidade média de aproximação), obtem-se o atraso. Como todos os veículos foram registrados, não há dúvidas de que a "amostra" (no caso, a população total), fornece os dados mais confiáveis* que se poderia obter.

Este método fornece portanto tempos de percurso e atraso com alta precisão mas não dá nenhuma informação sobre o atraso parado, por exemplo, ou sobre os ciclos desaceleração/aceleração. Outro método que permite apanhar todos os veículos é o da filmagem da interseção durante todo o período da pesquisa. Mais tarde, no escritório, procede-se ao levantamento do tempo de percurso e do atraso de cada veículo, obtendo-se assim valores altamente representativos. A vantagem com relação ao método anterior é que é possível analisar também outras variáveis importantes, como tempo parado, comprimento de fila, velocidade de formação/destruição de fila etc. Trata-se, no entanto, de processo extremamente trabalhoso.

11.3.3 MÉTODOS QUE TRABALHAM COM AMOSTRAS

a) Para obter tempo de percurso

A obtenção do tempo de percurso por amostragem pode ser feita de várias maneiras.

— por meio da pesquisa chapa \times tempo de passagem, obtida com uma amostra dos veículos (por exemplo, anotando-se apenas dois ou três finais da chapa).

— por meio de veículo teste que passa pela interseção várias vezes, anotando-se os tempos gastos; desaconselhável devido à elevada amostra necessária.

— por meio de um observador colocado em local alto, com boa visibilidade da interseção e que cronometra tempos de percurso de vários veículos.

— por meio de amostras de "densidade instantânea" na aproximação (número de veículos que ocupa, num dado instante), acompanhadas de dados acerca do volume de veículos que sai da aproximação no mesmo período de tempo.

b) Para obter atraso "parado"

O atraso "parado" pode ser obtido através de amostragem feita na aproximação, por meio da medição da fila a cada intervalo de tempo pré-fixado; havendo dados sobre a porcentagem de veículos que parou na aproximação, pode-se obter os atrasos médios por veículo e por veículo parado (ver "definições").

11.4 PLANEJAMENTO

Dado: o dado básico a colher é o tempo real de percurso dos veículos, entre as seções consideradas, em segundos (e décimos, dependendo da precisão desejada e do tempo médio de percurso). Este dado só é obtido no escritório, depois de "casadas" as chapas dos veículos, salvo quando a medição é direta, por meio de cronômetro ou veículo-teste.

Local: a pesquisa deve ser realizada em aproximações semaforizadas ou em trechos que contêm interferências cujo efeito sobre o tempo de percurso se deseja conhecer.

* Pode-se trabalhar com sub-amostras, conforme relatado no item seguinte.

No caso das pesquisas de chapa \times tempo, cronometragem e veículo-teste, a escolha das seções é crítica: como o que se está medindo é a interferência dos dispositivos e das características da interseção, é necessário locar os extremos do trecho fora dos locais de ocorrência de filas ou seja, naqueles em que a velocidade dos veículos ainda não foi afetada pela interseção. Para tanto, é necessário fazer uma avaliação visual prévia do tamanho máximo de fila que ocorre no local. No caso de avaliações "antes-depois" este procedimento é mais difícil pois não é possível antecipar com precisão qual será a fila máxima formada na situação "depois".

Horário

A pesquisa deve ser realizada nos horários em que o atraso for maior, o que significa (normalmente) pesquisar nas horas de pico dos fluxos de tráfego. A pesquisa em horas "fora de pico" pode ser desejável nos casos em que se considere que o semáforo esteja mal dimensionado neste horário, quando se deseja dados para caracterizar o local ou quando se deseja comparar horários diferentes.

Data

a) Dentro de um dia

Como os fluxos de tráfego mudam ao longo do dia, os atrasos também mudam; se a programação semafórica se altera, os atrasos variam. Isto faz com que seja necessário estabelecer períodos definidos de pesquisa, cada qual com suas características "fluxo-programação semafórica", que serão analisadas separadamente.

A primeira separação óbvia é aquela entre os períodos de pico e fora de pico; a segunda é aquela que segue a separação existente entre os programas semafóricos. Desta forma, o primeiro cuidado consiste em formar pares "fluxo-programação semafórica" para serem analisados individualmente. No caso, por exemplo, de um cruzamento comum operado com semáforo de tempo fixo e um único programa, poderiam ser formados três períodos básicos de pesquisa: pico da manhã, fora de pico e pico da tarde. Se o semáforo admite mais de um programa, os períodos serão tantos quantos forem os programas. Se, apesar do programa de pico manter-se constante, o fluxo dentro dele mudar bastante, pode-se criar "mini-períodos" dentro do período de pico, cada um correspondendo a uma dada situação.

Em qualquer caso, recomenda-se que o período de pesquisa nunca seja inferior a uma hora (salvo no caso de pequenas amostragens — ver método do atraso parado).

Os dados obtidos serão então valores médios nos períodos considerados (ex.: o atraso médio por veículo entre 17h00 e 18h00 é de 12,8 segundos).

No caso das comparações "antes-depois" estes cuidados são maiores ainda, pois é necessário saber com exatidão quais são as condições que originaram o atraso em cada período analisado na comparação.

b) Ao Longo da Semana

Os fluxos de tráfego variam de um dia a outro, fazendo variar o atraso. É necessário portanto ter ao menos uma idéia desta variação, para avaliar a necessidade de pesquisar mais de um dia a fim de obter algum tipo de média semanal. No caso de uma simples aferição do atraso para conhecimento do técnico, isto não é necessário, mas no caso de uma comparação "antes-depois": se esta precaução não for tomada corre-se o risco de, por exemplo, comparar os atrasos "antes-depois" de um semáforo reprogramado, sendo o "antes" referente a uma 2.ª feira e o "depois" a uma 5.ª feira, este com acréscimo de fluxo de 10% (comum em muitos casos). Pode-se tentar

minimizar este efeito pesquisando "antes" e "depois" no mesmo dia da semana, mas mesmo assim deve-se tomar cuidado com as condições gerais existentes (de tráfego e ambientais), observando se permaneceram aproximadamente as mesmas.

Amostra: deve ser dimensionada de acordo com o exposto no capítulo 15 "Anexo Estatístico".

No caso das pesquisas de chapa x tempo, cronometragem ou veículo-teste, a variável básica é o tempo de percurso. Ao contrário da pesquisa de velocidade/retardamento, em que os tempos de percurso não diferem muito e referem-se a trechos normalmente longos, fazendo com que a amostra mínima gire em torno de vinte valores, na pesquisa de atraso o tempo de percurso refere-se a um trecho curto e com interferência do semáforo: os valores variam acentuadamente, fazendo com que a amostra mínima passe para a casa da centena.

No caso da pesquisa de atraso parado, a variável básica pode ser a porcentagem de veículos que parou na interseção. Assim, o dimensionamento pode ser feito assumindo distribuição binomial tipo "sim/não" ("parou/não parou"), sendo que a referida porcentagem pode ser obtida por meio de um levantamento prévio (nas mesmas condições em que será realizada a pesquisa). A amostra mínima é

$$N = \frac{(1-p) x^2}{pd^2} \quad \text{onde}$$

N = número mínimo de veículos a observar

p = proporção de veículos que parou na interseção

x^2 = valor de qui-quadrado correspondente ao nível de confiança desejado

d = erro admissível na estimativa da porcentagem de veículo que parou

Ficha de Campo: para pesquisa de chapa, a ficha deve ter local para marcação da chapa, da hora e do instante de entrada/saída (fig. 2, cap. 8). Para a pesquisa de tempo de percurso com cronômetro, a ficha da pesquisa de velocidade pontual (fig. 1 cap. 6); para tempo de percurso com veículo-teste, a ficha da pesquisa de velocidade/retardamento (fig. 6, cap. 7).

Para pesquisa do atraso parado, a ficha deve ter espaço para marcação do intervalo de tempo e do número de veículos (fig. 3).

Recursos Materiais e humanos: deve-se seguir o exposto nos itens respectivos dos capítulos que tratam das pesquisas de velocidade pontual e velocidade/retardamento. No caso de pesquisa de atraso parado, recomenda-se um pesquisador por aproximação para a contagem dos veículos parados e outro para a separação entre "parou/não parou". Em casos de longas filas, ambos os pesquisadores podem ter um ajudante, para ditar os valores.

11.5 OPERAÇÃO

11.5.1 MÉTODO DE CHAPA X TEMPO DE PASSAGEM

O primeiro cuidado é o de definir exatamente os locais em que serão medidos os tempos de passagem; o segundo, é o de igualar relógios e cronômetros utilizados, de forma a eliminar quaisquer defasagens existentes.

Definido(s) o(s) final(is) de chapa a anotar (ou todos, se se quiser obter dados sobre a população), cada pesquisador deve tomar seu lugar, de forma a ficar o mais oculto possível dos motoristas. Nos horários estipulados, anotar a chapa e tempo de passagem de cada veículo designa-

do (pelo final da chapa) ou de todos os veículos (caso se vá pesquisar todos os veículos), na ficha de pesquisa. Caso seja necessário, anotar periodicamente a hora, ao lado da coluna dos dados de chapa x tempo.

Se houver veículos pesados ou ônibus cujos dados interessem, deve-se anotar seu tempo de passagem numa proporção semelhante à sua existência no tráfego, podendo-se distinguir estes tempos através de asteriscos ou sinais específicos.

Durante toda a pesquisa, deve ser observado se as condições básicas (de tráfego e ambientais) permanecem a mesma; caso contrário, anotar toda alteração que pareça influenciar os dados.

Terminada a pesquisa, os pesquisadores devem manter seus relógios e cronômetros funcionando e devem reunir-se, para desligá-los todos ao mesmo tempo, anotando então as possíveis defasagens, para posterior correção no escritório.

11.5.2 MÉTODO DO OBSERVADOR ELEVADO

Consiste na cronometragem dos tempos de percurso dos autos, entre um ponto anterior à seção e outro posterior a ela (ou na própria linha de retenção).

O pesquisador deve ter boa visibilidade do local e seu principal problema consiste em obter uma amostra adequada em qualidade e quantidade. Quanto à qualidade, ele precisa garantir a aleatoriedade na escolha dos veículos para não viciar a amostra: deve "reproduzir" a realidade, o que é feito observando tanto os veículos que sofrem retardamento quanto os que não sofrem. Do lado quantitativo, precisa anotar tempos de percurso em número elevado, de acordo com o dimensionamento da amostra.

11.5.3 OBTENÇÃO DO "ATRASO PARADO"

Os métodos anteriores obtêm o tempo total de percurso que, subtraído do tempo "ideal", fornece o atraso total. O atraso parado, no entanto, não pode ser obtido por estes métodos. A maneira de obtê-lo é medir a fila formada, em períodos de tempo pré-estabelecido e estimar então o atraso parado.

O pesquisador deve, a cada intervalo de tempo pré-fixado, anotar o número total de veículos parados na aproximação. Este intervalo não deve ser submúltiplo do ciclo, para evitar amostragem viciada. Assim, haverá períodos de fila grande e períodos de fila ZERO*, reproduzindo adequadamente a realidade do local.

A figura 4 mostra uma ficha de campo preenchida.

Outro dado importante refere-se à contagem dos veículos que se aproxima: enquanto um pesquisador conta o total, outro separa os veículo em "parou" e "não parou", para possibilitar calcular diferentes tipos de atraso.

11.6 TABULAÇÃO DE DADOS

11.6.1 MÉTODOS QUE OBTÊM TEMPO DE PERCURSO

O objetivo principal da tabulação é obter o atraso médio por veículo, na situação considerada; paralelamente, pode-se obter também o atraso total (por hora) da interseção analisada.

O atraso médio por veículo é obtido subtraindo-se do tempo real de percurso, o tempo ideal de percurso. O tempo real é o produto direto da pesquisa (no caso de pesquisa chapa x tempo, de veículo-teste ou de cronometragem) e o tempo ideal pode ser obtido de duas maneiras: me-

* A não ser que a aproximação esteja sempre congestionada.

FIG.4 - FICHA DE CAMPO PARA OBTENÇÃO DO ATRASO PARADO.

FONTE: Ref1

ATRASO (PARADO) EM INTERSEÇÃO						
INTERSEÇÃO <u>RUA A x RUA 3</u>						
APROXIMAÇÃO <u>RUA A</u>				SENTIDO <u>B-C</u>		
TEMPO (MINUTO COMEÇANDO EM)	NÚMERO TOTAL DE VEÍCULOS PARADOS NA APROXIMAÇÃO NO INSTANTE				VOLUME DE APROXIMAÇÃO	
	+ 0 SEG	+ 15 SEG	+ 30 SEG	+ 45 SEG	VEÍCULOS QUE PARARAM	VEÍCULOS QUE NÃO PARARAM
0800	0	0	2	6	8	10
0801	2	0	4	4	10	9
0802	3	3	6	0	12	15
0803	1	4	0	5	10	8
0804	0	5	0	1	5	11
0805	9	1	2	6	15	12
0806	3	0	7	0	10	7
0807	1	2	6	2	9	8
0808	5	7	5	0	16	13
0809	1	3	0	4	8	16
0810	3	0	6	5	10	10
SUB-TOTAL	28	25	38	33	113	119
TOTAL			129		-232	
DATA	10.12.83		PESO			
	BOM		SUP			
			JOSÉ LUIZ EDMUNDO			

dindo no campo o tempo de percurso de veículos desimpedidos ou adotando os menores valores registrados pela O/D de chapa, tomando o cuidado de eliminar os veículos em velocidade excessiva.

O tempo real pode também ser obtido para períodos curtos (hora em hora por exemplo), se houver interesse em analisar a mudança no atraso ao longo do tempo.

O atraso total da interseção, uma dada hora, pode ser obtido multiplicando-se o atraso médio por veículo (referente àquela hora) pelo volume veicular sujeito àquele atraso. Numa interseção de quatro aproximações, por exemplo, o atraso total seria a somatória de quatro produtos \times atraso, expresso em veic \times h/h.

11.6.2 MÉTODO DO ATRASO PARADO

Observando-se a figura 4, vê-se que o atraso parado pode ser calculado multiplicando o número total de veículos parados (volume 124) pelo período de amostragem (15 segundos). No caso, temos $125 \times 15 = 1860$ veic \times segundos de atraso total

O "atraso parado médio por veículo que parou" pode ser obtido dividindo-se o atraso parado total pelo número de veículos que parou na interseção (caso anotado). No caso, têm $1860/113=16,5$ seg/veic. parado. O "atraso parado médio por veículo que se aproximou" pode ser obtido dividindo-se o atraso parado total pelo volume veicular que se aproximou. No caso, temos $1860/232 = 8,0$ seg/veic.

12

pesquisa de capacidade

12.1 OBJETIVO

O objetivo da pesquisa de capacidade é o de obter a quantidade de veículos que a via consegue liberar na unidade de tempo, dentro das condições predominantes (da via, do tráfego e do ambiente).

A sua importância na engenharia de tráfego reside no fato de se constituir num dos elementos básicos da análise técnica, que reflete a quantidade de veículos que pode passar por uma via dentro das condições citadas. Aliada aos dados de fluxo de tráfego, a capacidade medida é com ele comparada (relação volume/capacidade), refletindo o que se costuma chamar "taxa de ocupação da via", ou seja, a porcentagem de sua capacidade que está sendo solicitada pelo fluxo de veículos. Assim, se a relação é menor do que um, ou seja, o fluxo é inferior à capacidade, a via não está congestionada, tem ainda capacidade a oferecer; se a relação é igual ou maior do que um, dá-se o contrário ou seja, o fluxo é superior à capacidade e a via está congestionada.

