

CAPÍTULO 08

PESQUISAS DE TEMPOS DE PERCURSO E DEMORAS

1. CONCEITOS

TEMPO DE PERCURSO

é o tempo gasto por um veículo para se deslocar de um ponto A até um outro B, incluindo paradas e demoras, nas condições prevalentes de tráfego.

DEMORAS

é o tempo gasto pelo tráfego, devido aos sinais de interrupções de movimento ou diminuição da velocidade normal. Pode ser dividido em demoras fixas, demoras operacional ou demoras de tempo de percurso.

PARADAS

é o tempo em que o veículo fica parado durante o percurso.

TEMPO DE MOVIMENTO

é a porção do tempo do percurso em que o veículo está realmente em movimento.

MEDIANA

É a velocidade tal que existam o mesmo número de carros com velocidade maior e com velocidade menor que ela.

É também chamada de velocidade do meio e 50o. percentil

PORCENTIS DAS VELOCIDADES

É a velocidade na qual ou abaixo da qual os veículos correspondentes àquela porcentagem se movem.

85o. PORCENTIL

É muitas vezes referenciado como o da velocidade crítica.

Os motoristas que excedem a velocidade correspondente a esse percentil, são considerados como os que dirigem mais depressa do que é seguro, nas condições existentes.

Esse percentil é um bom guia para se estabelecer velocidades limites.

CAUSAS DAS DEMORAS

DEMORAS FIXAS

ocorrem, principalmente nas interseções.
Este tipo de demora não depende das características de fluxo e podem ocorrer mesmo com um só veículo percorrendo o segmento.

Exemplos:

sinais de tráfego
símbolos de paradas
símbolos de via preferencial
cruzamentos ferroviários, etc.

DEMORAS OPERACIONAIS

é a demora causada por interferência de outros componentes, na corrente de tráfego.

Causas:

a) fricções laterais

veículos que entram e saem de estacionamentos
veículos fazendo retornos
pedestres
veículos parados
veículos estacionados em segunda fila
tráfego cruzado

b) fricções internas

congestionamento devido a altos volumes
falta de capacidade
manobras de entrada ou saída

MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE VELOCIDADE

RADAR

baseia-se na freqüência da reflexão de onda eletromagnética ocasionada pela passagem do veículo.

Quando se deseja obter a velocidade livre dos veículos em rodovias, é necessário obter dados referentes a regularidade ou irregularidade da superfície de rolamento, o tipo de pavimento, a declividade e existência de curvas ou tangentes.

Torna-se importante obter não só a velocidade instantaneamente num determinado ponto, mas também as velocidades quando os veículos estão acelerando ou desacelerando.

Para isso, antenas dispostas nos radares devem ficar assentadas tão tangentes quanto possível à direção do tráfego a ser observado.

Aproximando-se o veículo ao alcance da ação do radar (cerca de 500m) um visor digital indica a sua velocidade enquanto aquele permanecer em seu ângulo de percepção.

Em trechos de aclives, 3 radares são capazes de acompanhar o veículo num percurso de 1,5 Km.

Para os greides em declives são necessárias 5 posições de radar para abranger um percurso de 2Km.

Nos testes de velocidades estáticas devem ser escolhidos trechos retos, abertos, sem a influencia de símbolos ou sinais ou qualquer interferência estranha que altere a velocidade livre dos veículos.

Isto quer dizer que o observador de velocidade deve ficar despercebido do motorista.

O observador deverá selecionar os veículos aleatoriamente na corrente de tráfego, procurando escolher um número de caminhões proporcionalmente ao volume de tráfego a fim de que a amostra seja adequadamente estratificada.

Existe uma tendência de o observador medir velocidades de veículos mais rápidos, e não aleatoriamente.

CARRO TESTE

Consiste na utilização de um veículo teste que é dirigido várias vezes, numa determinada seção teste.

a) Carro Flutuante

neste método, o motorista tenta, na corrente de tráfego, ultrapassar o maior número possível de veículos, determinando assim, os menores tempo de percurso e demora.

b) Velocidade Média

o motorista dirige o carro teste, que em sua opinião, trafegará na velocidade representativa da velocidade média do tráfego total, na ocasião do teste.

MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE VELOCIDADE (continuação)

CRONÔMETROS

a) Cronômetros Sincronizados

Consiste na utilização de cronômetros sincronizados em pontos predeterminados.

O primeiro passo para a execução é a escolha dos trechos de acordo com as características que se quer apurar (rodovia pavimentada, revestimento primário, terra, etc. - tipo de região: plana, ondulada, montanhosa).

Os trechos não deverão ter entroncamentos importantes e se, em rodovias, a região deverá ser pouco habitada, não devendo possuir posto de gasolina, policial ou qualquer outro motivo de perturbação do fluxo normal do tráfego, (evitar atrito lateral).

Os cronômetros deverão ser acionados simultaneamente, sendo o trabalho realizado durante 4 horas consecutivas, quando os cronômetros deverão ser parados simultaneamente.

b) Medição de Tempo em Distância Conhecida

Consiste em medir o tempo que o veículos demoram para se deslocar de um ponto A até ao B, através de cronômetros.

Isto pode ser feito por marcas no pavimento, ou caixa com espelho, ou aparelho eletromecânico, ou marcador gráfico.

O método de marcas no pavimento consiste em se colocar marcas no pavimento no início e no final do trecho e o observador liga e desliga o relógio quando o veículo passa nessas marcas.

