

## Procedimento do U.S.HCM/2010

- ⇒ análise separada por sentido de tráfego, mais razoável do ponto de vista da operação real!  
(abandona análise para ambas as direções como as versões anteriores; usa agregação)  
dois procedimentos: para segmentos genéricos e para segmentos específicos  
também apresenta análise para ambas as direções como agregação dos sentidos  
em grande parte baseado em dados de modelo de simulação microscópica do HCM2000
- ⇒ critérios de nível de serviço diferenciados por tipo de rodovia de pista simples (nova classe):
  - classe I: prioridade para função mobilidade (serve longos deslocamentos);  
medidas de eficácia são a velocidade média de viagem e a porcentagem de tempo gasto em seguimento (em pelotão)
  - classe II: função mobilidade e acessibilidade (ambas importantes)  
medida de eficácia é a porcentagem de tempo gasto em seguimento.
  - classe III: função mobilidade e acessibilidade (ambas importantes)  
em regiões moderadamente ocupadas (pequenas cidades, áreas recreacionais)  
medida de eficácia é a porcentagem de velocidade do fluxo livre.
- ⇒ ambos os procedimentos (genérico e específico) caracterizam os segmentos da via  
pela velocidade de fluxo livre ( $\tilde{V}_{FL}$ ) ao invés da velocidade de projeto da via  
não afeta diretamente a capacidade, apenas as variáveis de operação da via!
- ⇒ recomendação: usar velocidade de fluxo livre medida !  
(amostra mínima de 100 veículos em condições representativas do segmento)  
conceito de velocidade de fluxo livre distinto:  
todos os veículos, autos ou não, desimpedidos ou não,  
para  $q < 200$  veq/h em ambos os sentidos (correção para fluxo maior)
- ⇒ não recomenda uma velocidade básica de fluxo livre para estimativa analítica  
ênfatisa a importância de obter valores característicos de cada tipo de usuário  
observa a interferência de efeitos relacionados com limites de velocidades, ...
- ⇒ estimativa indireta da velocidade de fluxo livre  
$$\cong V_L + 16 \text{ km/h} \quad (V_L \text{ é a velocidade limite regulamentada, fiscalização policial})$$
- ⇒ fatores de equivalência veicular distintos para avaliar cada medida de serviço  
fatores de equivalência variáveis com a condição de tráfego (fluxo em veq/h)  
exige um processo iterativo de cálculo para determinar a condição de tráfego
- ⇒ funções de desempenho empíricas e simplificadas (veh/h como v/h, não veq/h)  
velocidade média de viagem função do fluxo bidirecional (tb função do fluxo oposto)  
porcentagem de tempo gasto em seguimento função do fluxo direto e oposto apenas!  
correções do efeito de trechos sem condições de ultrapassagem função do fluxo oposto  
porcentagem de tempo gasto em seguimento é má medida de serviço (secundária) ...
- ⇒ novo procedimento: qualidade de serviço percebida pelos ciclistas na rodovia !

## Procedimento para Segmentos de Rodovias de Pista Simples:

⇒ **Capacidade básica por sentido:** 1700 veq/hora para rodovia de pista simples (como no HCM2000) (limite de 3200 veq/h para ambos os sentidos; até 3400 veq/h em trechos e períodos curtos)

hipótese peculiar: padrão de projeto da rodovia não afeta a capacidade básica ! (padrão de projeto caracterizado pela velocidade de fluxo livre na via)

para obter condições de operação com veículos padrão:

$$\text{fluxo básico (período de 15 minutos): } \tilde{q}^d = \frac{VH^d}{FPH^d \cdot f_g^d \cdot f_{VP}^d} \text{ em veq/h}$$

$$\text{(de forma similar, para fluxo oposto: } \tilde{q}^o = \frac{VH^o}{FPH^o \cdot f_g^o \cdot f_{VP}^o} \text{ em veq/h)}$$

fatores equivalentes distintos para medidas de desempenho diferentes !