A obtenção da capacidade é tão importante, que inúmeros organismos de tráfego/transportes fizeram pesquisas de grande vulto, para obtenção de relações entre a capacidade e seus principais fatores determinantes. Estas pesquisas chegaram a relações bastante abrangentes* e confiáveis, que podem substituir (na maior parte dos casos) a pesquisa direta de que trata este capítulo. É importante salientar, portanto, que, se o conhecimento da capacidade é imprescindível, isto não quer dizer que ela precise ser obtida "in loco": normalmente, estima-se os valores utilizando os estudos citados e, caso as situações presentes não estejam neles previstas (ou por algum motivo se deseje grande precisão de valores), parte-se então para sua obtenção no campo.

Utilização dos Dados

Na prática da engenharia de tráfego, a capacidade é sempre utilizada em termos relativos ou seja, comparada ao fluxo de veículos que deseja passar pela via; numa analogia com categoria econômica, a capacidade seria a "oferta" e o fluxo, a "demanda".

No caso de fluxo contínuo, esta relação é praticamente o dado final do cálculo, pois a via é a unidade de raciocínio (não há cruzamentos em nível): conhecida a relação v/c , conhece-se quase que completamente a situação da via sob o ponto de vista de sua fluidez. Esta relação pode ser usada tanto para avaliar a situação presente, quanto as situações futuras (imaginando-se o crescimento do fluxo ao longo do tempo e mantendo ou não fixa a capacidade).

(*) ver especialmente refs. bibliog. 6, 11 e 15

No caso de fluxo interrompido, a relação v/c não é dado final do cálculo, pois há mais de uma via em consideração, sendo o objeto do estudo a interseção entre as vias consideradas. Como na interseção a área deve ser usada alternadamente pelas correntes conflitantes, de nada adianta conhecer a relação v/c de cada via isoladamente; o raciocínio é feito em conjunto e leva à tentativa de cálculo da capacidade da interseção e, normalmente, dos ciclos e tempos a serem adotados nos semáforos.

Em termos práticos, a capacidade é usada para:

- diagnosticar a situação atual de uma via: qual é a relação "volume/capacidade" que apresenta? Está próxima ou não do congestionamento?
- fazer prognósticos sobre a situação futura de uma via: com o aumento de volume previsto, qual será a relação v/c nos próximos 2, 5, 10 anos? Quando a via ficará congestionada?
- analisar a alteração do grau de saturação (v/c) de uma via com a mudança de suas condições físicas ou de circulação (aumento de largura, proibição de conversões etc).
- calcular ciclo e tempo de verde de interseções semaforizadas.
- prever conseqüências de alterações na circulação: com o desvio do fluxo para a outra via, qual será a situação criada?

12.2 CARACTERÍSTICAS DO FENÔMENO*

A capacidade das vias urbanas em fazer passar o tráfego de veículos depende de uma série de fatores relativos às condições da via, do tráfego e do ambiente.

A primeira diferença básica consiste na separação entre fluxo contínuo e fluxo interrompido.

O fluxo contínuo caracteriza-se pela ausência de impedimentos externos à corrente de tráfego. É o caso típico das vias expressas, que não têm nenhum tipo de sinalização externa (sinais de parada, semáforos) ao tráfego, que possa prejudicar sua fluidez; analogamente, a via não possui cruzamentos em nível. O tráfego flui livre destes impedimentos, e só apresentará lentidão ou diminuição de velocidade por fatores internos à corrente de veículos (acidentes, manobras, excesso de veículos em relação à capacidade etc). Devido a isto, a capacidade da via é determinada pelas suas características físicas (largura, topografia, visibilidade), e pelas condições de tráfego (fluxo, densidade) e do ambiente (condições meteorológicas).

O fluxo interrompido, por outro lado, caracteriza-se pela presença de impedimentos externos à corrente de tráfego, normalmente os sinais de parada obrigatória e/ou os semáforos. Estes elementos tornam obrigatória a parada de parte (ou de todo) do tráfego, fazendo com que a via, num determinado tempo (por exemplo uma hora), libere uma quantidade menor de veículos do que liberaria se não houvesse tais impedimentos. Esta explicação simplificada mostra não só a diferença na natureza dos dois tipos de fluxo (contínuo e interrompido) como também a diferença nas capacidades das vias, conforme operem num ou no outro regime de fluxo.

Quanto aos fatores que determinam o valor da capacidade, temos:

Fluxo Contínuo

- largura da via: quanto maior a largura, maior a capacidade
- declividade (porcentagem da rampa e comprimento dela): a capacidade é maior nos trechos em declive e menor nos trechos em aclive (em comparação ao trecho plano), sendo que o efeito aumenta com o comprimento em que existe a declividade

* para uma análise mais completa, ver refs. bibliog. 3, 4, 6, 15

— a distância dos obstáculos laterais: quanto mais próximos (defensas, muretas) mais prejudicam a capacidade

— composição do tráfego: ônibus e caminhões costumam ser mais lentos e, indiretamente, reduzem a capacidade (com relação ao que se obteria se trafegassem apenas veículos leves).

Fluxo Interrompido (para maiores detalhes ver refs. 6, 11 e 15)

fatores diretamente proporcionais:

largura, declividade negativa (descida), tempo de verde, visibilidade.

fatores inversamente proporcionais:

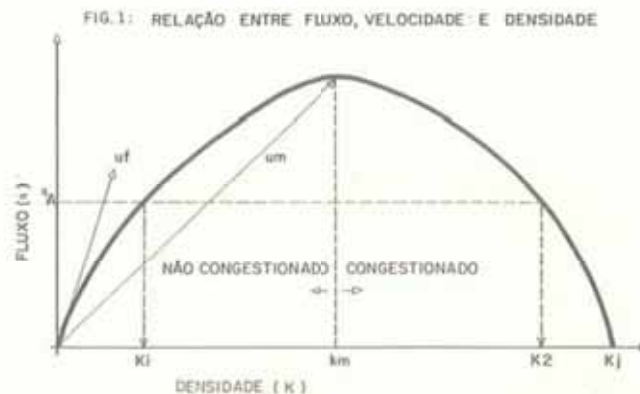
presença de veículos estacionados, declividade negativa (subida), ponto de ônibus.

Assim, a pesquisa de capacidade deve ser diferente, conforme a via em questão opere em regime de fluxo contínuo ou interrompido.

Curvas Representativas

Fluxo Contínuo

As variáveis fundamentais de fluidez do tráfego são o fluxo, a velocidade e a densidade. Seu relacionamento está amplamente discutido na literatura especializada e não é objeto deste trabalho. Para efeito da discussão sobre a pesquisa de capacidade, a relação entre as três variáveis é suficiente. A figura 1 ilustra esta relação.



Conforme se vê, a medida em que aumenta o fluxo, cai a velocidade média do tráfego e aumenta a densidade. Este comportamento é uniforme até um ponto máximo, em que o fluxo é o máximo possível, correspondente a uma densidade chamada crítica e a uma velocidade média ideal. Nesta combinação, a via está descarregando o maior número possível de veículos ou seja, está operando na capacidade. Se houver aumento da demanda (pressão nas entradas do sistema), a densidade aumenta ainda mais, caindo a velocidade e o fluxo; está começando então o caminho da via para o congestionamento, que ocorrerá (se persistir o fenômeno) na densidade máxima, correspondente à velocidade zero (um veículo quase encostado no outro).

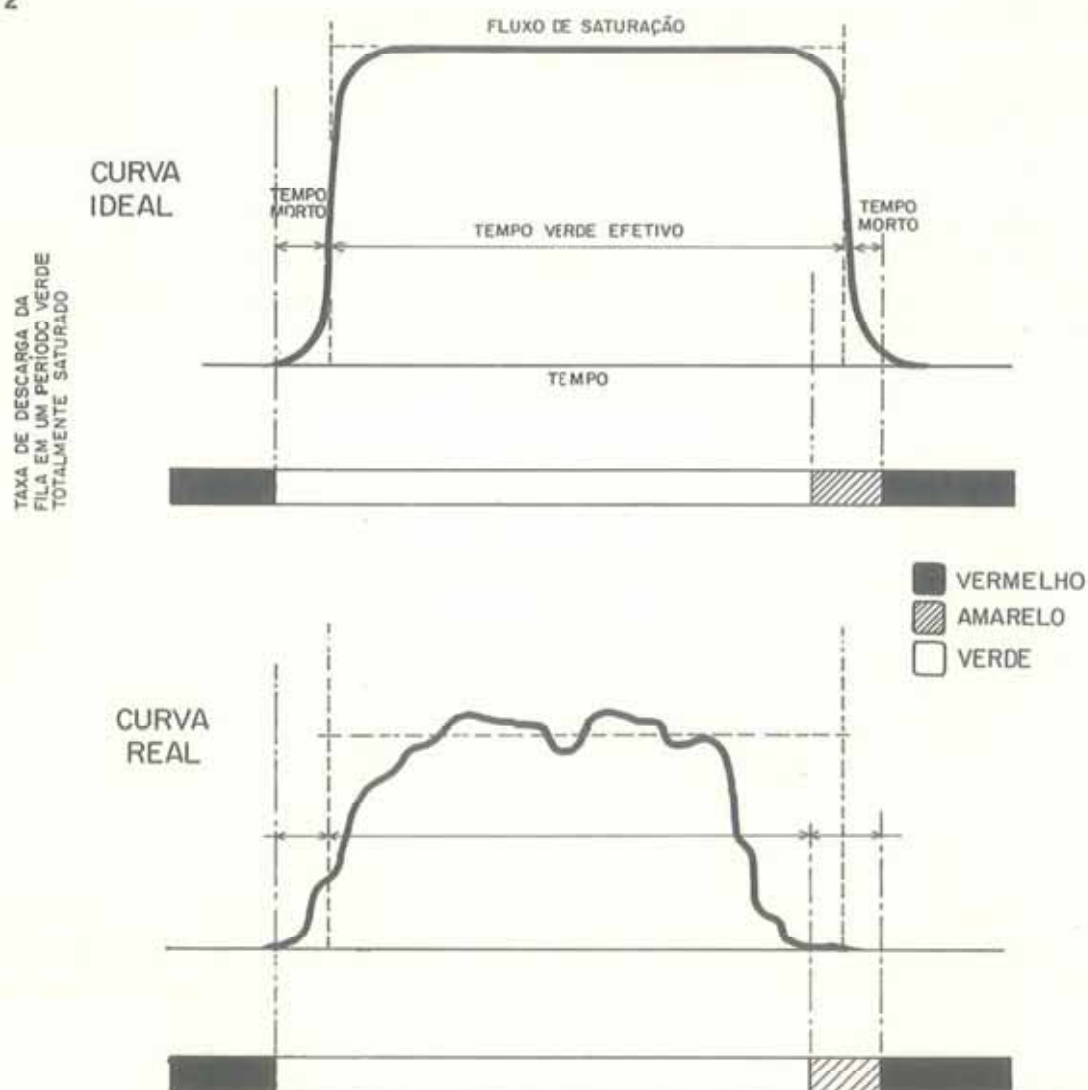
Fluxo Interrompido

No caso de fluxo interrompido, a capacidade é determinada pelo fator que causa a interrupção, aliado às características do tráfego, da via e ambientais. O caso mais comum é o da interrupção pelo semáforo, que faz com que a capacidade da via seja pesquisada junto a este.

Quando o semáforo fecha, começa a se formar a fila, que só será descarregada durante o verde. Esta descarga, então, é quem definirá a capacidade da via na seção analisada.

Em termos gerais, a representação gráfica da descarga de uma fila é a que se segue na fig. 2.

FIGURA 2



Conforme se vê, os veículos demoram um pouco a se movimentar após a abertura do verde. Pouco a pouco (desde que haja demanda suficiente), o fluxo vai aumentando, até atingir um máximo, que é chamado saturação ou capacidade da via. Este máximo é mantido enquanto houver demanda ou até que surja a luz amarela, forçando os veículos a pararem. O que se busca então na pesquisa de capacidade é justamente o ponto máximo da curva de descarga da fila.

12.3. MÉTODOS DE PESQUISA

12.3.1 FLUXO CONTÍNUO

A obtenção da capacidade de uma via operando em regime de fluxo contínuo é feita por meio de uma contagem de fluxo, aliada a considerações sobre velocidade e densidade. A dificuldade teórica consiste em descobrir o ponto máximo ou seja, o valor mais elevado do fluxo que a via pode carregar. A única forma de estabelecer este "pico" é por meio da realização de contagem de veículos em vários níveis de fluxo, determinando-se "a posteriori" qual é o máximo, ou seja, a capacidade. A imaginação de um caso real pode ajudar a compreender o fenômeno. Suponhamos uma via expressa radial, com intenso movimento no sentido bairro-centro, de manhã. Nas primeiras horas após a meia-noite, o fluxo apresenta valores normalmente muito baixos, inferiores à capacidade da via; quando começa a aumentar, atinge um pico entre 7 e 8 horas e depois decresce. Uma contagem contínua de veículos, entre 5 e 10 horas, acusaria facilmente este pico. A dúvida, no entanto, é sobre ser ou não este pico a capacidade da via, pois, apesar de ser o fluxo máximo presente, a via poderia eventualmente acomodar valores mais altos ainda. Isto mostra que, para a determinação prática da capacidade, é necessário que haja volume (demanda) igual ou superior a ela, que possa ser medido e identificado; se a capacidade nunca é atingida, não é possível medi-la diretamente. E quando (e como) se sabe que a capacidade foi atingida, no caso de fluxo contínuo? A resposta está no levantamento e análise conjunta de dados de volume, velocidade e densidade, aliados à observação visual do pesquisador e à comparação com dados de capacidade já existentes para situações semelhantes.

O procedimento básico consiste então em registrar simultaneamente o fluxo e pelo menos outra das variáveis fundamentais, velocidade ou densidade, para com elas construir gráficos e tentar visualizar o ponto máximo representativo da capacidade. O fluxo é medido manualmente ou por contador automático; a velocidade por meio de veículo teste circulando no meio do fluxo, por cronometragens de um número adequado de veículos ou por meio das fotografias tiradas para medição da densidade; a densidade pode ser obtida por meio de fotografias consecutivas da corrente de tráfego.

12.3.2 FLUXO INTERROMPIDO

A primeira característica da medição da capacidade de vias que operam em fluxo interrompido é que ela é feita nas seções da via em que a capacidade é menor ou seja, nas interseções. É nestes locais que se encontram os gargalos e que são, portanto, as seções determinantes para efeito de capacidade: a capacidade de uma via arterial, por exemplo, é determinada pela capacidade de suas aproximações semaforizadas e mais ainda, por aquela que tiver o menor tempo de verde (proporcionalmente), que será, portanto, o gargalo da via.

A segunda característica, já apontada no caso de fluxo contínuo, é de que a capacidade, para ser medida, precisa ser atingida. Isto requer que o fluxo de veículos seja igual ou superior a ela. Como então verificar isto no campo? Basicamente, através de observação visual do comportamento da fila junto à seção cuja capacidade está sendo medida; quando o volume é superior à capacidade, a fila aumenta no tempo, ou seja, ela não se esgota durante a fase verde do semáforo*. O pesquisador que estiver medindo o fluxo liberado no verde, estará portanto medindo o seu valor máximo, ou seja, a capacidade daquela aproximação, nas condições prevaescentes no local.

Conforme visto no item "características do fenômeno", a descarga da fila numa aproximação semaforizada é irregular, sendo crescente até um ponto máximo (saturação-capacidade), quando então decresce por ausência de demanda ou por término do tempo verde.