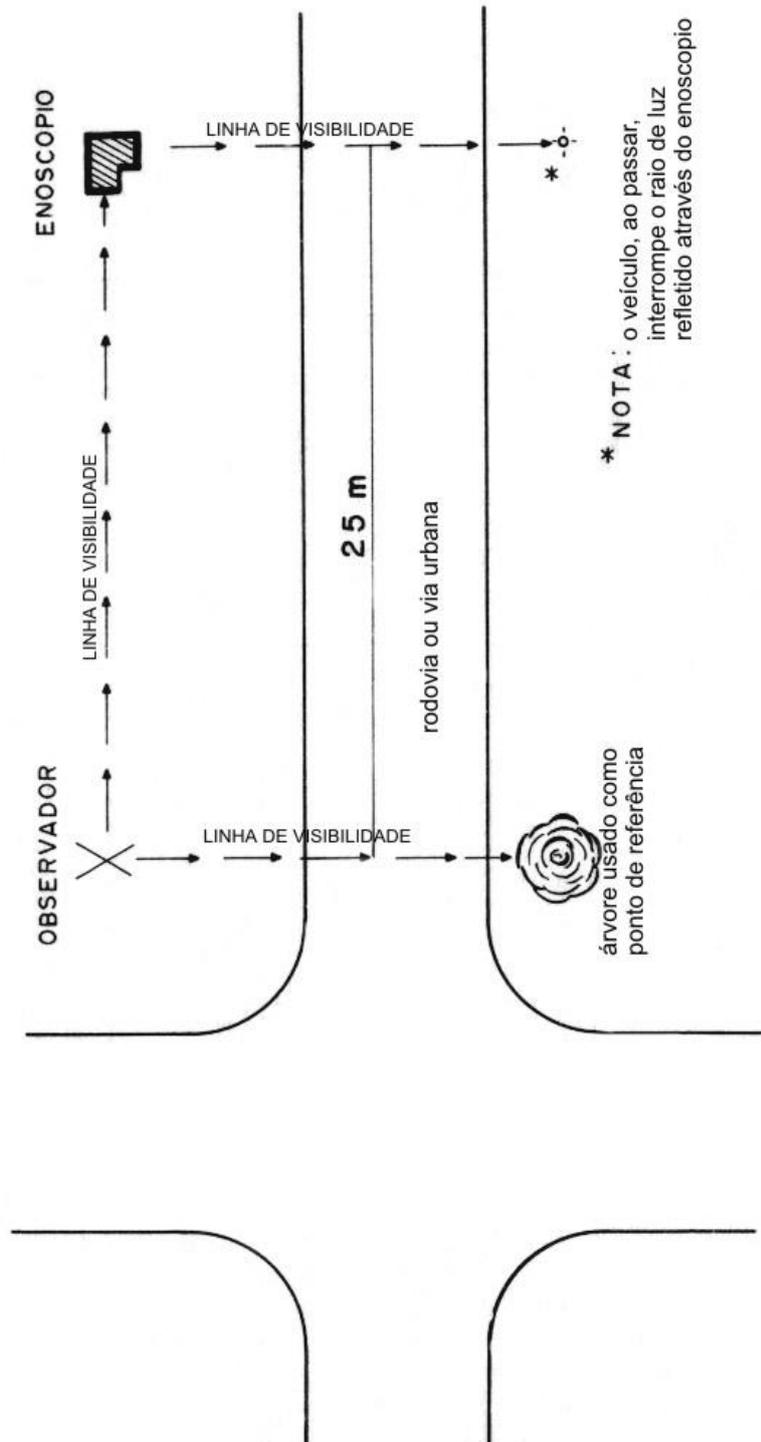
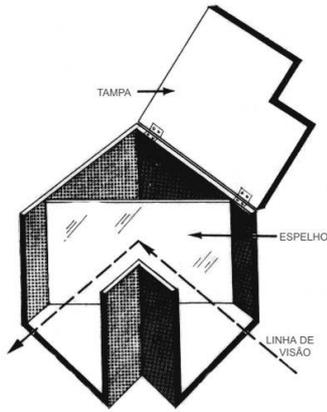
O método da caixa com espelho consiste na utilização de uma caixa em forma de "L" aberta nas duas extremidades e com um espelho formando ângulo de 45 graus com as paredes do canto.

O observador, colocado entre os dois pontos extremos, vê pelo espelho, quando o veículo cruza esses pontos. A caixa de espelho e sua utilização, pode ser vista na figura inserida adiante.

No caso do Aparelho Eletromecânico, um tubo contendo ar ou corrente elétrica, emite impulsos quando os veículos passam sobre o tubo, que por sua vez operam um interruptor, acionando e parando um cronômetro.

Já o marcador gráfico é um instrumento que se move a velocidade constante e com uma pena que se desloca para cima e para baixo, conforme impulsos de ar vindos de tubos que cruzam a via.

ENOSCOPIO para medição de tempo em distância conhecida



MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE VELOCIDADE (continuação)

MEDIDOR COM MOTOR DE VELOCIDADE CONSTANTE

que cronometra os veículos automaticamente, numa faixa de 10 a 25 metros de largura.

REGISTRADOR GRÁFICO "EASTERLINE ANGUS"

que registra num papel cronometrado o momento em que todos os veículos passam pelos dois extremos de faixa considerada possuindo para isso 20 estiletas.

MEDIDOR DESENVOLVIDO PELO "BUREAU OF ROADS"

que, além de registrar a velocidade instantânea, assinala também a posição transversal do veículo na pista.

Neste caso são empregados detetores de metal em vez de tubos pneumáticos.

TÉCNICA DE LEITURAS DE PLACAS

usada quando só se deseja informação de tempo de percurso. Esse método utiliza um observador no início e na saída da seção em teste. Cada observador registra a hora e o número da placa.

MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE VELOCIDADE (continuação)

FOTOGRAFIAS

consiste em se obter fotografias espaçadas em séries.
Permite determinar também, espaços entre os carros, uso das faixas, valores de aceleração, manobras de entrada ou de cruzamento e demoras nas interseções.

A distância que um veículo se move de uma fotografia para a sucessiva, dividida pelo tempo entre as duas fotografias, dá a sua velocidade.

TÉCNICAS DE ENTREVISTAS

pode ser utilizada quando se necessita de muitos dados e se dispõe de pouco tempo e dinheiro.

Normalmente se entrevistam empregados de firmas ou estabelecimentos localizados estrategicamente, para se indagar a respeito do tempo que gastam para ir ao trabalho.

Utilizam-se também entrevistas por telefone.

DEMORAS EM INTERSEÇÕES - MÉTODOS DE MEDIÇÕES

MÉTODO DO TEMPO DE PERCURSO

consiste em medir o tempo de percurso de um ponto antes e um ponto após a interseção das seguintes formas:

- a) carro teste operando entre dois pontos
- b) anotação de tempo e número das placas dos veículos nos dois pontos
- c) fotografias em tempo determinado
- d) observador em ponto elevado seguindo os veículos (um de cada vez) registrando o tempo de percurso entre os dois pontos escolhidos

MÉTODO DAS DEMORAS DE PARADAS

consiste em medir o tempo em que os veículos ficam parados na região da interseção, não sendo incluídos os tempos devido à aceleração e desaceleração.