não utiliza fator de tipo de população  $f_p=1,0$

$f_g$  =efeito de aclives/declives para fluxo de automóveis

**(Tabela 15-9 ou 15-10 para ATS, 15-16 ou 15-17 para PTSF)**

$f_{VP}$  =composição de tráfego: veículos pesados e recreacionais

$$f_{VP} = \frac{1}{P_A \cdot e_A + P_{CO} \cdot e_{CO} + P_R \cdot e_R} = \frac{1}{1 + P_{CO} \cdot (e_{CO} - 1) + P_R \cdot (e_R - 1)}$$

( $e_A$  implícito em  $f_g$ ;  $e_{VP}$  efeito adicional para ônibus e caminhões)

equivalentes para veículos pesados: genéricos ou aclives específicos

**(Tabela 15-11 ou 15-12,13 para ATS, 15-18 ou 15-19 para PTSF)**

para declives específicos: usar  $f_g = 1$  e estimar  $f_{VP}$  com

fator equivalente genérico em terreno nivelado **(Tabela 15-11,18)**

para declives longos e íngremes usar fator equivalente distinto

para a parcela dos pesados em velocidade de arrasto (...)

apenas para o efeito na velocidade média de viagem **(Tabela 15-14)**

$$\text{com } f_{VP} = \frac{1}{1 + P_{CC} \cdot P_{CO} \cdot (e_{CC} - 1) + (1 - P_{CC}) P_{CO} \cdot (e_{CO} - 1) + P_R \cdot (e_R - 1)}$$

onde  $P_{CC}$  é a proporção de veículos pesados em velocidade de arrasto)

(igual à parcela de veículos combinados, na ausência de dados)

não há recomendação para estimar a velocidade de arrasto !

opção: usar curva de perda de velocidade em aceleração para relação peso/potência típica: 75-90 kg/kw (~125-150 lb/hp)

⇒ **Velocidade de fluxo livre básica:**  $\tilde{V}_{FL}$  (FFS) autos, por sentido

preferencialmente medido (autos ou não, desimpedidos ou não) para  $\tilde{q} < 200 \text{veq/h}$

senão medir e ajustar  $\tilde{V}_{FL} = \bar{V}_M + 0,0125 \cdot \tilde{q}$  (onde  $\tilde{q} = \frac{q}{f_{VP}^V}$  para velocidade)

estimado por  $\tilde{V}_{FL} = \tilde{V}_{FL0} - F_{LO} - F_A$  (para autos)

onde:  $\tilde{V}_{FL0}$  = Velocidade fluxo livre (básica, ideal) para autos (FFS<sub>1</sub>)

não recomenda valor a adotar (ênfatisa importância de estudo regional)

com correções devidas à

$F_{LO}$  = largura de faixa e acostamento ( $f_{LS}$ , **ver Tabela 15-7**), e

$F_A$  = densidade de acessos lindeiros ( $f_A$ , **ver Tabela 15-8**).

⇒ **Funções de desempenho básicas:** modelos empíricos simplificados

velocidade média de viagem:  $\bar{V}_{MV}^d = \tilde{V}_{FL}^d - 0,0125 \cdot (\tilde{q}^d + \tilde{q}^o) - \delta_{np}^V$

onde  $\delta_{np}^V$  correção pela existência de trechos sem condição de ultrapassagem

(**ver Tabela 15-15**)

velocidade:  $\tilde{V} = f(\tilde{q})$  em condições básicas, reais !,

densidade:  $\tilde{K} = \frac{\tilde{q}}{\tilde{V}}$  em condições básicas, reais !

$\tilde{q}^d = \frac{q^d}{f_{VP}^V}$ , onde  $f_{VP}^V$  usar fator equivalente de velocidade  $e_{VP}^V$  !

porcentagem de tempo gasto em seguimento:  $p_{TS}^d = 100 \cdot \left( 1 - e^{-\varepsilon \cdot (\tilde{q}^d)^\gamma} \right) - \delta_{np}^P$

onde  $\delta_{np}^P$  correção pela existência de trechos sem condição de ultrapassagem

(**ver Tabela 15-21**)

$\varepsilon, \gamma$  parâmetros da função, dependem do fluxo oposto (**ver Tabela 15-20**)

critério simplificado para existência de condição de ultrapassagem:

trecho com sinalização de proibição de ultrapassagem ou

distância de visibilidade de ultrapassagem menor que 300m

$\tilde{q}^d = \frac{q^d}{f_{VP}^P}$ , onde  $f_{VP}^P$  usar fator equivalente de seguimento em pelotão  $e_{VP}^P$  !