* serão necessárias também outras precauções; ver item "operação"

A medição, portanto, deve descobrir qual é este ponto máximo. Supondo que a aproximação esteja dentro do requisito básico, de estar congestionada, e que as condições predominantes sejam conhecidas e fixas, a medição consiste em levantar os dados de tal maneira que se consiga reproduzir graficamente a curva de descarga de fila presente. O ideal seria anotar o tempo de saída de cada veículo em separado, mas isto é impossível na prática*. O procedimento usual é então o de se contar o número de veículos que é liberado num dado intervalo de tempo, por exemplo, de 5 segundos, até esgotar-se o verde e a fila descer a zero. Com este procedimento, obtém-se relações volume descarregado-tempo (no caso 5 segundos) que permitem construir um gráfico aproximado da descarga da fila. Para obter valores médios mais representativos, repete-se o procedimento por 10, 15 ou 20 fases verdes seguidas, obtendo-se então médias para cada intervalo de 5 segundos.

Com os valores médios finais, obtém-se a curva representativa da descarga da fila e, conseqüentemente, o seu ponto "máximo".

Um outro método foi proposto por Akcelik (ref. bibliogr. 11) e consiste em contar os veículos que saem na fila, em três períodos distintos: (ver tab. 1).

TABELA 1 - MEDIÇÃO DE FLUXO DE SATURAÇÃO E TEMPO MORTO (EXEMPLO)

NÚMERO DO CICLO	DESCARGA DA FILA (VEÍC)			TEMPO* DE SATURAÇÃO _s	TEMPO VERDE
	PRIMEIRO INTER.	INTER. MÉDIO	ÚLTIMO INTER.		
	1	2	3		
1	3	12	1	35	35
2	4	3	0	20	20
3	3	6	-	24	29
4	3	-	-	10	14
5	1	-	-	-	12
6	4	10	-	34	46
7	3	23	1	52	52
8	3	14	-	44	53
9	3	10	2	34	34
10	2	8	1	27	27
11	2	4	-	18	33
12	3	8	-	25	30
13	4	6	-	22	27
14	3	4	-	21	34
15	3	15	0	45	45
16	2	17	3	52	52
17	3	18	1	52	52
18	3	10	-	25	26
19	4	12	2	38	38
20	3	9	1	37	37
21	4	6	-	23	28
22	2	-	-	-	10
23	3	9	1	20	20
24	3	18	0	46	46
25	3	19	-	45	48
26	2	10	1	32	32
27	4	-	-	10	13
28	4	7	-	24	29
29	2	15	1	50	50
30	3	17	1	52	52
TOTAL	$x_1 = 86$	$x_2 = 290$	$x_3 = 16$	$x_4 = 917$	$x_5 = 1024$
AMOSTRAS	$n_1 = 28$	$n_2 = 26$	$n_3 = 15$	$n_4 = 28$	$n_5 = 30$

* Sem o amarelo ou seja, o valor máximo é o do verde da coluna 5.

TEMPO ENTRE VERDES (s) = 5

Fonte: Ref.11

* a única forma seria tilmar o local e depois construir a curva.

- a) intervalo inicial: os primeiros dez segundos de verde
- b) intervalo intermediário: o restante do período verde que estiver saturado
- c) intervalo final: o período após o verde ou seja, o tempo de amarelo (e vermelho geral, se houver)

É necessário anotar também o verde oferecido e o chamado "tempo de saturação", ligado ao intervalo intermediário.

O tempo de verde oferecido é anotado na coluna (5) do formulário e só variará se o semáforo for atuado.

Já o "tempo de saturação" varia muito pois é o tempo necessário para descarregar os veículos que pararam durante o vermelho e os que pararam durante o verde, no fim da fila (não são considerados os veículos que não pararam). Para ciclos saturados, este tempo será igual ao do verde oferecido. Está claro que é na determinação deste tempo que reside a maior dificuldade do método, uma vez que o pesquisador deve tomar uma decisão visual de parar o cronômetro (ou ler o tempo) quando julgar que todos os veículos parados foram liberados.

O autor recomenda ainda que "tempos de saturação" inferiores a dez segundos tenham suas contagens desprezadas e que as saídas no intervalo só sejam consideradas no caso de fases totalmente saturadas ou seja, quando a fila ainda existe ao final do verde (se, apesar das condições saturadas, nenhum veículo sair neste intervalo, o valor a ser anotado é zero). Caso as fases não sejam saturadas, faz-se, na coluna 3, uma marcação do tipo (—). Tudo isto também é importante para a determinação da amostra pois só os valores numéricos das colunas valem como "amostra".

12.4 PLANEJAMENTO

12.4.1 FLUXO CONTÍNUO

Local: o local para a realização da pesquisa de capacidade deve ser escolhido em função do interesse do técnico. Para pesquisas extensivas deve-se escolher uma seção para cada trecho da via que tenha uma capacidade constante. Na falta de recursos ou tempo, deve-se escolher o trecho que tem a menor capacidade.

Horário: como há necessidade de ocorrer congestionamento, os horários de pico sempre são os mais recomendáveis para a pesquisa.

Data: como a capacidade é característica das condições físicas da via, e considerando que a composição do tráfego não varia muito de um dia para o outro, a pesquisa em um único dia costuma ser suficiente (desde que ocorra o congestionamento).

Amostra: deve ser dimensionada de acordo com o exposto no capítulo 15 Anexo Estatístico e os procedimentos respectivos dos capítulos 5 — Pesquisa de Fluxos e 7 — Velocidade/Retardamento. As variáveis principais são as condições físicas da via (pode-se adotá-las como constantes), as condições ambientais (adota-se como única condição o tempo "bom") e as características do tráfego (composição principalmente). Esta última é a única que pode variar, levando à necessidade de mais de uma pesquisa, embora isto normalmente não ocorra.

Fichas de Campo: para a pesquisa de volumes, utilizar a ficha da Pesquisa de Fluxos (fig. 6, cap. 5), tomando o cuidado de marcar os horários de 5 em 5 minutos. Para a pesquisa de velocidade utilizar a ficha do capítulo 7 Pesquisa de Velocidade/Retardamento (fig. 6, cap. 7).

Mapa: deve conter o(s) trecho(s) objeto da pesquisa e a seção(es) pesquisadas, além da(s) rota(s) de velocidade/retardamento.

Recursos Necessários: um pesquisador com contadores manuais (ou contadores automáticos), respeitados os limites citados no capítulo Pesquisa de Fluxos. Um pesquisador para medir tempos de percurso na seção considerada, munido de cronômetro ou relógio de precisão e circulando em um veículo-teste e/ou um pesquisador para medir a densidade do tráfego na seção considerada por meio de fotografias consecutivas da corrente de tráfego.

Condições de Controle: a condição básica de controle é a ocorrência do pico de capacidade (no item operação isto está discutido).

12.4.2 FLUXO INTERROMPIDO

Local: depende do interesse do técnico. Normalmente, os cruzamentos mais difíceis de operar são os pesquisados, pois a ocorrência de congestionamento faz com que se necessite de um cálculo mais aprimorado dos tempos do semáforo, para o qual o histograma de capacidade é bastante útil.

A pesquisa deve ser realizada em todas as aproximações semaforizadas.

Horário e Data: idem fluxo contínuo.

Amostra: deve ser dimensionada de acordo com o exposto no capítulo 15 — Anexo Estatístico.

No caso, a variável básica é a capacidade, expressa em veículos equivalentes por segundo e, conforme discutido no caso do fluxo contínuo, a composição do tráfego é o único parâmetro que pode variar, levando à necessidade de várias pesquisas.

Para um dia e horário único, recomenda-se que a obtenção da capacidade seja realizada com um mínimo de dez medições de descarga de fila em situações congestionadas.

Ficha de Campo: deve conter os espaços para anotar os dados de classe de tempos e veículos liberados. (fig. 3).

Recursos Humanos e Materiais

O levantamento do histograma de capacidade requer:

01 pesquisador para contar os veículos liberados no verde.

01 pesquisador para anotar os valores na folha de campo.

01 cronômetro para o segundo pesquisador acompanhar a contagem do primeiro e poder registrar os valores nos instantes corretos.

Prancheta, folha de campo e lápis.

12.5 OPERAÇÃO

12.5.1 FLUXO CONTÍNUO

Definido o local, horário e atribuição dos pesquisadores, os mesmos devem se postar adequadamente, munidos de todo o material necessário à pesquisa.

O cuidado fundamental a tomar refere-se à garantia de que a via esteja operando em condições normais ou seja, sem interrupções externas ao tráfego e sem interrupções internas excepcionais (veículo quebrado, veículo estacionado etc), que alterem a normalidade do fluxo no local. De maneira global, isto pode ser verificado observando-se o grau de uniformidade da fluidez do tráfego:

FIG. 3

PASSAGEM PELA FAIXA DE RETENÇÃO (VERDE)

LOCAL: _____

APROXIMAÇÃO: _____

FAIXA: _____

SEMÁFORO: _____

Tempo de Verde: _____

Tempo de Amarelo: _____

Tempo de Vermelho: _____

CROQUIS

Instruções

1. Anotar a cada 5 segundos a quantidade de veículos que passam pela faixa de retenção.
2. Iniciar a contagem no instante em que se inicia o verde.
3. Prosseguir a contagem de veículos durante todo o tempo de verde.

QUANTIDADE ACUMULADA DE VEÍCULOS HORÁRIOS:

DESCARGA	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	MÉDIA
TEMPO (SEG)	PASSARAM PELA FAIXA	PASSARAM PELA FAIXA	PASSARAM PELA FAIXA	PASSARAM PELA FAIXA	PASSARAM PELA FAIXA	PASSARAM PELA FAIXA	PASSARAM PELA FAIXA	PASSARAM PELA FAIXA	PASSARAM PELA FAIXA	PASSARAM PELA FAIXA
0-5										
5-10										
10-15										
15-20										
20-25										
25-30										
30-35										
35-40										
40-45										
45-50										
50-55										
55-60										
60-65										
65-70										
70-75										
75-80										
80-85										
85-90										
90-95										
95-100										
100-105										
105-110										
110-115										
115-120										
120-125										
125-130										

Pesquisador	Supervisor	Revisor	Data / /
-------------	------------	---------	----------

a alimentação da seção analisada, à montante, deve estar livre de impedimentos estranhos, de forma que o fluxo chegue livremente ao local de estudo; a saída do fluxo, à jusante do local, também deve estar livre, a fim de que a seção estudada esteja podendo receber e liberar normalmente o fluxo.

Garantidas estas condições, passa-se às medições. A medição do fluxo deve ser acumulada e registrada em intervalos de 05 minutos, pois em fluxo contínuo de alta magnitude as flutuações são constantes e bruscas.

A velocidade, se obtida por veículo teste, deve ser medida segundo as instruções do capítulo 7 Velocidade e Retardamento; se obtida por cronometragem do tempo de percurso, deve ser colhida segundo os princípios de aleatoriedade de amostragem (e dentro de amostras mínimas definidas estatisticamente); se obtida por meio das fotografias sucessivas, deve seguir rigidamente o intervalo de tempo definido entre duas fotos sucessivas.

12.5.2 FLUXO INTERROMPIDO

Definidos o local, horário e atribuição dos pesquisadores, os mesmos devem se postar adequadamente, munidos de todo o material necessário à pesquisa.

O primeiro cuidado a tomar refere-se à verificação das filas formadas no semáforo, quanto à sua disposição, tamanho etc. Conforme explicado no item 2, a aproximação deve estar congestionada, ou seja, o número de veículos que ela consegue liberar no verde é inferior ao que deseja passar (há uma tendência da fila crescer ao longo do tempo). Isto garante que a aproximação esteja liberando o máximo possível de veículos, refletindo assim sua capacidade.

Outra condição refere-se à forma da saída dos veículos, que deve ser desimpedida quanto a fatores estranhos: se houver obstáculos à frente, a corrente se retardará, deixando de refletir a capacidade real da via. Em redes congestionadas (ou com grande número de atritos), alguns destes impedimentos podem até ser considerados normais mas é importante que o técnico decida antes se vai aceitar a sua presença (e o seu efeito sobre a capacidade) ou vai tentar eliminá-los durante os levantamentos.

Estas interferências, inclusive, podem ocorrer antes do semáforo em questão e o pesquisador deve estar atento: é requisito também uma formação regular de fila. Se, durante a pesquisa, um caminhão estaciona no local de formação de fila, ele reduzirá a largura útil, obrigando os veículos a formarem filas irregulares e retardando sua saída devido à negociação do espaço; isto alterará os valores colhidos, que não mais refletirão a capacidade real da via.

Resumindo, o pesquisador deve cuidar para que as condições predominantes no local sejam bem conhecidas e possam ser controladas durante a pesquisa, além de avaliadas quanto à sua interferência nos dados. Trata-se de fase importantíssima da operação, já discutida genericamente no item 2.

Obsevado o exposto acima, a operação se dá da seguinte maneira:

— um pesquisador fica responsável pela contagem dos veículos que saem com a fase verde; esta contagem é verbal, em nível suficiente para ser ouvido pelo outro pesquisador. Com a abertura do verde, o pesquisador começa a contar o número de veículos que cruza a linha de retenção (ou qualquer limite pré-estabelecido).

— o outro pesquisador, com prancheta e papel numa mão e cronômetro na outra, ouve a contagem do companheiro e anota os valores, a cada intervalo de tempo pré-estabelecido (por exem-

plo 5 segundos). Sua função mais difícil, portanto, é de combinar a contagem que ouve com o andar do ponteiro do cronômetro, marcando os valores desejados.

— a operação se repete por tantos ciclos quanto necessário para produzir médias consistentes.

OBS: a) Composição do tráfego

Como há veículos de tamanhos e potência muito diferentes, não é possível contá-los indistintamente. Todos os cálculos de capacidade incorporam fatores de correção e o levantamento direto não poderia deixar de considerá-los. O procedimento usual é o de contar em dobro (ou triplo, etc) os veículos pesados, transformando-os assim em autos-equivalentes.

b) Congestionamento forçado

Em alguns casos, pode acontecer da via não ter nunca sua capacidade atingida, por apresentar baixos volumes de tráfego. Neste caso, a condição congestionada pode ser conseguida pela operação manual do semáforo, reduzindo seu tempo de verde até um valor que crie esta condição.

12.6 TABULAÇÃO DOS DADOS

12.6.1 FLUXO CONTÍNUO

O objetivo da tabulação consiste em montar os dados de modo a permitir a construção do gráfico que relaciona as variáveis envolvidas. Portanto, estas são no princípio tabuladas individualmente, quando então serão reunidas para a análise final.

A tabulação dos dados de fluxo é direta, pois no caso de fluxo contínuo, os dados são colhidos em seções perpendiculares ao eixo da via: basta trabalhar a ficha de campo conforme explicado no capítulo 5 Pesquisa de Fluxos.

Analogamente, os tempos de percurso são trabalhados conforme descrito no capítulo 7 — Velocidade e Retardamento; se forem usadas fotografias, estas precisarão ser comparadas entre si, para obter os deslocamentos de veículos selecionados e compará-los com o intervalo de tempo entre as fotos, obtendo então a velocidade média do tráfego no espaço considerado.

No caso da densidade, a mesma é facilmente obtida pela análise das fotos uma a uma: basta contar o número de veículos que se encontra no espaço considerado e determinar a razão entre estes dois valores.

Os dados são então dispostos em forma de gráficos e tabelas, à semelhança das relações fundamentais mostradas no item 2. A análise destes gráficos, aliada à comparação com casos semelhantes e à observação pessoal do técnico sobre o local, permitirá então determinar o ponto máximo ou seja, a capacidade da via na seção considerada.

12.6.2 FLUXO INTERROMPIDO

A figura 4 mostra uma folha de campo típica, com dados preenchidos.

No caso, foram anotados valores de 05 fases verdes. A tabulação básica consiste então em tirar a média de cada intervalo (número médio de veículos liberados), obtendo um conjunto de valores médios que permitirá a construção da curva de descarga da fila. Esta curva pode ser construída em outra folha de campo, conforme se vê na figura 5.