Formas de obtenção:

- Medidor de Demoras: acoplado ao painel do carro que registra o tempo em que o mesmo fica parado
- Medidor de Amostragem: é feita a contagem de veículos parados em intervalos de tempo (por exemplo a cada 15 minutos)

2. DEMORA EM INTERSEÇÃO - APLICAÇÃO

Considere-se uma pesquisa de 5 minutos com observações a cada 15 segundos, obtendo-se os valores do quadro seguinte:

HORÁRIO	Número total de veículos parados na aproximação da intersecção				Volume de Serviço	
	-----				Carros que	Carros que
	0 seg	15 seg	30 seg	45 seg	param	não param
17:00	0	2	7	9	11	6
17:01	4	0	0	3	6	14
17:02	9	16	14	6	18	0
17:03	1	4	9	13	17	0
17:04	5	0	0	2	4	17
SUBTOTAL	19	22	30	33	56	37
TOTAL	104				93	

Demora Total: número total de veículos parados observados x intervalo de observação = 104 x 15 = 1560 veículos segundos

Média de Demora por Veículo Parado =
$$\frac{\text{Demora Total}}{\text{número de veículos parados}} =$$

$$= \frac{1560}{56} = 27.8 \text{ segundos}$$

Média de Demora por Volume de Serviço =
$$\frac{\text{Demora Total}}{\text{Volume de Serviço}} =$$

$$= \frac{1560}{93} = 16.8 \text{ segundos}$$

% de Veículos que Param =
$$\frac{\text{número veículos parados}}{\text{volume de serviço}} = \frac{56}{93} = 60,2\%$$

3. MÉTODO DO CRONÔMETRO - APLICAÇÃO

A utilização de cronômetros permite determinar velocidades de operação de veículos em um dado segmento viário, seja rodoviário ou urbano. Essa velocidade pode ser para um determinado tipo de veículo, ou para a velocidade do trânsito. A velocidade do trânsito para diversos tipos de rodovias ou vias urbanas foi definida em diversos estudos realizados por diversos outros países, porém, no caso brasileiro, o problema está no fato de que a composição do tráfego, principalmente de rodovias, é muito diferente das rodovias estrangeiras, onde possuímos uma incidência entre 30-40% de caminhões, e até mesmo, de até 60% de caminhões, como no caso da BR 116, entre Curitiba – São Paulo.

Assim sendo, a determinação de velocidade em uma determinada rodovia, passa a ter importância significativa, uma vez que valores utilizados em outros países, deixam de ser válidos para o nosso. É, pois, necessário conhecer, não somente a velocidade dos diversos tipos de veículos e do trânsito por tipo de pista de rolamento (pavimentada, revestida, ou terra), atravessando regiões topográficas distintas (plana, ondulada, montanhosa), mas também a sua variação conforme o aumento do volume de tráfego e a influência do aumento de percentual de veículos pesados.

Um método simples de determinação de velocidade em rodovia, com utilização de cronômetros é descrito na seqüência.

- Escolhe-se o segmento da rodovia que se pretende avaliar, de tal forma que o mesmo tenha uma extensão entre 3 a 5 km (quanto maior a extensão mais preciso será a velocidade determinada); que seja pouco habitado, que não tenha entroncamentos importantes, postos de combustíveis, posto policial, ou qualquer outro motivo de perturbação do fluxo normal do tráfego.
- Levantam-se as características técnicas do trecho, como tipo de pavimento, largura da pista, acostamento, extensão, perfil longitudinal do segmento (ou indicativo da topografia da região), quantidade de curvas fechadas.
- Um engenheiro coordenador e 2 equipes formadas de 4 elementos cada uma executarão o trabalho, cada uma delas em cada extremo do segmento, sendo que o primeiro elemento se encarrega do cronômetro, ditando o minuto e o segundo a cada 10 segundos (exemplo: 4 minutos e 20 segundos, 30 segundos, 40 segundos, ... , 5 minutos e 0 segundos, 10 segundos, 20 segundos, ...); o segundo dita a placa do veículo (2 últimos números da placa) e o tipo (automóvel, ônibus, ou caminhão); o terceiro preenche o formulário, anotando a placa na linha correspondente ao minuto e intervalo de 10 segundos, fazendo um traço debaixo do algarismo se o tipo de veículo for caminhão, dois traços se for ônibus e nenhum se for automóvel (ver modelo de formulário adiante); o quarto elemento anotará o tráfego que se desloca no sentido do teste (o quarto elemento da segunda equipe anota o tráfego no sentido oposto).

Modelo de Formulário de Registro de Placas de Veículos

TESTE DE VELOCIDADE POR ANOTAÇÃO DE PLACAS DE VEÍCULOS E UTILIZAÇÃO DE CRONÔMETROS

RODOVIA: _____ POSTO: DATA: DIA DA SEMANA:

TRECHO: _____ DE: ATÉ:

SEGMENTO: _____ SENTIDO: _____

EXEMPLO: 09 15 09 30

MI NU TOS	SE GUN DOS	NÚMERO DA PLACA (1 Grifo para Caminhões e (e 2 Grifos para Onibus)	MI NU TOS	SE GUN DOS	NÚMERO DA PLACA (1 Grifo para Caminhões e (e 2 Grifos para Onibus)	MI NU TOS	SE GUN DOS	NÚMERO DA PLACA (1 Grifo para Caminhões e (e 2 Grifos para Onibus)
0	00-10	<input type="text"/>	5	00-10	<input type="text"/>	10	00-10	<input type="text"/>
	10-20	<input type="text"/>		10-20	<input type="text"/>		10-20	<input type="text"/>
	20-30	<input type="text"/>		20-30	<input type="text"/>		20-30	<input type="text"/>
	30-40	<input type="text"/>		30-40	<input type="text"/>		30-40	<input type="text"/>
	40-50	<input type="text"/>		40-50	<input type="text"/>		40-50	<input type="text"/>
	50-60	<input type="text"/>		50-60	<input type="text"/>		50-60	<input type="text"/>
1	00-10	<input type="text"/>	6	00-10	<input type="text"/>	11	00-10	<input type="text"/>
	10-20	<input type="text"/>		10-20	<input type="text"/>		10-20	<input type="text"/>
	20-30	<input type="text"/>		20-30	<input type="text"/>		20-30	<input type="text"/>
	30-40	<input type="text"/>		30-40	<input type="text"/>		30-40	<input type="text"/>
	40-50	<input type="text"/>		40-50	<input type="text"/>		40-50	<input type="text"/>
	50-60	<input type="text"/>		50-60	<input type="text"/>		50-60	<input type="text"/>
2	00-10	<input type="text"/>	7	00-10	<input type="text"/>	12	00-10	<input type="text"/>
	10-20	<input type="text"/>		10-20	<input type="text"/>		10-20	<input type="text"/>
	20-30	<input type="text"/>		20-30	<input type="text"/>		20-30	<input type="text"/>
	30-40	<input type="text"/>		30-40	<input type="text"/>		30-40	<input type="text"/>
	40-50	<input type="text"/>		40-50	<input type="text"/>		40-50	<input type="text"/>
	50-60	<input type="text"/>		50-60	<input type="text"/>		50-60	<input type="text"/>
3	00-10	<input type="text"/>	8	00-10	<input type="text"/>	13	00-10	<input type="text"/>
	10-20	<input type="text"/>		10-20	<input type="text"/>		10-20	<input type="text"/>
	20-30	<input type="text"/>		20-30	<input type="text"/>		20-30	<input type="text"/>
	30-40	<input type="text"/>		30-40	<input type="text"/>		30-40	<input type="text"/>
	40-50	<input type="text"/>		40-50	<input type="text"/>		40-50	<input type="text"/>
	50-60	<input type="text"/>		50-60	<input type="text"/>		50-60	<input type="text"/>
4	00-10	<input type="text"/>	9	00-10	<input type="text"/>	14	00-10	<input type="text"/>
	10-20	<input type="text"/>		10-20	<input type="text"/>		10-20	<input type="text"/>
	20-30	<input type="text"/>		20-30	<input type="text"/>		20-30	<input type="text"/>
	30-40	<input type="text"/>		30-40	<input type="text"/>		30-40	<input type="text"/>
	40-50	<input type="text"/>		40-50	<input type="text"/>		40-50	<input type="text"/>
	50-60	<input type="text"/>		50-60	<input type="text"/>		50-60	<input type="text"/>

PESQUISADOR: _____ OBS.: O minuto zero corresponde ao horário de início. Assim, se a hora de início é 09:15, o minuto 00:00 até 00:60 corresponde a 09:15 e o minuto 01:00 até 01:60 ao horário 09:16 h

FOLHADE.....
VelocidadeCronomPlaca.xls

Observe-se que, por este formulário, é possível saber a velocidade de cada veículo, mas também pode-se saber qual o volume que foi registrado no posto de pesquisa, minuto por minuto. Anotam-se as placas de todos os veículos que passarem no posto. Se a rodovia for de pista dupla, mais uma equipe em cada posto deve ser considerada para cada faixa de tráfego acrescida, nos horários de pico, onde cada equipe anota as placas dos veículos de uma faixa. O quarto elemento que faz a contagem dos veículos é necessário para conferência e possíveis ajustes, se nem todas as placas puderem ser anotadas (algum veículo pode não ter placa). A contagem volumétrica deve ter registro de 15 em 15 minutos.

Dessa forma, como é conhecida quantidade de veículos que transitaram no segmento a cada 15 minutos, e como cada formulário de registro de placas anota as placas por 15 minutos, pode-se calcular as velocidades dos veículos que trafegaram no segmento no período de 15 minutos. Multiplicando-se o volume de tráfego dos 15 minutos por 4, obtém-se o fluxo de tráfego equivalente de uma hora. Dessa forma, para cada volume horário de tráfego, pode-se conhecer as velocidades dos veículos e a velocidade do trânsito, o que permite analisar a redução de velocidade, em função do aumento no volume de tráfego.

Como a pesquisa é realizada por um período de 4 horas e, havendo 4 intervalos de 15 minutos em uma hora, significa que se obterão 16 blocos de velocidades relacionadas com o volume horário. A velocidade média será a velocidade obtida em diversos testes realizados no segmento, onde cada teste deverá ter duração mínima de 4 horas.

É preciso observar que os cronômetros devem ser acionados simultaneamente no primeiro posto. A segunda equipe se dirige para o segundo posto e um tempo estimado para o início das anotações deve ser considerado. No final do tempo previsto para pesquisa (no mínimo de 4 horas) os cronômetros devem ser travados. Se forem travados no mesmo instante, os últimos veículos que passaram no primeiro posto não foram registrados no segundo. Se houver uma diferença de tempo de travamento do cronômetro, para que os veículos do primeiro posto possam ser registrados no segundo, esse tempo deverá ser definido com antecipação, pois, pode ocorrer um erro no cronômetro que terá que ser corrigido através de um coeficiente de correção a ser determinado.

Como a distância percorrida pelo veículo é conhecida e o tempo foi medido, calcula-se a velocidade de cada veículo registrado.

O quadro adiante mostra o resultado de um teste realizado. O quadro apresenta a velocidade média de cada tipo de veículos por intervalo de 15 minutos, ou seja, considera a velocidade de todos os veículos registrados no intervalo, obtendo-se um valor médio. Não é, portanto, a velocidade do trânsito que se está determinando.