⇒ **Análise bidirecional:** também proposta mas de pouco interesse ...

mesmos critérios para nível de serviço e velocidade de fluxo livre

curva de operação distinta, fatores comum, equivalente e de ultrapassagem distintos

⇒ **Nível de serviço:** não há redução devida ao padrão geométrico da via !  
critérios diferenciados por classe de rodovia

comum:  $\tilde{Q}^d > \tilde{c}_d = 1700 \text{veq/h}$  é nível F (operação instável, fluxo forçado)  
não considera restrições de geometria na capacidade !

caso contrário, função de medidas específicas de eficácia da operação (**Ver Tabela 15-3**):

- Classe I: prioridade para função mobilidade  
medidas de eficácia são a velocidade média de viagem e a  
porcentagem de tempo gasto em seguimento (em pelotão,  $h \sim 3s$ )
- Classe II: função mobilidade e acessibilidade  
medida de eficácia é apenas a  
porcentagem de tempo gasto em seguimento
- Classe III: função mobilidade e acessibilidade  
medida de eficácia é apenas a  
porcentagem da velocidade em fluxo livre

⇒ **Fluxo de serviço:** definido apenas em função das medidas de operação !  
(tem de ser avaliado iterativamente por tentativa e erro).

Condições básicas:  $\tilde{V}_{np}^{max} = FHP \cdot \tilde{Q}_n, \tilde{Q}_n = \left(\frac{Q}{C}\right)_n^{max} \cdot \tilde{C}_p$  (condições ideais:  $\tilde{V}_{S_n}, \tilde{Q}_n$  e  $\tilde{C}_p$ )

(não distingue condições ideais;  $\tilde{C}_p = 1700 \text{veq/h}$  em condições básicas, ideais ou não)

$NS_n$  é o nível de serviço que vigora até fluxo limite  $\tilde{Q}_n = \left(\frac{Q}{C}\right)_n^{max} \cdot \tilde{C}_p$  (se maior que  $\tilde{Q}_{n-1}$ )

Não há informação clara para obter capacidade e operação em condições reais:

Condições reais:  $V_{S_n}^{max} = \left(\frac{Q}{C}\right)_n^{max} \cdot C$  em v/h,  $\tilde{V}_{S_n}^{max} = \left(\frac{Q}{C}\right)_n^{max} \cdot \tilde{C}_r$  em veq/h

opção:  $C_r = \tilde{C}_p \cdot f_g^V \cdot f_{VP}^V$  então  $V_{S_{np}}^{max} = FHP \cdot Q_n, Q_n = \left(\frac{Q}{C}\right)_n^{max} \cdot C_r$  (assumindo mesmo  $\left(\frac{Q}{C}\right)_n^{max}$ )

(não há informação clara para distinguir condições ideais e reais básicas e para caracterizar condições efetivas de operação da via real com tráfego misto).

interpretação possível:  $\tilde{C}_p$  condições básicas ideais (com autos, em nível)  
ultrapassagem permitida, bom alinhamento/pavimento  
 $C_b = \tilde{C}_p \cdot f_g^V$  condições básicas reais com autos (?)  
independente da VFL e outros fatores físicos ...

$C_r = \tilde{C}_p \cdot f_g^V \cdot f_{VP}^V$  condições reais em tráfego misto

(usando somente os fatores equivalentes e de composição para velocidade)

CLASSE DA RODOVIA	DESCRIÇÃO
I	Rodovias nas quais os motoristas esperam viajar a velocidades relativamente altas incluindo vias intermunicipais principais, arteriais primárias e vias com viagens pendulares diárias
II	Rodovias nas quais os motoristas não esperam necessariamente viajar a velocidades altas incluindo vias de acesso, vias cênicas e recreacionais que não são arteriais primárias, e vias que atravessam terreno rude
III	Rodovias servindo áreas moderadamente ocupadas nas quais o tráfego local mistura-se com o tráfego de passagem e a densidade de pontos de acesso (não semaforizados) é claramente maior que em áreas rurais. Podem ser trechos de rodovias Classe I e II atravessando pequenas cidades e áreas de ocupação recreacional.