Esta curva dificilmente terá uma configuração suave, que se delineou no item 2, quando se introduziu uma idealização do fenômeno; frequentemente, apresentará grandes descontinuidades. O problema final do técnico, então, é decidir, baseado na curva, qual é a capacidade da via, ou seja, qual é o máximo do gráfico. No caso da figura 5, esta decisão é relativamente fácil, podendo-se destacar o valor 7,6 como representativo dos vários máximos visíveis. Este valor representaria a média dos máximos, e seria adotado como a capacidade da via neste local, nas condições predominantes e por hora de tempo verde.

No caso do método proposto por Akcelik (ver tabela 1), os cálculos são os seguintes:

Fluxo de saturação: $S^* = \frac{X_2}{X_4 - 10\eta_4}$

Na hora corrida: $S = 3600 S^*$

Tempo morto: $I = I + 10 - \frac{1}{S^*} \left(\frac{X_1}{\eta_1} + \frac{X_3}{\eta_3} \right)$

onde I é o "intergreen" (período entre os verdes igual ao amarelo, ou no caso de haver vermelho geral, igual ao amarelo mais o vermelho geral).

Verde efetivo: $g = I + G + I = \frac{X_5}{\eta_5} - 10 + \frac{1}{S^*} \left(\frac{X_1}{\eta_1} + \frac{X_3}{\eta_3} \right)$

OBS: — 1) cálculo só do fluxo de saturação: se o objetivo é apenas o fluxo de saturação, basta coletar os dados referentes à colunas (2) e (4).

FIG. 4 .

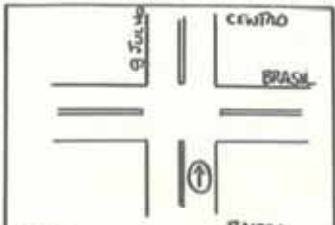
PASSAGEM PELA FAIXA DE RETENÇÃO (VERDE)

LOCAL 9 Julho x BRASIL

APROXIMAÇÃO 9 JULHO (B-C)

FAIXA BDMS

SEMÁFORO	CICLO	120s
Tempo de Verde:		70
Tempo de Amarelo:		4
Tempo de Vermelho:		46



Instruções

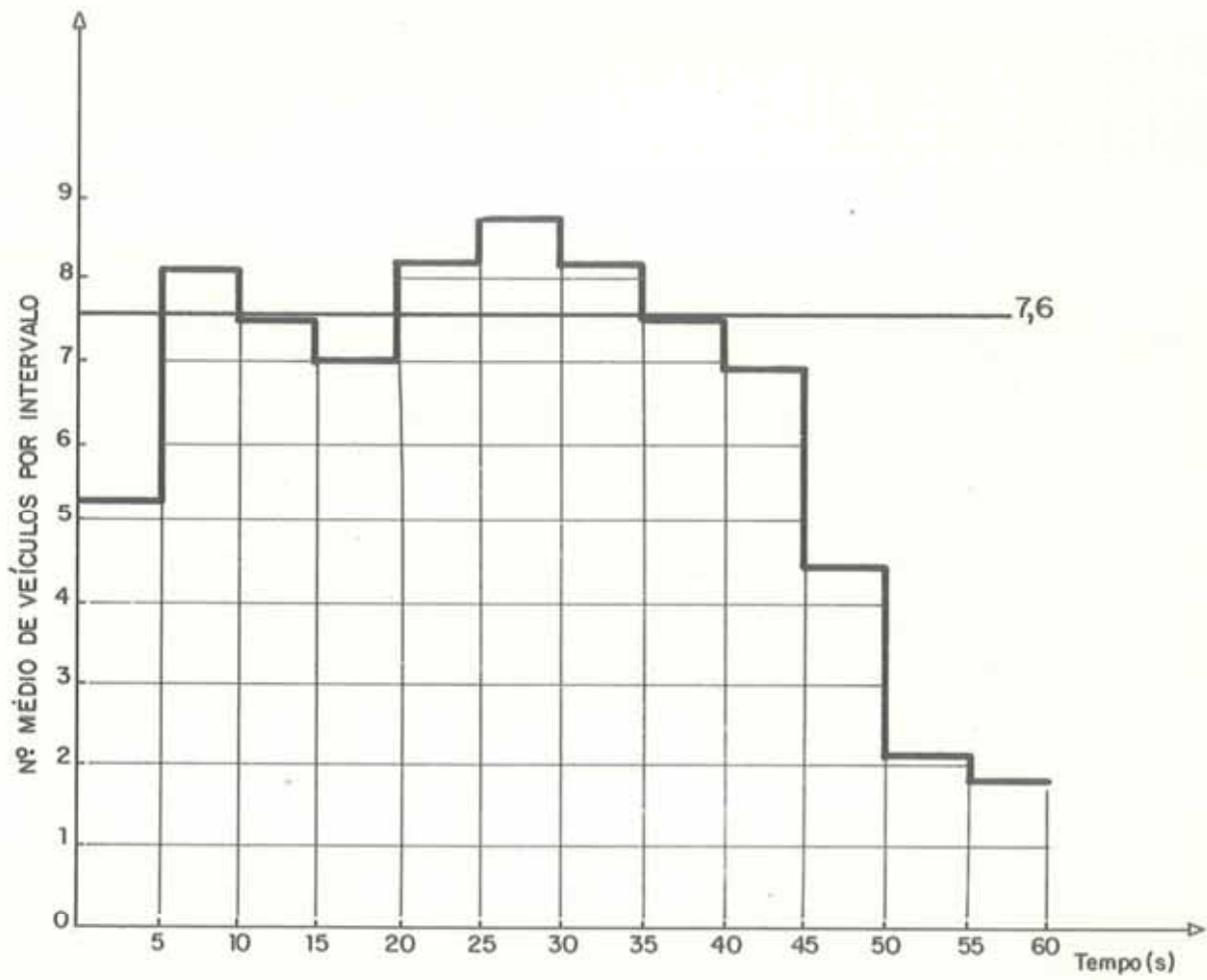
1. Zelar a cada 5 segundos a quantidade de veículos que passam pela faixa de retenção.
2. Iniciar a contagem no instante em que se inicia o verde.
3. Parar a contagem de veículos durante todo o tempo de verde.

QUANTIDADE ACUMULADA DE VEÍCULOS HORÁRIOS: **1800 - 1820**

TEMPO (s)	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	MÉDIA
	VEÍCULOS PELA FAIXA	VEÍCULOS PELA FAIXA	VEÍCULOS PELA FAIXA	VEÍCULOS PELA FAIXA	VEÍCULOS PELA FAIXA	VEÍCULOS PELA FAIXA	VEÍCULOS PELA FAIXA	VEÍCULOS PELA FAIXA	VEÍCULOS PELA FAIXA	VEÍCULOS PELA FAIXA
0-5	4									5,2
5-10										8,2
10-15										7,6
15-20										7,0
20-25										8,2
25-30										8,6
30-35										8,2
35-40										7,6
40-45										7,0
45-50										4,6
50-55										2,4
55-60										3,0
60-65										
65-70										
70-75										
75-80										
80-85										
85-90										
90-95										
95-100										
100-105										
105-110										
110-115										
115-120										
120-125										
125-130										

Responsável: ANTÔNIO
Supervisor: ALTANIR
Revisor: ROBERTO
Data: 15/06/82

FIG. 5- HISTOGRAMA DE DESCARGA DE FILA



13.1 OBJETIVO

O objetivo da pesquisa de observância da sinalização é avaliar a sua eficiência como indutora de comportamento do usuário.

Trata-se de uma das pesquisas mais importantes da engenharia de tráfego pois a sinalização é o canal de comunicação entre o técnico e o usuário da via, sendo que da sua compreensão e observância depende a segurança/eficiência da circulação.

A apreensão do comportamento do usuário é normalmente difícil, pois nem sempre é possível dividi-lo rigidamente entre obediência/desobediência. Frequentemente, estas duas categorias de comportamento estão condicionadas a outros fatores, objetivos ou subjetivos, o que faz com que seja necessário estudá-los para compreender o fenômeno.

Utilização dos Dados

Conforme salientado atrás, os dados sobre observância da sinalização são dos mais importantes para os técnicos, pois a sinalização é seu instrumento principal na institucionalização dos planos de trânsito.

A primeira utilização (mais comum) refere-se ao conhecimento puro e simples da observância da sinalização existente. Trata-se, por exemplo, de saber qual é o nível de obediência aos semáforos, aos sinais de parada obrigatória, aos sinais de velocidade máxima permitida etc. Com estes dados, os técnicos podem traçar um diagnóstico das condições de observância da sinalização de suas cidades, para aferir em que nível se encontra sua comunicação com os usuários.

Uma segunda utilização refere-se à comparação do tipo "antes-depois" de duas sinalizações alternativas (ou da mesma sinalização, de dimensões ou posições diferentes), a fim de decidir qual é a mais eficiente.

Uma terceira utilização, mais indireta, diz respeito ao relacionamento entre a observância à sinalização e a ocorrência de acidentes. É o caso, por exemplo da análise de um cruzamento com alta incidência de acidentes, em que existe um sinal de "parada obrigatória" para a transversal, cuja observância pode ser estudada.

13.2 CARACTERÍSTICAS DO FENÔMENO

A observância da sinalização é função de muitos fatores técnicos e culturais.

Os fatores técnicos dizem respeito geralmente à eficiência da sinalização como comunicadora ou seja, da clareza de sua mensagem e da visibilidade que o usuário tem dela. Uma sinalização pode ser desrespeitada por conter uma mensagem ambígua ou por não ser visível à noite, por exemplo. Os fatores culturais dizem respeito ao nível de educação de trânsito dos usuários e à compatibilidade entre o padrão de comportamento/mensagem imposta pela sinalização, e a tradição local. Assim, baixos níveis de educação levam a altos níveis de desrespeito mas isto também pode ser verificado quando uma sinalização nova, por exemplo, tem mensagens diferentes das conhecidas pela comunidade ou quando ela obriga a comportamentos radicalmente opostos aos criados pela tradição local.

13.3 MÉTODOS

Os métodos de pesquisa de observância de sinalização são sempre de observação visual direta: pesquisadores, postados junto à sinalização estudada, observam e anotam o comportamento do usuário, classificando-o em padrões previamente estabelecidos.

Este estabelecimento prévio é feito através de uma "pré-pesquisa", em que são anotados todos os comportamentos verificados, agrupando-se-os posteriormente em classes apropriadas (obediência/desobediência induzida pelo trânsito/quase-obediência/desobediência etc.).

Em casos de estudos complexos (e se houver recurso), pode-se filmar ou fotografar, procedendo-se posteriormente à análise dos dados no escritório.

A diferença entre os dois métodos está baseada na precisão das observações e nos custos. O método de observação direta é menos custoso mas não pode obter tanta precisão nas anotações quanto o método da filmagem.

13.4 Planejamento

Dado: o dado a ser colhido é o tipo de comportamento do usuário: obedece/não obedece, parou/não parou, freou/não freou etc. A divisão nem sempre é simples, do tipo sim/não, pois pode-se criar tipos intermediários de comportamentos, como no caso de separar-se um comportamento de desobediência em "intencional" e "condicionado". A escolha dos comportamentos deve ser feita por meio de uma pré-pesquisa, quando se identificam todos os comportamentos possíveis e, no escritório, se decide como agrupá-los, de acordo com o interesse da análise. A classificação antecipada dos comportamentos, sem pré-pesquisa, pode colocar o pesquisador em situação difícil na hora do trabalho, pois poderão surgir comportamentos não previstos.


Local: os locais mais comuns para a realização da pesquisa são as aproximações com sinal "PARE" ou semáforo, além das travessias de pedestres semaforizadas. Obviamente, qualquer dispositivo de sinalização pode ser pesquisado, desde que sua observância precise ser conhecida.

Horário: o horário da pesquisa deve seguir o interesse do técnico, quanto às relações que ele prevê existirem entre a observância e o comportamento geral do tráfego. Frequentemente, a desobediência à sinalização é maior nos horários de menos movimento, como nos períodos fora de pico ou à noite. A hora de ocorrência dos acidentes, por exemplo, pode ser um guia para a escolha do horário.

Amostra: deve ser dimensionada de acordo com o exposto no capítulo 15 — Anexo Estatístico. É importante lembrar que este tipo de pesquisa normalmente obedece a distribuições binomiais, do tipo "sim/não".

Ficha de campo: a ficha de campo tem dois dados básicos, a hora da observação e o tipo de comportamento. A fig. 1 mostra a ficha usada pela CET na pesquisa de observância dos semáforos.

FIG. 1

 Companhia de Engenharia de Tráfego				
SEMÁFOROS - INDICADORES DE OBEDIÊNCIA		DATA:		
LOCAL:		APROXIMAÇÃO:		
HORÁRIO		CONVERSÃO À ESQUERDA	SEGUE EM FRENTE	CONVERSÃO À DIREITA
	VERDE			
	AMARELO DEPOIS DO VERDE			
	VERMELHO			
	INVADE A FAIXA DE RETENÇÃO			
	VERDE			
	AMARELO DEPOIS DO VERDE			
	VERMELHO			
	INVADE A FAIXA DE RETENÇÃO			
	VERDE			
	AMARELO DEPOIS DO VERDE			
	VERMELHO			
	INVADE A FAIXA DE RETENÇÃO			
	VERDE			
	AMARELO DEPOIS DO VERDE			
	VERMELHO			
	INVADE A FAIXA DE RETENÇÃO			
PESQUISADOR:		SUPERVISOR:		

Recursos: os recursos materiais necessários são, no caso de pesquisa por observação, as fichas de campo e contadores de tráfego, se for feita opção por contagem manual ao invés de marcação direta na ficha. No caso de filmagem, deve-se estudar o melhor equipamento para cada necessidade.

Os recursos humanos dependem do número de movimentos a observar. Dada a relativa complexidade da observação, recomenda-se utilizar um pesquisador para cada movimento.

13.5 OPERAÇÃO

O pesquisador deve se posicionar em campo de forma a não ser visto pelos motoristas ou pedestres observados. Além deste cuidado básico, é necessário estar bastante atento ao comportamento do elemento observado, pois sua classificação corretá garantirá um bom resultado à pesquisa. Normalmente, os tipos de comportamento são aferidos e delineados numa pré-pesquisa mas se a pesquisa real apanhar comportamentos não previstos, estes deverão ser anotados separadamente.

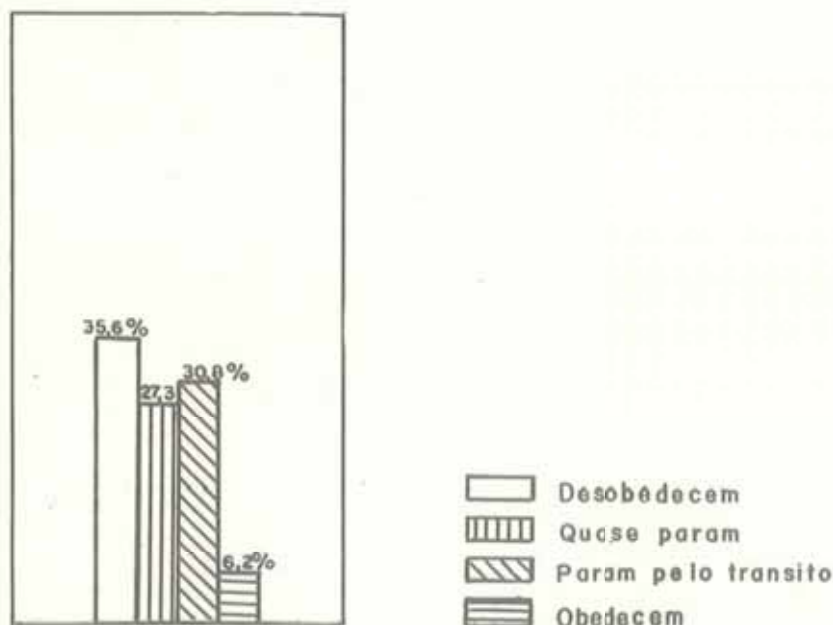
13.6 TABULAÇÃO DOS DADOS

A tabulação consiste simplesmente em agrupar os dados de acordo com os comportamentos pesquisados, na forma de tabelas ou de gráficos.