RESUMO DO TESTE DE VELOCIDADE COM USO DE CRONÔMETRO

RODOVIA: BR 116

POSTO: 1

DATA: 26/04/1964

TRECHO: CURITIBA - SÃO PAULO

DIA DA SEMANA: SEG

SEGMENTO: CURITIBA - ATUBA

SENTIDO: 1

DISTÂNCIA ENTRE OS POSTOS: 2 km

HORÁRIO DA PESQUISA POR PERÍODO DE 15 MINUTOS	AUTOMÓVEIS					ÔNIBUS					CAMINHÕES					VOLU ME TO-TAL	VOLU ME HORA RIO
	VO LU ME	PLACAS	TEM PO (min.)	km / h	%	VO LU ME	PLACAS	TEM PO (min.)	km / h	%	VO LU ME	PLACAS	TEM PO (min.)	km / h	%		
07 : 00 - 07 : 15	28	28	56,50	59,5	49,1	6	6	13,50	53,3	10,5	23	23	57,40	48,1	40,4	57	228
07 : 15 - 07 : 30	48	48	117,20	49,1	53,3	7	7	15,60	53,8	7,8	35	35	57,40	73,2	38,9	90	360
07 : 30 - 07 : 45	39	39	84,00	55,7	49,4	10	10	24,00	50,0	12,7	30	29	57,40	60,6	38,0	79	316
07 : 45 - 08 : 00	39	36	79,30	54,5	55,7	5	5	11,40	52,6	7,1	26	24	57,40	50,2	37,1	70	280
08 : 00 - 08 : 15	53	53	120,90	52,6	60,9	14	14	29,80	56,4	16,1	20	20	57,40	41,8	23,0	87	348
08 : 15 - 08 : 30	55	55	110,20	59,9	71,4	5	5	11,40	52,6	6,5	17	17	57,40	35,5	22,1	77	308
08 : 30 - 08 : 45	62	60	116,70	61,7	68,1	11	11	23,10	57,1	12,1	18	18	57,40	37,6	19,8	91	364
08 : 45 - 09 : 00	41	40	82,20	58,4	58,6	6	6	14,30	50,3	8,6	23	23	57,40	48,1	32,9	70	280
09 : 00 - 09 : 15	63	59	130,60	54,2	71,6	1	1	2,50	48,0	1,1	24	23	57,40	48,1	27,3	88	352
09 : 15 - 09 : 30	48	48	97,90	58,8	63,2	8	8	18,60	51,6	10,5	20	20	57,40	41,8	26,3	76	304
09 : 30 - 08 : 45	79	76	202,90	44,9	65,3	3	3	6,80	52,9	2,5	39	38	57,40	79,4	32,2	121	484
08 : 45 - 10 : 00	61	56	122,90	54,7	79,2	1	1	2,00	60,0	1,3	15	14	57,40	29,3	19,5	77	308
10 : 00 - 10 : 15	61	59	132,90	53,3	77,2	4	4	12,40	38,7	5,1	14	13	57,40	27,2	17,7	79	316
10 : 15 - 10 : 30	62	62	127,30	58,4	69,7	5	5	9,90	60,6	5,6	22	20	57,40	41,8	24,7	89	356
10 : 30 - 10 : 45	54	54	115,90	55,9	62,1	8	8	17,50	54,9	9,2	25	24	57,40	50,2	28,7	87	348
10 : 45 - 11 : 00	77	75	221,00	40,7	74,0	9	9	35,00	30,9	8,7	18	18	57,40	37,6	17,3	104	416

SEQUÊNCIA DE CALCULOS:

O volume de cada tipo de veículo é obtido pela contagem volumétrica realizada. A coluna placas registra o número de veículos que tiveram as suas placas anotadas e a velocidade medida. O tempo é o somatório do tempo de todos os veículos que tiveram suas placas anotadas, valor esse em minutos obtido do formulário de campo. A velocidade será o quociente entre a distância percorrida por todos os veículos pelo somatório dos tempos gastos (como o tempo é medido em minutos, a sua transformação em hora necessita ser feita). A coluna (%) indica a composição percentual do tipo de veículo. A coluna volume total é o somatório do volume de automóveis, ônibus e caminhões. A coluna "Volume Horário" corresponde ao volume horário equivalente e é obtida multiplicando-se o volume total por 4, uma vez que o volume total refere-se ao volume de 15 minutos.

OBSERVAÇÃO:

O sentido 1 significa mesmo sentido que aquele indicado na identificação do segmento. O sentido 2 seria o sentido inverso àquele indicado na identificação do segmento.

Na determinação da velocidade do trânsito é necessário considerar a velocidade de todos os veículos que se deslocam no segmento em análise. A medição realizada permite calcular essa velocidade.

O exemplo apresentado, mostra apenas um caso de velocidades por tipo de veículo por faixa de volume de tráfego.

Os exemplos a seguir mostram formas de se calcular a velocidade do trânsito.

As medidas de velocidades realizadas permitem calcular uma série de parâmetros, dos quais citaremos apenas os mais significativos para utilização do percentil 85, ou seja, a velocidade abaixo da qual 85% dos veículos trafegam, portanto, somente ultrapassada por 15% dos veículos.

VELOCIDADE MÉDIA - é uma média da tendência central dos dados

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

\bar{x} = velocidade média
 f_i = frequência

n = número total de veículos observados
 x_i = velocidade do intervalo

DESVIO PADRÃO

$$s^2 = \frac{\sum f_i(x_i)^2 - \frac{1}{n}(\sum f_i \times x_i)^2}{n-1} \Rightarrow s = \sqrt{s^2}$$

ERRO PADRÃO DA MÉDIA

Este é um valor estatístico que indica a segurança com que a média da amostra pode representar a velocidade média real de todo o tráfego.

$$\left(\frac{s}{\bar{x}}\right)^2 = \frac{s^2}{n} \Rightarrow \frac{s}{\bar{x}} = \sqrt{\left(\frac{s}{\bar{x}}\right)^2}$$

$\frac{s}{\bar{x}}$ = erro padrão da média

$\left(\frac{s}{\bar{x}}\right)^2$ = variância média s^2 = variância da amostra

O Erro Padrão da média, mais e menos um desvio, contém aproximadamente, 68 % das velocidades dos veículos.

O Erro Padrão da média, mais e menos dois desvios padrão, contém 95 %.

E, o erro padrão da média, mais e menos três desvios padrão, contém 99,8 %.

ESTUDOS ANTERIORES E POSTERIORES

Para se determinar quando a diferença entre a velocidade média dos estudos anteriores e posteriores é significativa, é necessário que se estime o desvio padrão da diferença das médias.

$\bar{s} = \sqrt{\left(s_{\bar{x}b}\right)^2 + \left(s_{\bar{x}a}\right)^2}$	$\bar{x}b - \bar{x}a > 2 \bar{s}$
--	-----------------------------------

\bar{s} = desvio padrão da diferença das médias

$\left(s_{\bar{x}b}\right)^2$ = variância média do estudo "anterior"

$\left(s_{\bar{x}a}\right)^2$ = variância média do estudo "posterior"

$\bar{x}b$ = velocidade média do estudo "anterior"

$\bar{x}a$ = velocidade média do estudo "posterior"

\bar{s} = desvio padrão da diferença das médias

Se a diferença das velocidades médias é maior que duas vezes o desvio padrão da diferença das médias, pode-se dizer, com 95% de segurança que a diferença observada nas velocidades médias é significativa (a mudança nas condições afetou significativamente a velocidade média).