**Tabela 15-3. Níveis de Serviço para Segmentos Básicos Direcionais de Rodovias de Pista Simples de Classe I,II,III- HCM/2010**

NÍVEL DE SERVIÇO	Classe I		Classe II	Classe III
	VELOCIDADE MÉDIA DE VIAGEM	PORCENTAGEM DE TEMPO GASTO EM SEGUIMENTO	PORCENTAGEM DE TEMPO GASTO EM SEGUIMENTO	PORCENTAGEM DA VELOCIDADE EM FLUXO LIVRE
A	>55mi/h (88km/h)	≤35	≤40	>91.7
B	>50 até 55mi/h (>80 até 88km/h)	>35 até 50	>40 até 55	>83.3-91.7
C	>45 até 50mi/h (>72 até 80km/h)	>50 até 65	>55 até 70	>75.0-83.3
D	>40 até 45mi/h (>64 até 72km/h)	>65 até 80	>70 até 85	>66.7-75.0
E	≤40mi/h (≤64km/h)	>80	>85	≤66.7
F	Demanda > Capacidade	Demanda > Capacidade	Demanda > Capacidade	Demanda > Capacidade

Obs.: Valores essencialmente iguais aos do HCM2000, exceto para Classe III (inexistente). Para velocidade média de viagem, limites na versão métrica arredondados para 90, 80, 70 e 60km/h

**TABELA 15-7. Redução de Velocidade Básica de Fluxo Livre Devida à Largura da Faixa e do Acostamento em Segmentos Básicos de Rodovias de Pista Simples - HCM/2010**

LARGURA DA FAIXA	LARGURA DO ACOSTAMENTO			
	≥0 <2ft (≥0 <0,6m)	≥2 <4ft (≥0,6 <1,2m)	≥4 <6ft (≥1,2 <1,8m)	≥6ft (≥1,8m)
≥9 <10ft (≥2.7-<3.0m)	6.4mi/h (10.3km/h)	4.8mi/h (7.7km/h)	3.5mi/h (5.5km/h)	2.2mi/h (3.5km/h)
≥10 <11ft (≥3.0-<3.3m)	5.3mi/h (8.5km/h)	3.7mi/h (5.9km/h)	2.4mi/h (3.8km/h)	1.1mi/h (1.7km/h)
≥11 <12ft (≥3.3-<3.6m)	4.7mi/h (7.5km/h)	3.0mi/h (4.9km/h)	1.7mi/h (2.8km/h)	0.4mi/h (0.7km/h)
≥12ft (≥3.6m)	4.2mi/h (6.8km/h)	2.6mi/h (4.2km/h)	1.3mi/h (2.1km/h)	0.0mi/h (0.0km/h)

Obs.: Valores essencialmente iguais aos do HCM2000. Limites arredondados na versão métrica do HCM2000.

**TABELA 15-8. Redução de Velocidade Básica de Fluxo Livre Devida à Densidade de Pontos de Acesso em Segmentos Básicos de Rodovias de Pista Simples - HCM/2010**

DENSIDADE DE PONTOS DE ACESSO	REDUÇÃO NA VELOCIDADE FLUXO LIVRE
0/mi (0/km)	0,0mi/h (0,0km/h)
10/mi (6/km)	2,5mi/h (4,0km/h)
20/mi (12/km)	5,0mi/h (8,0km/h)
30/mi (18/km)	7,5mi/h (12,0km/h)
40/mi (24/km)	10,0mi/h (16,0km/h)

Obs.: São considerados apenas acessos percebidos pelos usuários (com atividade lindeira) na extensão do segmento  
Valores essencialmente iguais aos do HCM2000. Limites arredondados na versão métrica do HCM2000.