Esta tabulação se torna mais complexa quando o comportamento dos motoristas for aferido em função de várias variáveis, como por exemplo, uma pesquisa de obediência ao semáforo que separe as vias segundo sua classificação, largura, declividade etc. Neste caso, a tabulação pode apenas montar relações entre variáveis duas-a-duas ou então fazer análises de regressão múltipla, determinando graus de correlação entre as variáveis.

A figura 2 ilustra a observância ao sinal "PARE" encontrado no sistema viário de São Paulo.

FIGURA 2 - PLACA R-1 + INSCRIÇÃO "PARE" HORIZONTAL + FAIXA DE PEDESTRES
PERCENTUAIS DE OBEDIÊNCIA E DESOBEDIÊNCIA



14.1 OBJETIVO

O objetivo do levantamento do inventário viário de uma via, ou cadastro, é o de fornecer ao técnico a visão mais completa possível do local analisado.

Como em todas as pesquisas, a profundidade/complexidade dos levantamentos depende dos objetivos do projeto envolvido e dos recursos disponíveis. O inventário viário não escapa à regra e pode conter desde levantamentos rápidos e simplificados, até outros demorados e complexos.

Os itens mais comuns do inventário viário são:

- a. uso do solo local
- b. classificação funcional das vias envolvidas
- c. características geométricas e topográficas
- d. visibilidade/interferências nas interseções
- e. dispositivos de sinalização
- f. circulação e movimentos
- g. outros: transporte coletivo, locais críticos.

Utilidade dos Dados

Os dados colhidos no local têm grande utilidade no sentido de caracterizá-lo frente ao técnico e permitir então uma visão global sobre seu uso atual e sua posição na região que o envolve.

Os dados sobre uso do solo e classificação funcional da via são básicos para caracterização dos aspectos urbanísticos do local, que têm influência direta sobre a geração/atuação de tráfego.

Os dados sobre as características geométricas, físicas e de visibilidade constituem insumo básico para a análise das condições de tráfego de uma via, sob os pontos de vista da fluidez e da segurança. Fazem parte deste cadastro o tipo e condição do pavimento, as dimensões básicas (largura de via e calçadas, curvaturas aproximadas), a topografia (declividades aproximadas), a visibilidade nas interseções (localização das interferências) etc.

Os dados sobre sinalização permitem ao técnico, além da constatação de como estão regulamentadas a circulação e o estacionamento-tráfego, verificar seu estado de conservação, sua eficiência e adequação ao local. Constituem dados deste cadastro todos aqueles relativos ao tipo, dimensões e localização das sinalizações existentes (vertical, horizontal e semafóricas).

Os dados sobre circulação e movimentos fornecem ao técnico o quadro dos deslocamentos possíveis dentro da área os quais, ligados aos dados sobre uso do solo, classificação funcional e sinalização, completam a visão pretendida.

14.2 MÉTODOS DE PESQUISA

Para a maioria dos levantamentos, o único método possível é o do levantamento direto, por observação do local analisado. Trata-se de procedimento bastante trabalhoso e cansativo, cujo planejamento deve ser cuidadoso a fim de não levar a falhas devido à monotonia.

Dos itens normalmente levantados (e citados atrás), apenas o uso do solo, a classificação funcional e as características geométricas e topográficas podem eventualmente ser feitas no escritório, através de mapas já existentes. O caso mais geral, no entanto, é o da inexistência ou insuficiência destes mapas, que acaba levando à necessidade do levantamento direto.

O levantamento direto pode então ser feito a pé ou com a utilização de um veículo, dependendo da área a ser abrangida, dos recursos disponíveis e das características locais (vias de grande movimento só podem ser levantadas a pé).

14.3 PLANEJAMENTO

O planejamento do cadastro envolve basicamente a preparação de mapas e tabelas a serem utilizados no campo, além do estabelecimento de roteiros e procedimentos de anotação.

O material a utilizar é função do tipo de levantamento a ser feito e está mostrado de forma indireta nas páginas seguintes, no item "Operação". O planejamento do percurso deve ser rigoroso, de forma a não excluir nenhum trecho do sistema pesquisado e a minimizar recursos e tempo; é extremamente desgastante ser forçado a voltar ao campo, para cobrir trechos perdidos por um planejamento inadequado.

Analogamente, deve-se treinar com cuidado o pesquisador quanto aos procedimentos de anotação (discutidos a seguir).

14.4 OPERAÇÃO*

14.4.1 USO DO SOLO LOCAL

O uso do solo local, dividido nas categorias tradicionais (residencial, comercial, industrial, lazer e serviços) ou em quantas sub-categorias se julgar necessário para o projeto, deve ser obtido por observação direta ou por plantas porventura existentes.

No caso de observação direta, o pesquisador pode anotar o uso de cada lote em planta adequada, à medida em que vai caminhando pela via. Se não é necessária grande precisão, ele pode anotar os usos predominantes no local, atribuindo a cada um o peso correspondente à sua aparição ao longo da via.

14.4.2 CLASSIFICAÇÃO FUNCIONAL DAS VIAS

As vias devem ser classificadas quanto à função que desempenham no sistema viário. Para tanto, pode-se utilizar esquemas pré-concebidos aos quais se procura adaptar cada uma das vias ou então criar o próprio esquema e classificar as vias de acordo com ele.

O nível de especificação do sistema variará de acordo com os objetivos do projeto e a diversidade das vias envolvidas.

Fornecemos a seguir alguns esquemas encontráveis na literatura especializada.

(*) Ver rel. bibliog. 16

Esquema Clássico (ordem crescente de movimento direto e decrescente de acesso a lotes lindeiros).

- via local (só acesso, sem movimentos de passagem)
- via coletora (bastante acesso local, algum movimento de passagem)
- via arterial (pouco acesso local, bastante movimento de passagem)
- via expressa (só movimentos diretos, acessos bloqueados).

Esquema do Pait de São Paulo

SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO VIÁRIA — CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS

Categoria	Classe	Tipo de Tráfego	Uso do Solo Lindeiro		Espaçamento (km)	Função da Via	Comprimento Típico de Viagem (km)	Participação no Sistema Viário (%)
			Acesso aos Lotes	Desenvolvimento Comercial				
Via expressa	1.ª e 2.ª categorias	Tráfego de passagem exclusivamente	Controle total	Somente se não relacionado com a operação da via	4-8	Ligação rápida a nível metropolitano	> 4,5	0 a 8
Via arterial	1.ª e 2.ª categorias	Tráfego de passagem exclusivamente	Controle parcial	Existente tolerado: não permitido novo	1-3	Ligação a nível metropolitano e bolsões urbanos	> 1,5	20 a 35
	Comercial	Tráfego de passagem predominante	Controle parcial	Tolerado	*	*	*	
Via coletora	1.ª e 2.ª categorias	Tráfego de passagem e local equilibrados	Livre	Permitido	*	Ligação a nível de bairros	< 1,5	
Via local	Residencial	Tráfego local predominante	Livre	Não permitido	*	Ligação a nível de unidade de vizinhança	< 1,0	65 a 80
	Outras	Tráfego local predominante	Livre	Permitido	*	*	*	

* Não aplicável.

14.4.3 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS E TOPOGRÁFICAS

a. Sem previsão de modificações geométricas

Neste caso, é suficiente levantar as larguras de vias, calçadas e canteiros centrais, tomadas de preferência junto às interseções, além da locação aproximada de canalizações e interferências existentes na via.

Este levantamento poderá ser feito utilizando apenas trena. No caso de canalizações, é suficiente medir os elementos significativos, procurando-se tomar como referência um ponto de fácil identificação no campo. No caso de curvas não circulares, pode-se utilizar o processo das cordas e ordenadas.

b. Com previsão de modificações geométricas

Neste caso, deve ser realizado um levantamento planimétrico completo (e altimétrico, se necessário).

OBS: 1. Pavimentos

Deverão ser anotadas todas as vias não asfaltadas, assim como aquelas asfaltadas em que o pavimento esteja em mau estado de conservação.

2. Valetas

Deverão ser anotadas as valetas de drenagem existentes, estejam ou não junto a cruzamentos.

No caso de estar prevista a eliminação da valeta, devem ser anotadas algumas dimensões como largura, altura, etc.

14.4.4 VISIBILIDADE E INTERFERÊNCIAS

A Visibilidade

As interferências à visibilidade, principalmente nas interseções, devem ser cadastradas. Encontram-se neste caso as árvores, anúncios luminosos ou não, marquises, bancas de jornal, etc.

A Circulação

Devem ser anotadas as interferências temporárias à circulação, como por exemplo feiras-livres, obras, ruas de lazer, bloqueios para comemoração, etc.

14.4.5 DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO

Para facilidade do trabalho, o levantamento da sinalização pode ser feito em duas etapas: (a) levantamento inicial, feito na área de estudo, para caracterização do uso das vias (regulamentação de estacionamento, carga e descarga, cruzamentos semaforizados, etc.), utilizado na fase de concepção do projeto e (b) levantamento final e completo, após a aprovação da concepção, feito na área de projeto.

a — Sinalização Vertical

Regulamentação e Advertência

Do levantamento final (detalhado) deve constar:

- identificação do sinal (código ou desenho)
- tipo de sustentação (poste próprio, poste "light", poste de iluminação pública, etc.).
- localização (número da casa em frente ao sinal, ou número do poste "light", ou número do poste de iluminação, ou distância do sinal a um ponto conhecido, etc.).

Todas as marcações devem ser feitas de acordo com os códigos expostos no item 5.

OBS: dimensões e ângulos de inclinação do sinal com relação ao eixo da via só devem ser anotados quando diferentes dos adotados como padrão, a saber: diâmetro de 50 cm para regulamentação, lado 50cm para advertência e 90.º aproximadamente de inclinação para todos os sinais.

- Estado de Conservação das Placas — deve ser classificado entre bom e ruim, este significando necessidade de troca.
- Condições de visibilidade das placas — deve ser estudada a relação entre a velocidade de aproximação e a distância em que a placa é vista, no sentido de haver tempo suficiente para o motorista seguir a mensagem indicada.

Orientação

Do levantamento inicial (simples) deve constar:

- Desenho da placa: croquis mostrando mensagens, tarjas, setas, cores, tipo de letra (maiúscula/minúscula) etc.
- Tipo de sustentação: poste próprio (simples, duplo, triplo), braço projetado, ("bandeira"), etc.
- Estado de conservação — deve ser classificado entre bom e ruim, este último significando necessidade de troca.

Do levantamento final (detalhado) deve constar também:

- Localização: número da casa em frente à placa, ou número do poste "light", ou distância da placa a um ponto conhecido, etc.
- Condições de visibilidade: deve ser analisada a visibilidade das placas, no sentido de serem plenamente visíveis e de haver tempo suficiente de percepção-reação para o motorista. Este levantamento deve estar compatibilizado com o de interferências (item 4) e deve ser marcado em planta de escala 1:2000 ou 1:5000, com croquis desenhados ao lado.

Outros

A sinalização vertical de serviços, educativa e de obras deve ser levantada para a área de projeto de maneira análoga à de regulamentação e advertência, com a ressalva de que os sinais que não contêm código deverão ter seu croquis desenhado. Na impossibilidade de obter as dimensões do sinal e das letras ou símbolos, deve-se procurar desenhar croquis o mais próximo possível destas dimensões.

Analogamente, qualquer outro sinal deve ser anotado, tomando-se o devido cuidado para transcrever o mais perfeitamente possível a forma, as cores e as dimensões do sinal e dos elementos nele contidos.

Todos estes sinais devem ser anotados em plantas de escalas 1:2000 ou 1:5000, com os croquis desenhados ao lado.

b — Sinalização Horizontal

Do levantamento final (detalhado) deve constar:

- Material utilizado: borracha clorada ou termoplástico.
- Cores: amarelo ou branco
- Estado de conservação, bom, regular e péssimo: este último (e eventualmente o anterior) significando necessidade de repintar.
- Locação: de maneira geral, a locação não precisa ser detalhada, bastando mostrar esquematicamente na planta. Nos casos de canalizações, no entanto, pode ser necessário locar por triangulação para que não haja dúvidas.

OBS: quanto à quantidade (m²), só há necessidade de obtê-la para a sinalização "a retirar". O levantamento deve ser marcado em planta de escala 1:5000 ou 1:2000.

c — Sinalização Semafórica

Do cadastramento final (detalhado) deve constar:

- Tipo do grupo focal, dimensões, cores e desenho das lentes: normalmente, as convenções (item 14.5) cobrem a maioria das situações. Havendo, no entanto, grupo focal ou lente não convencional, deve-se desenhá-la ao lado da planta utilizada no levantamento, o mais aproximado possível das suas dimensões e configurações reais.
- Tipo de sustentação do grupo focal: os tipos normalmente existentes estão mostrados nas convenções do item 14.5 (coluna simples, braço projetado, cordoalha e pórtico).
- Dimensões do elemento de sustentação: especificar o diâmetro da coluna (existem normalmente dois padrões) e o comprimento do braço projetado (aproximado). No caso da cordoalha ou pórtico, especificar as dimensões (altura livre, comprimento e elementos de sustentação).
- Posicionamento do elemento de sustentação — No caso de semaforos implantados em interseções simples (ortogonais, com calçadas regulares), não há necessidade de amarração; no entanto, se o semáforo estiver implantado em interseções complexas (ou em meio de qua-

dra), é necessário anotar a posição da coluna, em relação a um ponto fixo e facilmente identificável.

- Posicionamento do grupo focal — quando o grupo focal é colocado perpendicularmente à aproximação dos veículos (caso mais comum), não há necessidade de anotar ângulo de inclinação, bastando desenhar (convenção) o foco em frente à aproximação; no entanto, estando o grupo focal significativamente inclinado com relação à aproximação dos veículos, deve ser anotada esta inclinação o mais aproximado possível da realidade.

OBS: No caso do grupo focal suspenso sobre a via, a altura de colocação deve ser anotada somente quando for inferior ao mínimo de 4,5m a contar da base do grupo focal; idem para semáforo na calçada e altura de 2,5m.

- Máquina controladora — a máquina controladora do semáforo deve ser anotada. Caso o semáforo seja controlado à distância, deve-se levantar a máquina ao qual está subordinado.
- Alimentação elétrica e tipo de fiação — deve ser anotado o número do poste "light" do qual vem a alimentação do semáforo; por outro lado, deve-se anotar o tipo de fiação utilizada, se aérea ou subterrânea.
- Interferências — devem ser anotadas todas as interferências à visibilidade (árvores, propaganda, etc) ou à implantação do semáforo (fio de "trolleybus", guia rebaixada, caixa de inspeção, etc).
- Estado de conservação dos equipamentos — o estado de conservação dos elementos de sustentação, máquina controladora, lentes (lâmpadas), etc. deve ser classificado entre bom e ruim, este último significando necessidade de substituição.
- Diagrama de fases — deve ser anotado o diagrama de fases existente na interseção, tomando-se cuidado especial com os movimentos de pedestres.
- Diagrama de tempos — deve ser anotado o ciclo e a duração dos tempos de verde, amarelo e vermelho (vermelho piscante no caso de pedestres).
No caso do semáforo estar ligado a outro, deve ser anotada a defasagem existente entre a abertura do verde do secundário com relação ao do principal.
Todos os elementos citados devem ser marcados em plantas de escala 1:500 ou 1:2000, ou então em folhas de formato A4.

d. Outras Sinalizações

Todas as outras sinalizações existentes na área de projeto e que não se encaixem nas categorias já discutidas devem ser cadastradas.