EXERCICIO 8.3.1

Considere-se a pesquisa de velocidade abaixo:

FAIXA DE VELOCIDADE DOS VEÍCULOS	VELOCIDADE MEDIA POR FAIXA (xi)	FREQUENCIA (No. de veículos observados) (fi)
13.6 - 16.5	15	1
16.6 - 19.5	18	2
19.6 - 22.5	21	6
22.6 - 25.5	24	12
25.6 - 28.5	27	13
28.6 - 31.5	30	20
31.6 - 34.5	33	18
34.6 - 37.5	36	17
37.6 - 40.5	39	4
40.6 - 43.5	42	5
43.6 - 46.5	45	1
46.6 - 49.5	48	1

Na tabela apresentada, os dados são agrupados em intervalos de velocidade de 3 km/h, tendo na segunda coluna a média do intervalo.

Na terceira coluna é lançado o número de veículos observados com velocidade dentro de cada intervalo.

Calcular a velocidade média do conjunto, bem como a mediana, a moda e os diversos percentis.

RESOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 8.3.1

FAIXA VELOC.	xi	fi	fi ACUM (3)	% ACUM 100.(3)/n	fi . xi	fi . (xi) ²
13.6-16.5	15	1	1	1	15	225
16.6-19.5	18	2	3	3	36	648
19.6-22.5	21	6	9	9	126	2 646
22.6-25.5	24	12	21	21	288	6 912
25.6-28.5	27	13	34	34	351	9 477
28.6-31.5	30	20	54	54	600	18 000
31.6-34.5	33	18	72	72	594	19 602
34.6-37.5	36	17	89	89	612	22 032
37.6-40.5	39	4	93	93	156	6 084
40.6-43,5	42	5	98	98	210	8 820
43.6-46.5	45	1	99	99	45	2 025
46.6-49.5	48	1	100	100	48	2 304
SOMA	n= 100				3 081	98 775

VELOCIDADE MÉDIA

$$x = \frac{\sum fi \cdot xi}{n} =$$

DESVIO PADRÃO

$$s^2 = \frac{\sum fi \cdot (xi)^2 - \frac{1}{n} (\sum fi \cdot xi)^2}{n-1}$$

ERRO PADRÃO DA MÉDIA

$$\left(s_{\bar{x}}\right)^2 = \frac{s^2}{n} =$$

Podemos afirmar, com 95% de segurança, que a velocidade está compreendida entre a velocidade média ± 2 erros padrões da média, isto é:

$$30,81 - 2 \times 0,624 \quad e \quad 30,81 + 2 \times 0,624$$

$$\text{Mediana} = 30 \text{ km/h} \quad e \quad \text{Moda} = 30 \text{ km/h}$$

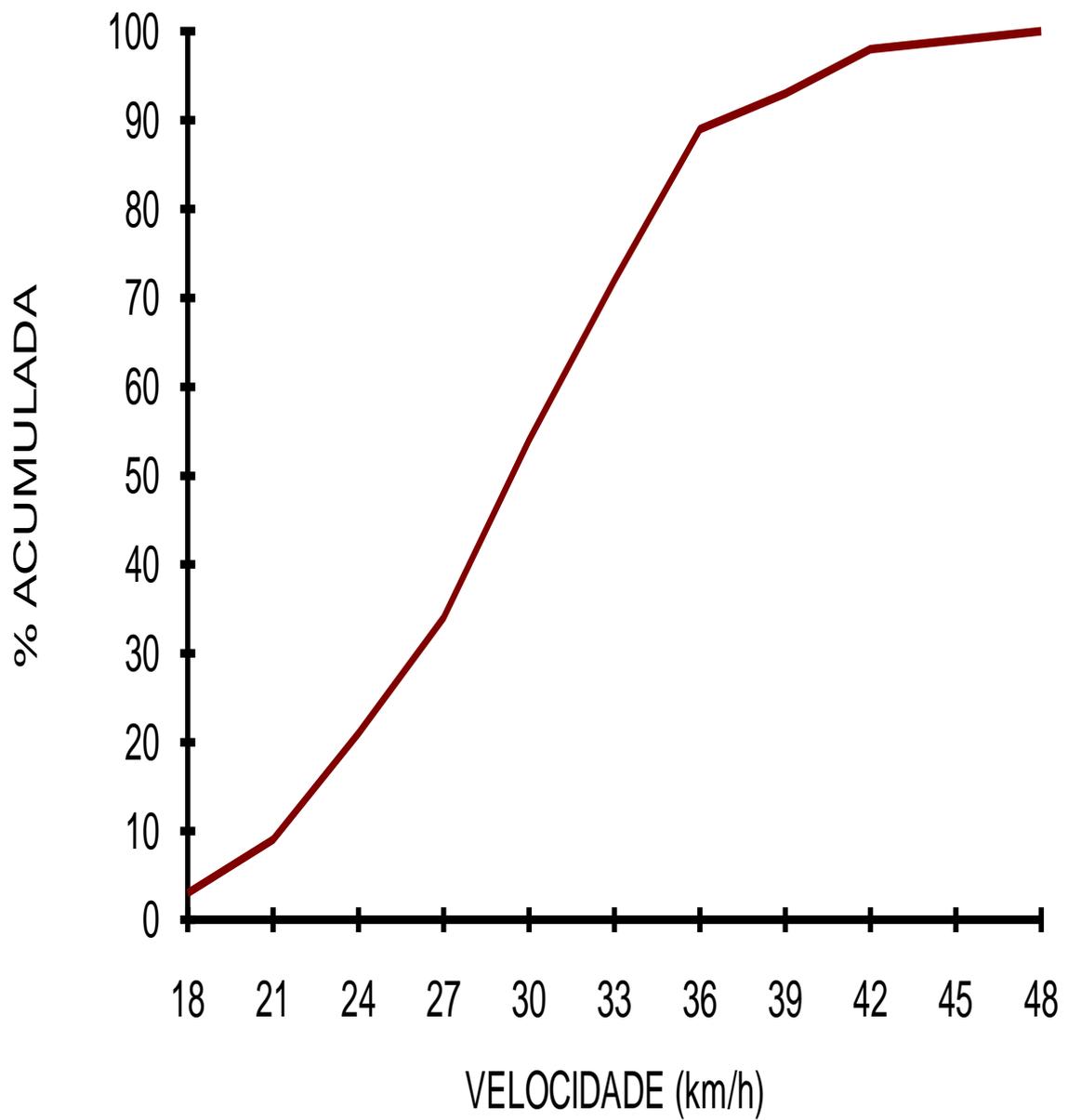
As porcentagens acumuladas (coluna 4) lançadas no eixo das ordenadas e os limites superior de cada grupo de velocidades lançadas no eixo das abcissas, definem uma curva em forma de "S" que se denomina "curva de velocidades acumuladas".

Traçando-se no gráfico uma linha horizontal, por uma porcentagem escolhida (15% ou 50% ou 85% , por exemplo), se, no ponto onde esta linha intercepta a curva, traçarmos uma linha vertical, vamos obter, no eixo das abcissas, a velocidade na qual, ou abaixo da qual, os veículos correspondentes àquela porcentagem se movem.

Assim, a cada percentil corresponde uma velocidade.

O gráfico na sequência, permite calcular os diversos percentis.

CURVA DE VELOCIDADES ACUMULADAS DETERMINAÇÃO DOS PORCENTIS



EXERCÍCIO 8.3.2 (proposto)

Considerando-se o quadro abaixo calcular os diversos parâmetros.

Faixa velocidade (mph)	Velocidade média x_i	Freqüência (no. veículos) f_i
19 - 20.9	20	1
21 - 22.9	22	2
23 - 24.9	24	4
25 - 26.9	26	7
27 - 28.9	28	10
29 - 30.9	30	12
31 - 32.9	32	8
33 - 34.9	34	3
35 - 36.9	36	21
37 - 38.9	38	2
39 - 40.9	40	0

RESPOSTA

Velocidade Média	= 31,029 mph
Desvio Padrão	= 4,527 mph
Erro Padrão da Média	= 0,541 mph
15o. Percentil	= 25,9 mph
50o. Percentil	= 30,0 mph
85o. Percentil	= 36,3 mph

4. MÉTODO DO CARRO TESTE - APLICAÇÃO

Para a determinação da velocidade média de um trecho através de testes de velocidade dinâmicos, pode-se adotar a metodologia desenvolvida pelo Road Research Laboratory e que pode ser sintetizada pelas expressões:

$g = \frac{x + y}{a + w}$	$t = w + \frac{y}{g}$
---------------------------	-----------------------

sendo:

g = fluxo de veículos numa direção

x = número médio de veículos contados na direção de g quando o carro teste está se locomovendo na direção oposta

y = diferença entre veículos ultrapassados e os que ultrapassaram o carro teste quando estava percorrendo no sentido de g (pode ser positivo ou negativo)

w = tempo médio de percurso quando o carro teste estiver trafegando na direção de g

a = tempo médio de percurso quando o carro teste estiver trafegando na direção oposta de g

t = tempo médio de percurso do tráfego total

Se o carro teste se movimentar adequadamente no fluxo de tráfego, o valor de y será igual a zero, tendo-se então $t = w$.

EXERCÍCIO 8.3.3

A ficha adiante inserida refere-se a um teste de velocidade realizado em trecho da rodovia que liga as localidades de Paranaíba e Alto do Paraná, rodovia pavimentada com um tráfego diário médio de 2 943 veículos.

Foram realizadas 6 medições nos dias e horários indicados no quadro, obtendo-se os valores ali apresentados.

Calcular a velocidade média nesse trecho.

RESOLUÇÃO

TESTE DE VELOCIDADE DINÂMICO

Ficha Resumo

TRECHO: Paranavaí - Alto Paraná

SENTIDO: DE Paranavaí

PARA: Alto Paraná

No. do Teste	Tipo de Veículo	Dia da Semana	Data	Hora	Dist. Percorrida (km)	Tempo Total (min, seg)	SENTIDO OPOSTO AO TESTE				SENTIDO DA DIREÇÃO DO TESTE							
							ULTRAPASSAGENS				Efetuada				Recebidas			
							CP	ON	CM	TT	CP	ON	CM	TT	CP	ON	CM	TT
							01	A	Sab	20/3	08:25	5,100	4' 3"	3	0	7	10	0
02	A	Sab	20/3	14:35	5,200	3' 24"	6	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
03	A	Dom	21/3	10:40	5,200	3' 15"	3	1	5	9	0	0	0	0	0	0	0	0
04	C	Dom	21/3	16:55	5,100	4' 16"	9	1	2	12	0	0	0	0	3	0	0	3
05	C	Seg	22/3	09:45	5,200	4' 58"	10	0	4	14	0	0	0	0	1	0	0	1
06	C	Seg	22/3	14:20	5,200	5' 22"	11	0	7	18	0	0	0	0	2	0	0	2

TRECHO: Paranavaí - Alto Paraná

SENTIDO: DE Alto Paraná

PARA: Paranavaí

No. do Teste	Tipo de Veículo	Dia da Semana	Data	Hora	Dist. Percorrida (km)	Tempo Total (min, seg)	SENTIDO OPOSTO AO TESTE				SENTIDO DA DIREÇÃO DO TESTE							
							ULTRAPASSAGENS				Efetuada				Recebidas			
							CP	ON	CM	TT	CP	ON	CM	TT	CP	ON	CM	TT
							01	A	Sex	19/3	18:20	5,200	3' 36"	4	0	6	10	0
02	A	Sab	20/3	14:30	5,200	3' 42"	5	0	1	6	0	0	1	1	0	0	0	0
03	A	Sab	20/3	18:20	5,200	3' 37"	5	0	5	10	0	0	0	0	1	0	0	1
04	C	Dom	21/3	10:35	5,400	4' 7"	6	0	0	6	0	0	0	0	2	0	0	2
05	C	Dom	21/3	16:30	5,100	3' 41"	9	0	4	13	0	0	0	0	1	0	0	1
06	C	Seg	22/3	09:40	5,100	4' 38"	9	0	1	10	0	0	0	0	2	0	0	2

EXERCÍCIO 8.3.4 (proposto)

Considere-se a ficha resumo do trecho Presidente Castelo Branco - Mandaguaçu.

Calcular a velocidade média.