14.4.6 CIRCULAÇÃO E MOVIMENTOS NAS INTERSEÇÕES PRINCIPAIS

A circulação existente nas vias de toda a área deve ser levantada, tomando-se o devido cuidado com as transições de mão única para dupla e vice-versa.

Nas interseções, deve-se levantar todos os movimentos possíveis, tomando-se cuidado especial com as interseções de geometria complexa, ou que tenham canalizações internas, nas quais devem ser observados os movimentos de retorro e conversão, sejam legalmente permitidos ou não.

A marcação deve ser feita em planta de escala 1:2000 ou 1:5000, de preferência na mesma planta do levantamento da sinalização vertical existente.

14.4.7 OUTROS

a. Transporte Coletivo

Toda a rede de transporte coletivo da área de estudo deve ser analisada.

Do levantamento deve constar:

- a. Rotas de ônibus
- b. Pontos finais e/ou iniciais
- c. Freqüência e volume horário dos ônibus
- d. Características geométricas completas dos terminais porventura existentes
- e. Número de identificação das linhas.

O levantamento deve ser marcado em planta de escala 1:2000 ou 1:5000.

b. Locais Críticos

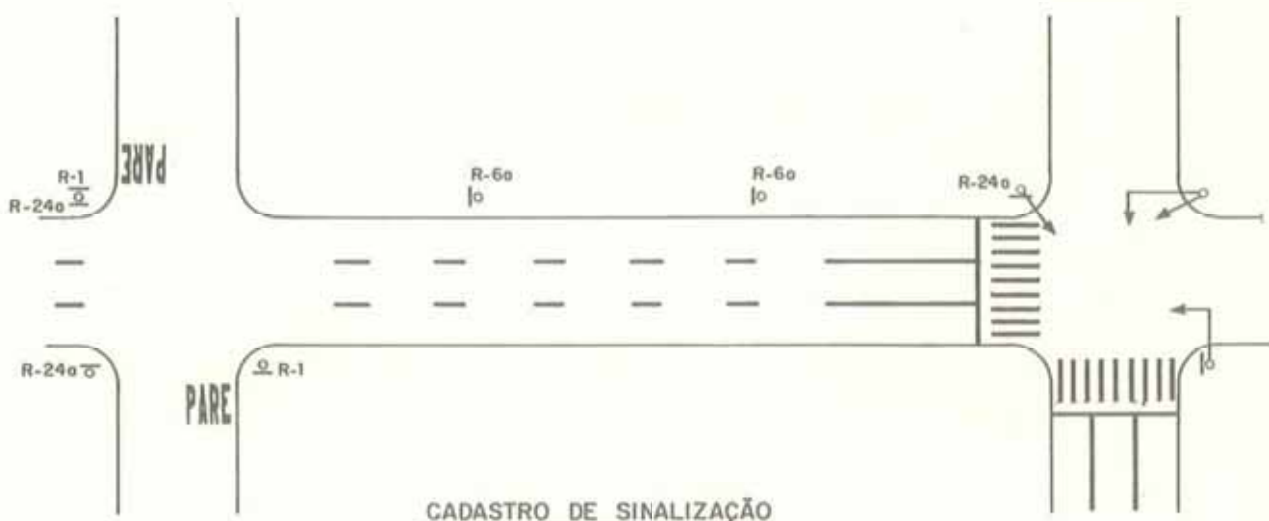
Todos os locais da área de estudo considerados críticos devem ser anotados.

Englobam-se neste caso os locais de congestionamento crônico, de conflitos indesejáveis de veículo x veículo ou veículo x pedestre, de estacionamento anárquico, de alto índice de acidentes, de carga e descarga elevada, etc.







O policiamento e a população locais são excelentes fontes de informações no que diz respeito a estes pontos críticos.








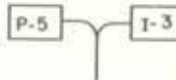

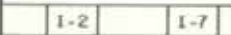


O levantamento deve ser marcado em planta de escala 1:2000 ou 1:5000.

A figura 1 ilustra um levantamento de sinalização vertical, horizontal e semafórico.



**14.5 CONVENÇÕES A UTILIZAR
SINALIZAÇÃO VERTICAL (E ELEMENTOS AFINS)**

PONTO DE ONIBUS	
POSTE COM PLACAS INDICADORAS DE RUAS	
POSTE DE ILUMINAÇÃO	
POSTE DA LIGHT	
CIRCULAÇÃO EXISTENTE	
PLACA EXISTENTE	

SINALIZAÇÃO DE ORIENTAÇÃO			
SINALIZAÇÃO DE	REPRESENTA GRÁFICA	AMARRAÇÃO	CÓDIGO
SUORTE VERTICAL SIMPLES		SPU, PP FRENTE Nº	
SUORTE VERTICAL DUPLO		PP, FRENTE Nº	
BRAÇO PROJETO SIMPLES		SPU, FRENTE Nº OU DETALHE	
BRAÇO PROJETADO DUPLO		FAZER DETALHE	
CORDOALHA		FRENTE Nº OU DETALHE	
PÓRTICO		FRENTE Nº OU DETALHE	

SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

TRAVESSIA DE PEDESTRE
EXISTENTE (E FAIXA DE RETENÇÃO)



BALIZAMENTO



LEGENDA

PARE

LINHAS DE RETENÇÃO E
APROXIMAÇÃO



SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA

COLUNA



CONTROLADOR ENGETRAN



CONTROLADOR SOBRASIN



EM BRAÇO PROJETADO
EXISTENTE



REPETIDOR EXISTENTE



DE PEDESTRE EXISTENTE



OUTROS

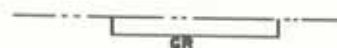
DEFENSA SIMPLES



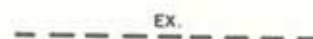
DEFENSA DUPLA



GUIA REBAIXADA EXISTENTE



PICOLÉS EXISTENTE



BOCA DE LOBO



15.1 OBJETIVO E CONTEÚDO

Este anexo tem o objetivo de reproduzir as principais fórmulas e conceitos utilizados nos cálculos estatísticos da engenharia de tráfego, para utilização do técnico. Nenhuma das fórmulas é demonstrada e não se discute a teoria estatística; para tal, o técnico deve reportar-se à literatura especializada (Ref. bibliog. 8, 9, 15 e 17).

15.2 MEDIDAS DE TENDÊNCIA CENTRAL

Há várias medidas de tendência central, das quais a mais comum é a média aritmética. Para dados não agrupados, a média é simplesmente a razão entre o somatório dos valores observados e o número de observações.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N}$$

\bar{x} = média aritmética
 $\sum x_i$ = somatório dos valores observados
N = número de observações

Para dados agrupados em classes, a média será

$$\bar{x} = \frac{\sum f_i x_i}{\sum f_i}$$

\bar{x} = média aritmética
 $\sum f_i x_i$ = somatório dos produtos entre freqüência da classe e seu valor médio
 $\sum f_i$ = somatório das freqüências de todas as classes

A mediana é o valor central de uma série de valores arranjados em ordem crescente ou decrescente. Se o número total de valores é ímpar, a mediana corresponde exatamente ao valor central, que tem tantos valores superiores a ele quanto inferiores; se o número de valores é par, a mediana é anotada como a média aritmética entre os dois valores centrais (e terá a mesma característica citada acima).

A mediana corresponde portanto ao percentil 50 ou seja, 50% dos valores são superiores a ela e 50% são inferiores; pode, portanto, ser calculada utilizando a tabela de freqüências acumuladas. Outra forma de calcular a mediana é por extrapolação (por meio da tabela de freqüências).

$$\text{Mediana} = L + \left(\frac{\frac{n}{2} - f_i}{f_m} \right) c$$

onde

L = limite inferior do grupo no qual está a mediana

n = número total de observações

fL = número acumulado de observações até o limite inferior do grupo no qual está a mediana

f_m = número de observações no grupo no qual está a mediana

c = intervalo do grupo no qual está a mediana

A moda é o valor mais freqüente de um grupo de valores (o próprio valor, num caso de valores não agrupados e o valor médio da classe, no caso de valores agrupados). No caso de uma amostra de velocidade, é a velocidade na qual trafega o maior número de veículos.

Se a curva de distribuição de freqüências é simétrica com relação ao seu eixo vertical, média, mediana e moda coincidem.

15.3. MEDIDAS DE DISPERSÃO

A dispersão dos dados da amostra é outra característica importante para a sua definição e o seu conhecimento. Existem basicamente duas medidas de dispersão, a amplitude e o desvio padrão.

A amplitude é simplesmente a diferença entre o valor mais alto e o valor mais baixo da amostra. Numa amostra de velocidades pontuais em vias urbanas, por exemplo, podem ser encontradas desde velocidades baixas (20km/h) até velocidades muito elevadas (130km/h). Se um estudo de uma via mostrar estes dois valores como extremos, a amplitude será de 110km/h (130 menos 20).

A amplitude não é boa medida de dispersão pois é muito influenciável pelo tamanho da amostra. Quanto maior for a amostra maior será a amplitude, pois crescerá a probabilidade de registrar valores mais baixos ou mais altos do que os anteriormente registrados. Devido a isto, a amplitude é usada mais comumente como delineaadora do fenômeno e não como caracterizadora.

Esta observação é importante na medida em que, havendo duas amostras de tamanhos diferentes, relativas às situações "antes/depois" de um projeto, não é possível comparar suas amplitudes para fins de avaliação do projeto.

O desvio padrão, por outro lado, é a medida de dispersão mais usada, sendo muito mais confiável que a amplitude. O desvio padrão é a raiz quadrada da variância da amostra, que por sua vez é o somatório dos quadrados dos desvios entre a média e os valores observados.

Para valores não agrupados, o desvio padrão é:

onde:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

S = desvio padrão

\bar{x} = média aritmética

x_i = iésima observação

N = número médio de observações

O desvio padrão tem, portanto, a mesma unidade do valor observado (ex: numa amostra de velocidades, o desvio padrão terá a dimensão de "km/h").

Para valores agrupados em classes:

$$S = \sqrt{\frac{\sum f_i u_i^2 - \frac{(\sum f_i u_i)^2}{\sum f_i}}{\sum f_i - 1}}$$

onde:

S = desvio padrão

u_i = valor médio da classe "i"

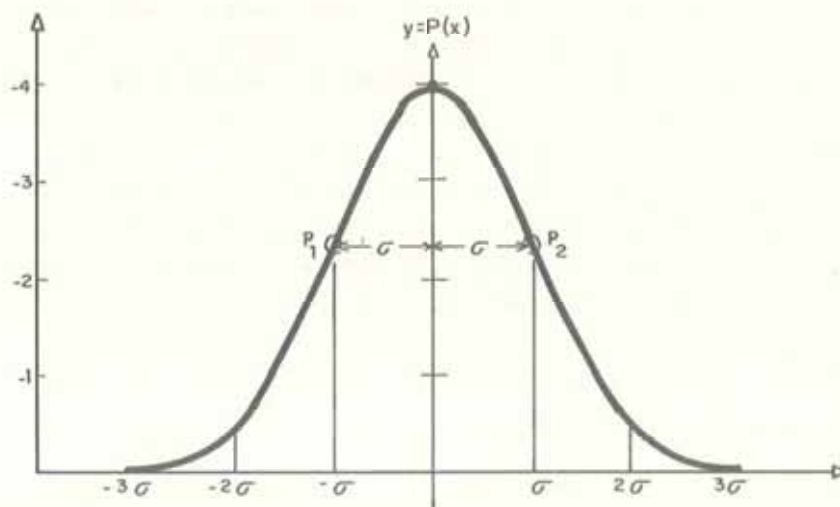
f_i = frequência da classe "i"

O desvio padrão será tanto maior quanto maior for a dispersão dos dados.

Caso especial: curva normal

Quando os dados se ajustam a uma distribuição normal, existem relações claras e fáceis de memorizar entre o desvio padrão e a frequência dos valores. A figura 1 ilustra a questão.

FIG.1- CURVA NORMAL



Conforme se vê, a distribuição é simétrica com relação à média e apresenta três intervalos importantes para os cálculos:

no intervalo $\bar{x} \pm 1\sigma$ estão 68,3% dos valores.

no intervalo $\bar{x} \pm 2\sigma$ estão 95,5% dos valores

no intervalo $\bar{x} \pm 3\sigma$ estão 99,7% dos valores

Os coeficientes correspondentes a qualquer porcentagem estão tabulados nos livros de estatística.

15.4. OUTRAS MEDIDAS

O coeficiente de variação é a razão entre o desvio padrão e a média. Assim: $C = \frac{S}{\bar{x}}$

Se os dados se ajustam a uma distribuição normal, o coeficiente de variação é aproximadamente 0,20.

A "Kurtose"* mede, no caso de uma distribuição normal, a concentração de valores com relação ao centro.

O "skew ness"* mede a assimetria com relação ao eixo central também no caso da distribuição normal. O percentil "p" de uma amostra é o valor (na unidade da amostra) no qual ou abaixo do qual estão "p%" das observações. Exemplificando, o percentil 85 de uma amostra de velocidade

* Para maiores detalhes, ver ref. bibliog. 17

é a velocidade na qual ou abaixo da qual estão 85% dos veículos. Este medidor é utilizado em conjunção com a curva de freqüências acumuladas.

15. 5. AMOSTRAGEM

15.5.1 INTRODUÇÃO

Todo o problema de precisão em pesquisa, reside na impossibilidade de trabalhar com a população total, seja por causa dos custos, seja por causa da inviabilidade operacional. É necessário, portanto, trabalhar com amostras, que muito provavelmente levarão a erros de estimativa das variáveis. A estatística, no entanto, permite calcular estes erros e, desde que este cálculo seja feito, o trabalho é cientificamente correto.

A questão, portanto, é saber qual é o erro que está sendo cometido e se o aceitamos ou não.

Este erro diz respeito às estimativas da média e do desvio padrão: dada uma certa população P, de média μ e desvio padrão σ , a amostragem de alguns valores (amostra $n < p$) trará estimativas de média (\bar{x} , diferente de μ) e desvio padrão (s , diferente de σ). Quanto mais próximas as estimativas \bar{x} e S forem dos valores reais μ e σ , maior é a precisão desta estimativa e quanto mais distantes eles estiverem, menor é a precisão. A diferença entre o valor estimado e o valor real é chamado então de erro, dado normalmente na forma $\bar{x} \pm e$, ou seja, o valor estimado \bar{x} difere do valor real μ de $\pm e$, num determinado nível de confiança (p. ex: 95%); o intervalo determinado por $\bar{x} \pm e$ é chamado intervalo de confiança da média ou seja, aquele no qual a média real está (no nível de confiança estipulado).

15.5.2 DESVIO PADRÃO DAS MÉDIAS

Extraído de uma população uma amostra do tamanho n , ela produzirá uma estimativa de média \bar{x} . O teorema do limite central mostra que, se extrairmos várias amostras de tamanho n , as estimativas de média que elas produzirão tenderão a distribuir-se normalmente. Este efeito será mais forte ainda quanto maior for o tamanho n e é válido para qualquer grupo de dados, independentemente da distribuição à qual se ajustam.

É justamente este fenômeno que permite saber qual é o erro que se comete ao produzir uma estimativa de média \bar{x} . Isto é feito por meio da análise do desvio padrão da amostra de médias que "teria" sido tirada. Este desvio é:

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

(população infinita)

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$$

(população finita)

ou seja, quanto maior é n , menor é o desvio padrão da média.

Portanto, estas médias formam uma distribuição normal de média real μ e desvio padrão $S_{\bar{x}}$. Assim sendo, e observando a equação acima, vemos que:

Existe 68,3% de probabilidade de que a média real esteja no intervalo $\bar{x} - S_{\bar{x}} \leq \mu \leq \bar{x} + S_{\bar{x}}$

Existe 95,5% de probabilidade de que a média real esteja no intervalo $\bar{x} - 2S_{\bar{x}} \leq \mu \leq \bar{x} + 2S_{\bar{x}}$

e assim por diante, para qualquer fração de $S_{\bar{x}}$ (com sua probabilidade correspondente).

Exemplificando: uma pesquisa de velocidade pontual de 20 veículos produziu uma estimativa \bar{x} de velocidade média de 35km/h, com desvio padrão $S = 5\text{km/h}$. Qual é o intervalo de confiança desta média?

Como a população é infinita, o desvio padrão da média é dado por $s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{5}{\sqrt{120}} = 1,12$ km/h

portanto:

Existe 68,3% de probabilidade de que $33,88 \leq \mu \leq 36,12$

Existe 95,5% de probabilidade de que $32,76 \leq \mu \leq 37,24$

Em outros termos, a média estimada deve ser escrita como $\bar{x} = 35 \pm 1,12\text{km/h}$ (para 65% de certeza) e $\bar{x} = 35 \pm 2,24\text{km/h}$ (para 95% de certeza).

Analogamente, o erro pode ser dado em termos de porcentagem em relação à média. Assim, o erro, para o nível 95%, é $2,24 \div 35$ ou seja, 9%.

15.5.3 TAMANHO DA AMOSTRA

A precisão depende, portanto, da variância da população e do tamanho da amostra colhida: quanto maior é a variância maior deverá ser a amostra para produzir estimativas com mais precisão.

O tamanho da amostra, por seu lado, depende da variância da população estudada e do erro admissível para o caso. A equação abaixo mostra o relacionamento das variáveis, no caso delas serem contínuas.

$$N = \frac{(ks)^2}{d^2}$$

onde n = amostra

d = erro admissível

s = desvio padrão da população

k = coeficiente representativo do nível de confiança (tabulado para cada tipo de distribuição).

É fácil mostrar, portanto, que forma-se um círculo vicioso: desconhecendo a variância da população, não se pode dimensionar a amostra e não a dimensionando, não se faz a pesquisa e não se obtém a variância. A solução é, portanto, estimar a variância (em função de pesquisa semelhante) ou fazer uma pesquisa-teste para obtê-la.

Em termos de relacionamento entre as variáveis, temos:

— a amostra é diretamente proporcional à variância da população: é inclusive intuitivo que quanto maior for a variância da população estudada, maior deverá ser a amostra, a fim de obter estimativas mais precisas.

— o tamanho da amostra é inversamente proporcional ao quadrado do erro admissível: quanto maior for o erro que o técnico aceita cometer na estimativa, menor precisará ser sua amostra.

É importante notar que a relação entre estas variáveis é potencial (expoente 2) ou seja, para duplicar a precisão é preciso quadruplicar a amostra.

— K é o índice representativo do nível de confiança desejado, e que tem relação com o tipo de distribuição dos dados: para o caso de uma curva normal, $K=1,0$ para 65,3% e $K=2,00$ para 95,5% ($K=1,96$ para 95%).

Adotando como probabilidade desejada 95%, vemos que:

$$N = \frac{(ks)^2}{d^2} = 1,96^2 \times \frac{S^2}{d^2} = 3,86 \frac{S^2}{d^2}$$

isto significa que n é a amostra mínima a ser colhida numa população de desvio padrão s, para que se tenha 95% de certeza de que a estimativa da média \bar{x} não difira da média μ mais do que o valor d.

Usando o mesmo exemplo dado acima, qual deve ser a amostra para que \bar{x} não passe de 1% da média μ ?

$$1\% \text{ da média } \bar{x} = 0,35 \text{ km/h} \quad n = 3,86 \times \frac{5^2}{0,35^2} \quad \therefore n = 438$$

ou seja, colhendo 438 velocidades, terei 95% de certeza de que a estimativa de média \bar{x} não se desviará da média real μ mais do que 0,35km/h.

No caso de fenômeno do tipo "exclusivo" (sim" e "não", como na pesquisa de observância de sinais), a amostra é

$$N = \frac{pq k^2}{d^2}$$

onde

n = amostra mínima

p = proporção de motoristas (pessoas, pedestres) que obedece à sinalização

q = proporção de motoristas (pessoas, pedestres) que desobedece à sinalização

k = constante correspondente ao nível de confiança desejado

d = erro admissível na estimativa da proporção p/q

15.5.4 Roteiro

a) Para dimensionamento da amostra

1.1 Estabelecer o erro admissível (d) na estimativa da média (depende da pesquisa, dos recursos, do técnico, do objetivo do projeto etc. — ver cada caso específico)

1.2 Estabelecer (ou adotar) o desvio padrão da população, em função de outras experiências ou de pesquisa-teste.

1.3 Estabelecer o nível de confiança desejado (K) (normalmente, de 90 ou 95%, embora dependa também dos objetivos, dos recursos etc).

1.4 Calcular

b) Para cálculo do intervalo de confiança de médias

2.1 Calcular o desvio padrão da amostra de valores (S)

2.2 Escolher o nível de confiança desejado (K)

2.3 Calcular o desvio padrão da média (erro de estimativa)

15.5.5 Tipos de Amostra

a) Amostra aleatória

Cada elemento da população tem a mesma probabilidade de ser escolhido

b) Amostra sistemática

É uma variação da amostragem aleatória. Divide-se a população em grupos de mesmo número de elementos e forma-se a amostra final retirando de cada grupo um ou mais elementos, segundo um procedimento sistemático (p. ex, o 2.º e 7.º elementos de cada grupo). Válido quando os grupos são heterogêneos mas de mesma variância.

c) Amostra estratificada

A população é dividida em grupos homogêneos, segundo atributos escolhidos (sexo, renda, etc). Cada grupo é amostrado individual e aleatoriamente, respeitando sua participação na população total ("amostragem estratificada proporcional"). Válido quando existem diferenças grandes (variabilidade acentuada entre as variâncias).

15.6. AVALIAÇÃO DE IMPACTO: TESTES DE MÉDIAS*

Na comparação entre duas situações criadas por uma intervenção do técnico, é necessário saber se houve ou não impacto. Esta avaliação pode ser feita em termos estatísticos por meio do chamado teste de médias que verifica se a diferença entre as duas situações é produto da intervenção do técnico ou é aleatória.

Supondo um projeto de redimensionamento de semáforos ao longo de uma rota, com o objetivo de diminuir o tempo médio de percurso, não basta medir os valores nas situações "antes" e "depois" e compará-los aritmeticamente: a diferença aritmética pode ser produto da aleatoriedade e não do redimensionamento dos semáforos. Os tempos médios de percurso, nas situações "antes" e "depois" são então comparados estatisticamente, no sentido de verificar se eles provêm ou não da mesma distribuição: se eles provêm da mesma distribuição isto significa que não houve impacto, ou seja, a situação "depois" é idêntica à "antes" e a diferença "numérica" não passa de produto da aleatoriedade; se, ao contrário, elas não provêm da mesma distribuição, a situação "depois" é diferente da situação "antes" ou seja, houve realmente impacto e a diferença numérica encontrada não é aleatória.

Esta comparação, assim como todos os tratamentos estatísticos, é feita para um determinado nível de significância, escolhida pelo técnico.

Existem dois tipos básicos de teste de médias para variáveis contínuas: o da curva normal (z) e o da curva de student (t).

O teste "normal" (z) é feito para amostras maiores ou iguais a 30, pela equação

$$z_o = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

onde \bar{x}_1 e \bar{x}_2 = médias de velocidades de "antes" e "depois"

s_1 e s_2 = variância de "antes" e "depois"

n_1 e n_2 = amostras de "antes" e "depois"

z_o = variável normal reduzida observada (ou calculada)

* Para maiores detalhes ver refs. bibliog. 1, 3, 8, 9, 15

O valor z_o , é então comparado com o valor z_c ("z crítico"), extraído da tabela de distribuição normal, para o nível de confiança estipulado. A decisão é:

se $z_o > z_c$ às médias são diferentes, ou seja, o dispositivo causou impacto

se $z_o \leq z_c$ não se pode afirmar que as médias sejam diferentes, ou seja, o dispositivo não causou impacto (a diferença numérica é "aleatória").

O teste "student" (t) é feito nos mesmos moldes para amostras inferiores a 30 com a equação,

$$t_o = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}} = \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}$$

no qual $\mu_1 = \mu_2$ ou seja, $\mu_1 - \mu_2 = 0$ (está se testando a hipótese de que as médias sejam iguais) e há $(n_1 + n_2 - 2)$ graus de liberdade.

Roteiro para o Teste de Médias:

- a) Determine os valores \bar{x}_1 , \bar{x}_2 , s_1 e s_2 , depois de eliminar da amostra os valores "anormais".
- b) Escolha o nível de significância desejado, determinando seu coeficiente correspondente (z_c ou "crítico").
- c) Calcule a estatística z_o ou t_o do teste de médias e compare-a com o valor crítico.

Diferença entre Proporções

No caso de diferenças entre duas proporções (ou porcentagens), o teste de médias é feito pela expressão:

$$t_o = \frac{p_1 - p_2}{\sqrt{p_0 q_0 \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)}}$$

onde t_o = estatística da distribuição de student

$$p_0 = \frac{p_1 N_1 + p_2 N_2}{N_1 + N_2}$$

p_1 = proporção observada na primeira pesquisa

p_2 = proporção observada na segunda pesquisa

N_1 = amostra da primeira pesquisa

N_2 = amostra da segunda pesquisa

$q_0 = 1 - p_0$

16.1 OBJETIVO

Neste capítulo, pretende-se fornecer critérios gerais de organização de dados; uma vez que estes procedimentos são comuns a quase todos os tipos de pesquisas*.

Trata-se da disposição dos dados em tabelas e gráficos, de forma clara e útil, bem como das principais análises que se pode realizar acerca destes dados.

O princípio básico que rege qualquer tabulação e análise deste tipo é que os dados colhidos representam um fenômeno que por sua vez apresenta algum tipo de distribuição no tempo e/ou no espaço: é justamente esta distribuição que se deseja conhecer e analisar. Algumas vezes, conhece-se de antemão a distribuição (mais provável) em função de pesquisas anteriores; é o caso clássico dos dados de velocidade pontual em uma seção de via, que ajustam-se quase sempre a uma distribuição normal. Outras vezes, no entanto, a distribuição é desconhecida, ou então há dúvidas sobre a sua natureza. A condensação dos dados em tabelas e gráficos permite então caminhar em direção à identificação da distribuição representativa do fenômeno, e conseqüentemente da análise de suas características.

16.2. TABULAÇÃO

16.2.1 TABELA GERAL DE CLASSES E FREQUÊNCIAS

O primeiro passo na tabulação dos dados consiste em agrupá-los de forma a facilitar sua análise. Este agrupamento é feito na forma de classes, que são sub-grupos com limites definidos (0 a 10km/h, 11 a 20km/h etc.). Na tabela 1, vemos que as velocidades pontuais foram agrupadas em classes (coluna 3), cada uma delas tendo um ponto central, representante da classe (coluna 2).

O número de observações dentro de cada classe (número de veículos observados) é chamada a frequência da classe (coluna 4). A comparação de cada frequência de classe com o total n de veículos da amostra, fornece a frequência relativa da classe (coluna 7), ou seja, o seu peso relativo dentro do grupo. Por último, a soma das frequências relativas, das menores velocidades para as maiores, fornece a frequência acumulada das velocidades, até o limite de 100%. (coluna 9)

* no caso de alguma pesquisa levar a procedimento "fora de padrão", eles são citados no próprio capítulo referente à pesquisa.

OBS: — Não existe critério rígido quanto ao tamanho e número das classes.

Para efeito de tabulação, quanto maiores os intervalos e menor o número das classes, mais fácil serão os procedimentos; para efeito da precisão da análise, no entanto, é melhor que elas sejam em maior número e com intervalos pequenos. De maneira geral, costuma-se adotar um mínimo de 10 classes como desejável, estabelecendo-se o intervalo como igual à amplitude amostral dividida por dez (ex: se a menor velocidade observada é 10km/h e a maior 120km/h, divide-se a amplitude — 110km/h — por 10, gerando o intervalo de 11km/h; como não é um número "redondo", pode-se por exemplo fazer 11 classes, cada uma com intervalo de 10km/h). É conveniente, para efeito de tabulação, que o ponto médio de cada classe seja um número inteiro.

TABELA 1 - DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIAS
VELOCIDADE (MILHAS/HORA) DE VEÍCULOS TRAFEGANDO LIVREMENTE EM OAKLAWN, ILLINOIS, NA US 12 e 20, A UMA
MILHA LESTE DA AVENIDA HARLEM

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Límites Superiores	Ponto Médio	Intervalo de Classe	Número de Veículos	Frequência Suavizada	Percentual de Veículos	Frequência Relativa	Frequência Acumulada	Frequência Percentual Acumulada
Velocidade em mph			f	f_c	$100f/n$	f/n	F_c	$100F_c/n$
74.5	72	70-74	0	0	0	0		
69.5	67	65-69	0	0.7	0	0		
64.5	62	60-64	2	5.7	0.67	0.0067	300	100.00
59.5	57	55-59	15	10.3	5.00	0.0500	298	99.33
54.5	52	50-54	14	19.3	4.67	0.0467	283	94.33
49.5	47	45-49	29	39.0	9.67	0.0967	269	89.67
44.5	42	40-44	74	54.3	24.67	0.2467	240	80.00
39.5	37	35-39	60	65.7	20.00	0.2000	166	55.33
34.5	32	30-34	63	50.7	21.00	0.2100	106	35.33
29.5	27	25-29	29	32.7	9.67	0.0967	43	14.33
24.5	22	20-24	6	14.3	2.00	0.0200	14	4.67
19.5	17	15-19	8	4.7	2.67	0.0267	8	2.67
14.5	12	10-14	0	2.7	0	0	0	0.00
			300 = n	300.1 = n	100.02	1.0002		

Fonte: Ref.17

16.2.2 GRÁFICOS DE FREQUÊNCIA

Além da disposição em tabelas, é conveniente construir gráficos com os dados, de forma a visualizá-los melhor.

Há dois tipos de gráficos, o de frequência relativa e o de frequência acumulada.

a) Frequência Relativa

O gráfico de frequência relativa é construído colocando-se os intervalos de classe no eixo "x" e as frequências relativas no eixo "y". A figura 1 ao lado é o gráfico de frequências relativas de velocidade da tabela 1.

Nesta forma, o gráfico é chamado "Histograma".

Se representarmos as frequências relativas por pontos (e não barras verticais), locados verticalmente no ponto médio das classes, poderemos unir os pontos entre si, obtendo um gráfico chamado polígono de frequências.

A figura 2 é o polígono de frequência dos dados de velocidade da tabela 1.

Este gráfico, conforme se vê, é formado normalmente por segmentos de reta com grandes diferenças de inclinação, formando um polígono "quebrado".

Como um dos objetivos da tabulação é chegar ao tipo de distribuição que representa o fenômeno, este polígono "quebrado" pode ser "suavisado" através de um artifício, obtendo-se a curva "polígono suavizado de freqüências".