TESTE DE VELOCIDADE DINÂMICO																	
Ficha Resumo																	

TRECHO: Castelo Branco - Mandaguaçu	SENTIDO: DE Castelo Branco	PARA: Mandaguaçu
-------------------------------------	----------------------------	------------------

No. do Teste	Tipo de Veículo	Dia da Semana	Data	Hora	Dist. Percorrida (km)	Tempo Total (min, seg)	SENTIDO OPOSTO AO TESTE				SENTIDO DA DIREÇÃO DO TESTE							
							ULTRAPASSAGENS				Efetuadas				Recebidas			
							CP	ON	CM	TT	CP	ON	CM	TT	CP	ON	CM	TT
							01	A	Sab	20/3	09:00	5,100	3' 25"	11	1	2	14	1
02	A	Sab	20/3	19:20	5,100	3' 21"	10	0	5	15	0	0	1	1	0	0	0	0
03	A	Dom	21/3	11:03	5,200	3' 13"	7	1	4	12	0	0	0	0	0	0	0	0
04	C	Dom	21/3	17:40	5,100	3' 46"	6	0	0	6	0	0	1	1	0	0	0	0
05	C	Seg	22/3	10:20	5,100	4' 6"	5	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
06	C	Seg	22/3	15:10	5,100	4' 7"	13	0	5	18	0	0	1	1	3	0	0	3

TRECHO: Castelo Branco - Mandaguaçu	SENTIDO: DE Mandaguaçu	PARA: Castelo Branco
-------------------------------------	------------------------	----------------------

No. do Teste	Tipo de Veículo	Dia da Semana	Data	Hora	Dist. Percorrida (km)	Tempo Total (min, seg)	SENTIDO OPOSTO AO TESTE				SENTIDO DA DIREÇÃO DO TESTE							
							ULTRAPASSAGENS				Efetuadas				Recebidas			
							CP	ON	CM	TT	CP	ON	CM	TT	CP	ON	CM	TT
							01	A	Sex	19/3	17:05	5,900	4' 19"	19	0	6	25	0
02	A	Sab	20/3	14:30	5,100	3' 28"	16	0	3	19	0	0	0	0	2	0	0	2
03	A	Sab	20/3	17:00	5,200	3' 58"	7	1	3	11	0	0	1	1	0	0	0	0
04	C	Dom	21/3	09:40	5,300	6' 15"	9	1	1	11	0	0	0	0	2	0	0	2
05	C	Dom	21/3	16:30	5,200	4' 37"	17	1	1	19	0	0	0	0	1	0	0	1
06	C	Seg	22/3	09:05	5,100	4' 22"	11	0	2	13	0	0	0	0	0	0	0	0

RESPOSTA DO EXERCÍCIO 8.3.4

83 km/h

EXERCÍCIO 8.3.5 (proposto)

Considere-se a ficha resumo do trecho Maringá - Marialva.
 Calcular a velocidade média.

TESTE DE VELOCIDADE DINÂMICO																	
Ficha Resumo																	

TRECHO: Maringá - Marialva	SENTIDO: DE Maringá	PARA: Marialva
----------------------------	---------------------	----------------

No. do Teste	Tipo de Veículo	Dia da Semana	Data	Hora	Dist. Percorrida (km)	Tempo Total (min, seg)	SENTIDO OPOSTO AO TESTE				SENTIDO DA DIREÇÃO DO TESTE							
											ULTRAPASSAGENS							
											Efetuadas				Recebidas			
							CP	ON	CM	TT	CP	ON	CM	TT	CP	ON	CM	TT
01	A	Sab	20/3	09:45	5,100	4' 14"	32	2	12	46	0	0	0	0	1	0	0	1
02	A	Sab	20/3	16:00	5,200	3' 35"	15	0	10	25	0	0	1	1	0	0	0	0
03	A	Dom	21/3	07:50	5,100	3' 26"	9	0	0	9	0	1	3	4	0	0	0	0
04	C	Dom	21/3	14:05	5,100	4' 26"	22	0	8	30	0	0	0	0	3	0	0	3
05	C	Seg	22/3	07:10	4,900	4' 15"	27	0	20	47	0	0	0	0	3	0	0	3
06	C	Seg	22/3	15:50	5,100	4' 53"	17	0	9	26	0	0	1	1	2	0	1	3

TRECHO: Maringá - Marialva	SENTIDO: DE Marialva	PARA: Maringá
----------------------------	----------------------	---------------

No. do Teste	Tipo de Veículo	Dia da Semana	Data	Hora	Dist. Percorrida (km)	Tempo Total (min, seg)	SENTIDO OPOSTO AO TESTE				SENTIDO DA DIREÇÃO DO TESTE							
											ULTRAPASSAGENS							
											Efetuadas				Recebidas			
							CP	ON	CM	TT	CP	ON	CM	TT	CP	ON	CM	TT
01	A	Sex	19/3	14:19	5,100	4' 04"	24	2	11	37	0	0	0	0	1	0	0	1
02	A	Sab	20/3	11:00	5,100	3' 24"	15	2	13	30	0	0	0	0	1	0	0	1
03	A	Sab	20/3	16:55	5,100	3' 23"	12	1	13	26	0	0	1	1	0	0	0	0
04	C	Dom	21/3	08:50	5,100	3' 39"	13	0	6	19	0	0	0	0	0	0	0	0
05	C	Dom	21/3	15:07	5,200	3' 47"	18	0	2	20	0	0	0	0	2	0	0	2
06	C	Seg	22/3	08:30	5,100	4' 09"	12	2	3	17	0	0	2	2	3	0	0	3

RESPOSTA DO EXERCÍCIO 8.3.5

82 km/h

BIBLIOGRAFIA DO CAPITULO 08

ENGENHARIA DE TRAFEGO
MADERNA, José Geraldo

ENGENHARIA DE TRAFEGO
Grêmio Politécnico

MANUAL DE ESTUDIOS DE INGINIERIA DE TRANSITO
Asociacion Mexicana de Caminos México

MANUAL OF TRAFFIC ENGINEERING STUDIES
Institute of Traffic Engineers

PIETRANTONIO, Hugo (2002) – *Anotações de Aulas – Curso de Graduação- Departamento de Engenharia de Transportes*, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP)

SALTER, R. J., (1989) – *Traffic Engineering Worked Examples* – University of Bradford – Macmillan Education Ltd – Londres – 2a. edição