FIG. 1: FREQUÊNCIAS RELATIVAS (histograma)

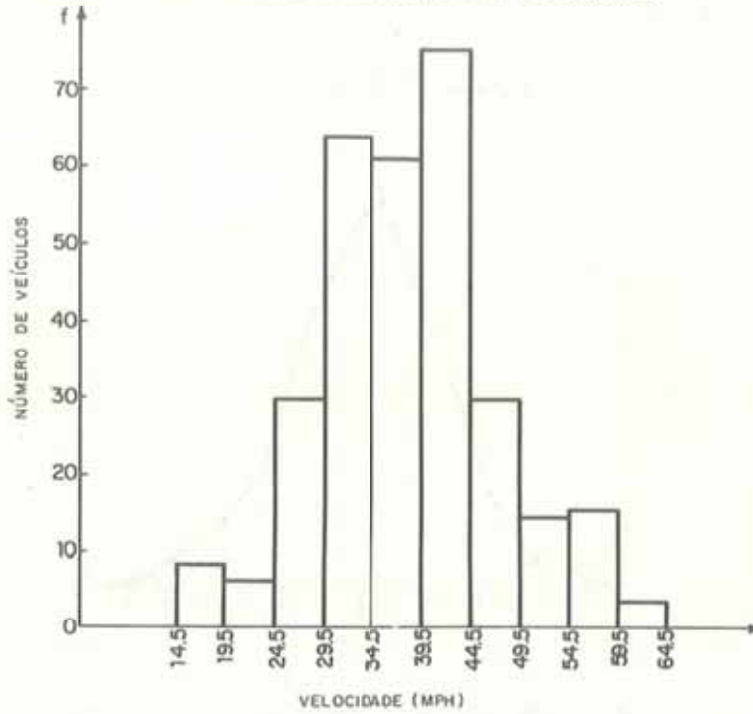
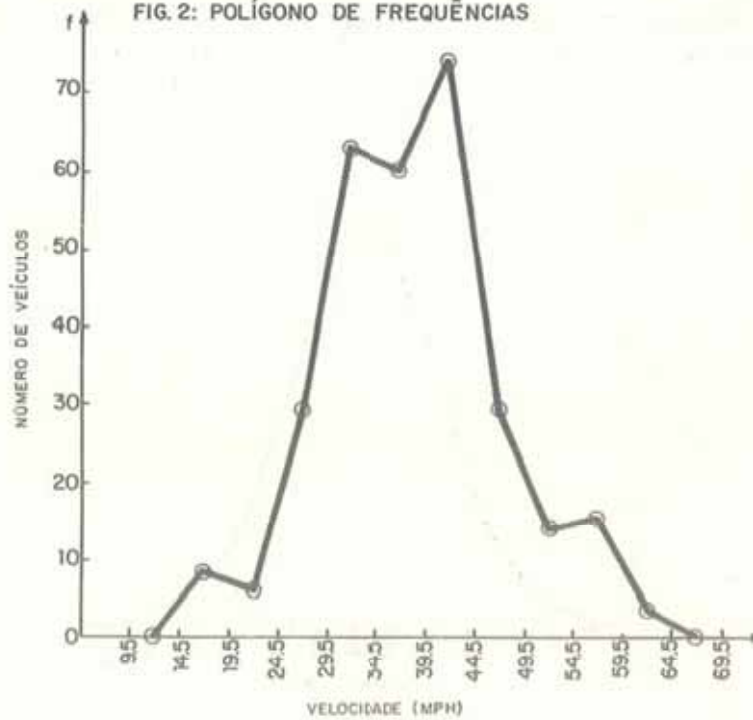
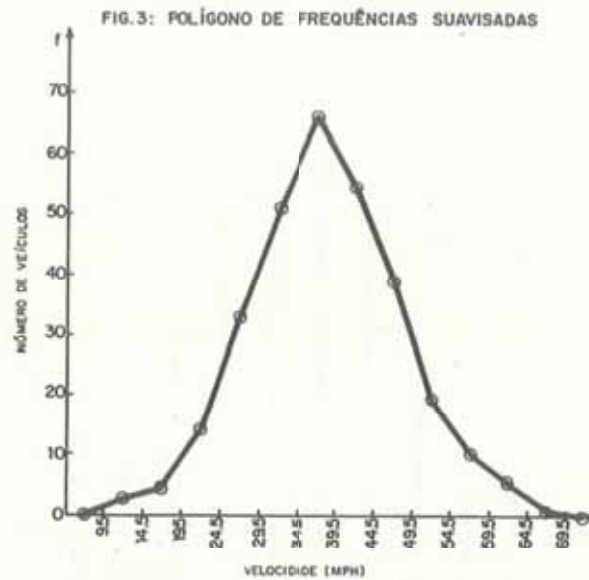


FIG. 2: POLÍGONO DE FREQUÊNCIAS

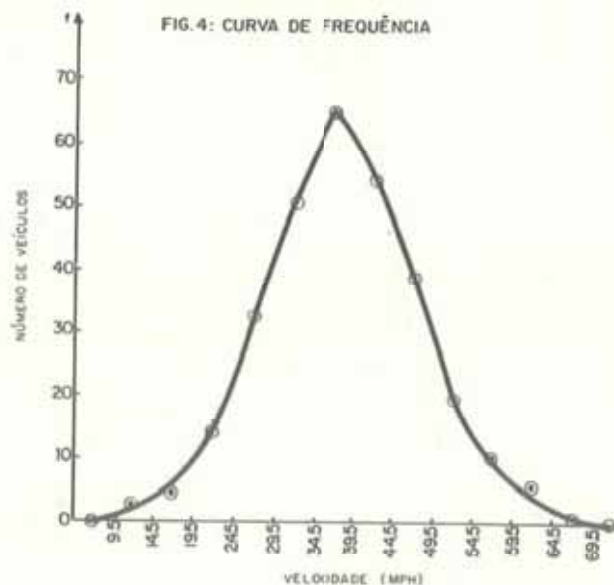


Para tal, cada freqüência relativa original é somada às duas (ou quatro) a elas adjacentes (à direita e esquerda) e dividida por três (ou cinco), produzindo o valor que será colocado no gráfico. Exemplificando, a freqüência relativa "suavisada" da classe 45-49 é obtida somando-se as freqüências 14, 29 e 74, e dividindo-se o total por três.

A figura 3 abaixo ilustra a curva final.

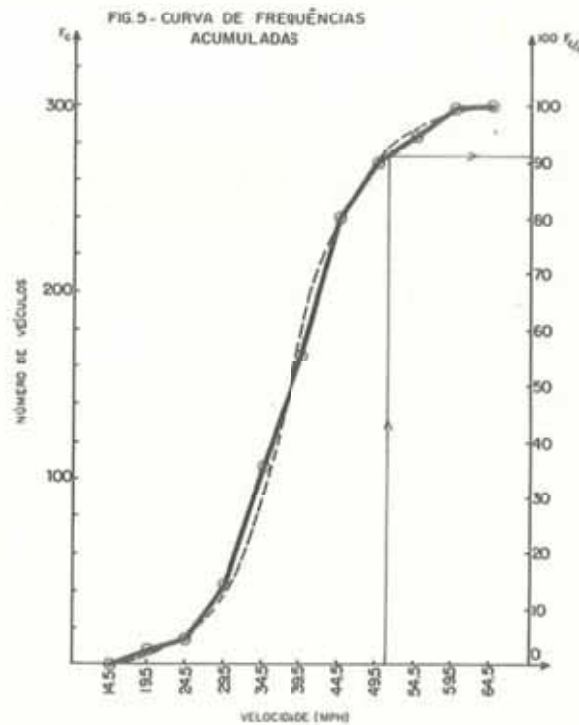


Finalmente, pode-se tentar ajustar uma curva (distribuição) à última curva obtida, a fim de caracterizar o fenômeno. Esta curva de freqüência é uma estimativa do limite ao qual se chegaria com o polígono de freqüências", se os intervalos de classe fossem reduzidos indefinidamente e a freqüência fosse aumentada indefinidamente. Outra característica importante é que a área sob a curva (qualquer delas) é teoricamente igual a um (ou 100%) em termos de probabilidade e igual à freqüência total Σ em termos numéricos simples. A fig. 4 ilustra o procedimento.



b) Freqüência Acumulada

Outra forma útil de visualizar o comportamento da variável analisada é construindo uma curva de freqüência acumulada. Os dados estão na tabela 1 (coluna 9) e são dispostos no gráfico de forma a colocar as freqüências acumuladas nas ordenadas e os intervalos de classe nas abcissas (a freqüência é colocada na vertical do limite superior de cada intervalo). A fig. 5 ilustra o procedimento.



A utilidade da freqüência acumulada reside no fato de se poder avaliar qual(is) porcentagem(s) de (no caso) veículos estão abaixo ou acima de um dado valor que seja no interesse do técnico. Suponhamos que estes dados de velocidade refiram-se a uma via local para a qual a velocidade máxima desejável é 50m/h. Que porcentagem dos veículos obedece este limite? Entrando na fig. 5 com o valor 50m/h nas abcissas, lê-se nas ordenadas que 91% dos veículos obedecem o limite, o que faz com que 09% sejam infratores.

A curva é chamada OGIVA.

OBS: a) Percentis 15 a 85 correspondem aproximadamente a $\pm 1\sigma$ e, na prática da engenharia de tráfego caracterizam limites de trabalho. No caso de estudos de velocidade pontual, por exemplo, correspondem aos limites "aceitáveis" de velocidade: os veículos circulando abaixo da velocidade correspondente ao percentil 15 são considerados "lentos" demais e aquele circulando acima da velocidade correspondente ao percentil 85 são considerados "rápidos" demais.

b) Uma forma rápida de verificar se a distribuição é normal, é colocar os dados de freqüência acumulada num papel de probabilidade normal, com as freqüências na abcissa e os limites superiores dos intervalos nas ordenadas. Se a distribuição for normal, a curva resultante será uma reta.

* Este conceito não é unânime entre os Técnicos e deve portanto ser encarado com reservas.

17 — referências bibliográficas

- (1) BOX, Paul C. & OPPENLANDER, Joseph C. **Manual of traffic engineering studies**. 4.ed. Arlington, Institute of Transportation Engineers, 1976. 233p., il. Bibliografia.
- (2) TRANSPORT AND ROAD RESEARCH LABORATORY. **Research on road traffic**. London, Her Majesty's Stationery Office, 1965. 505p., il. Bibliografia.
- (3) PIGNATARO, Louis J. **Traffic engineering; theory and practice**. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1973. 502p., il. Bibliografia p. 455-84.
- (4) INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS. **Transportation and traffic engineering handbook**. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1976. 1.080p., il. Bibliografia.
- (5) HOBBS, Frederick Derek. **Traffic planning and engineering**. Oxford, Pergamon Press, 1974.
- (6) HIGHWAY RESEARCH BOARD. **Highway capacity manual**. Washington, 1965. (Special Report, 87).
- (7) SANTOS, Arnaldo Pereira. **Pesquisas de tráfego**. Apostila. (não publicada).
- (8) WOHL, Martin & MARTIN, Brian V. **Traffic system analysis for engineers and planners**. New York, McGraw-Hill, 1967. 558p., il. (McGraw-Hill Séries in Transportation). Bibliografia.
- (9) SCHWAR, Johannes & PUY HUARTE, José. **Metodos estadísticos en ingeniería de tránsito**. Mexico, Representaciones y Servicios de Ingeniería, 1975. 147p., gráf., tab.
- (10) HIGHWAY RESEARCH BOARD. **Parking principles**. Washington, 1971. 217p., il. (Special Report, 125).
- (11) AKCELIK, R. **Traffic signals; capacity and timing analysis**. Vermont, Australian Road Research Board, 1981, 108 p., il. (Research Report ARR, 123). Bibliografia p. 101-3.
- (12) ESTADOS UNIDOS. Federal Highway Administration. **Evaluation of traffic operations, safety, and positive guidance projects**. Washington, 1980. (Report FHWA-TO-80-1).
- (13) VALDES GONZALES-ROLDAN, Antonio. **Ingeniería de tráfico**. 2.ed. Madrid, Dossat, 1978. 880 p., il. Bibliografia.
- (14) INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS. **Traffic data collection; proceedings of the conference held at the ICE, 5-6 April 1978**. London, 1978. 174p.
- (15) WEBSTER, F. V. & COBBE, B. M. **Traffic signals**. London, Her Majesty's Stationery Office, 1966. 111p., il. (Road Research Technical Paper, 56). Bibliografia p. 107-11.
- (16) COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO (São Paulo). **Manual de sinalização urbana; normas de detalhamento de projetos**. São Paulo, 1979.
- (17) GREENSHIELDS, Bruce Douglas & WEIDA, Frank Mark. **Statistics with application to highway traffic analyses**. 2.ed. Westport, Enc Foundation for Transportation, 1978. 179p., gráf., tab. Bibliografia.
- (18) PORTUGAL, Lícínio da Silva. **Características do Tráfego**. Apostilas. (Não publicadas).

Ficha Editorial

L. Peter A. Urmenyi
Ruy Mello Martins
Waldir Gonzales
Composição
Impressão

— Gerência e Produção
— Desenhos
— Foto da Capa
— Linotipadora Cambuci Ltda.
— Inter-Gráfica Industrial Ltda.

Boletim Técnico da CET

BT N.º 1 — Redução do Consumo de Combustível: Ações na Circulação e no Transporte	— publicado
BT N.º 2 — Redução dos Acidentes de Tráfego: Proposta de Medidas para um Plano de Ação	— publicado
BT N.º 3 — São Paulo e a Racionalização do Uso de Combustível	— publicado
BT N.º 4 — Pesquisa Aerofotográfica da Circulação Urbana: Análise de um Projeto Piloto	— publicado
BT N.º 5 — Noções Básicas de Engenharia de Tráfego	— publicado
BT N.º 6 — Engenharia de Campo	— publicado
BT N.º 7 — Projeto SEMCO: Sistema de Controle de Tráfego em Áreas de São Paulo	— publicado
BT N.º 8 — Ação Centro	— publicado
BT N.º 9 — COMONOR: Comboio de Ônibus Ordenados	— publicado
BT N.º 10 — Sistema de Controle de Tráfego: Aplicação do Programa TRANSYT	— publicado
BT N.º 11 — POT Programa de Orientação de Tráfego	— publicado
BT N.º 12 — Controlador Atuado	— publicado
BT N.º 13 — Sinalização Vertical: Montagem e Implantação	— publicado
BT N.º 14 — Fiscalização da Sinalização Horizontal	— publicado
BT N.º 15 — Projetos de Intersecções em Nível — Canalizações	— publicado
BT N.º 16 — Métodos para Cálculo da Capacidade de Intersecções Sematizadas	— publicado
BT N.º 17 — Áreas de Pedestres: Conceitos	— publicado
BT N.º 18 — Transporte por Ônibus Contratado — TOC	— publicado
BT N.º 19 — Áreas de Pedestres: Técnicas e Aplicações	— publicado
BT N.º 20 — Impacto de Investimentos do Sistema Viário	— publicado
BT N.º 21 — Um Estudo Sobre os Problemas de Estacionamento de Veículos	— publicado
BT N.º 22 — COMONOR II: Comboios de Ônibus Ordenados nas Avenidas Rangel Pestana e Celso Garcia	— publicado
BT N.º 23 — Educação de Trânsito Via Comunicação Social	— publicado
BT N.º 24 — PROJETO PILOTO: Deficientes Físicos e Visuais	— publicado
BT N.º 25 — PROJETO BRIGADEIRO: Faixa Exclusiva de Ônibus no Contra-Fluxo	— publicado
BT N.º 26 — OPERAÇÃO ESPECIAL: Visita do Papa João Paulo II	— publicado
BT N.º 27 — Iluminação e Visibilidade	— publicado
BT N.º 28 — Sistema de Administração de Multas de Trânsito	— publicado
BT N.º 29 — Atividades Básicas de Operação de Trânsito	— publicado
BT N.º 30 — Impacto das Obras na Via Pública	— publicado