Figura 15-2. Segmentos Básicos Direcionais em Rodovias de Pista Simples –HCM/2010- Curvas de Velocidade Média de Viagem e Porcentagem de Tempo Gasto em Seguimento

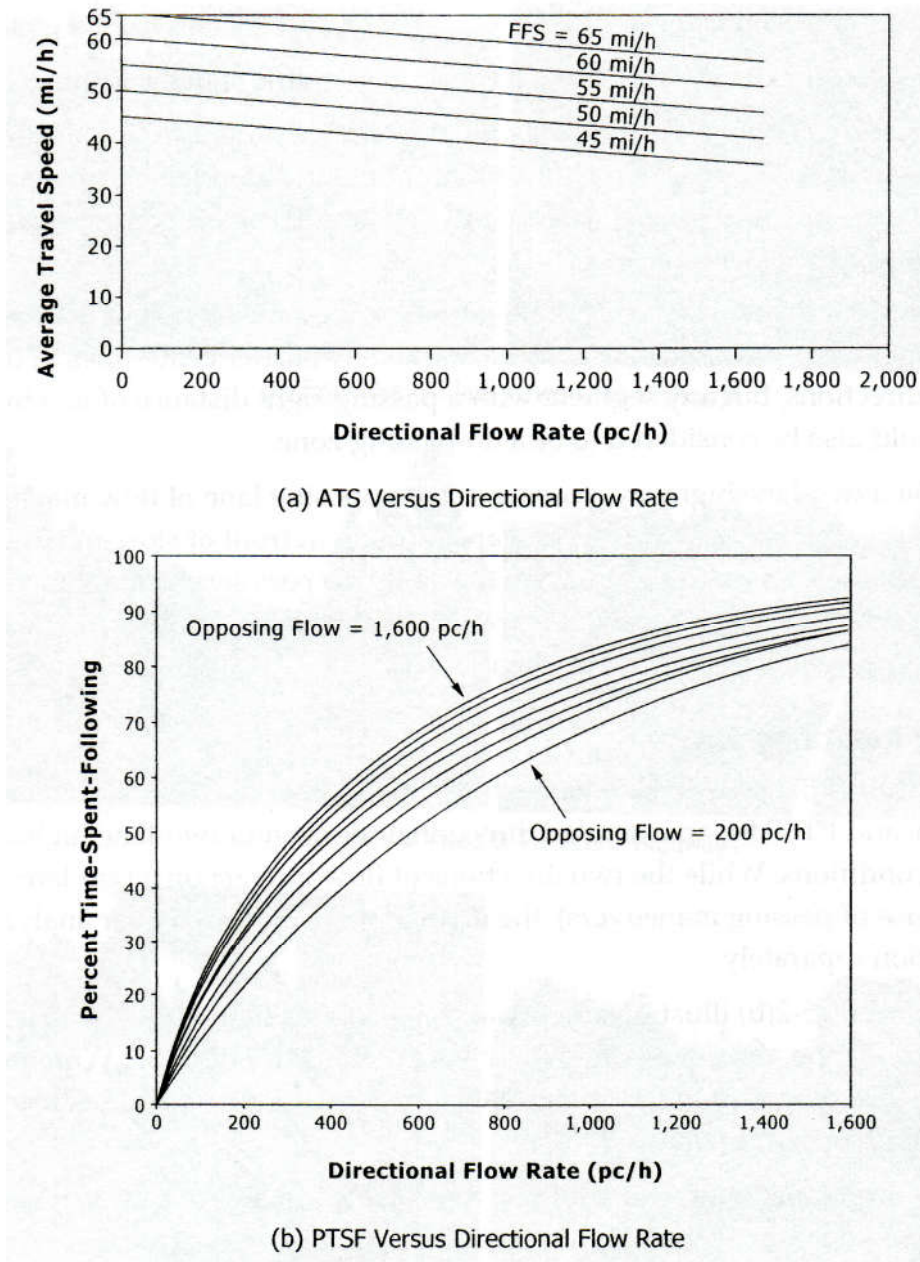


TABELA 15-20. Valores dos Coeficientes para Estimativa da Porcentagem de Tempo Gasto em Seguimento - Rodovias de Pista Simples - HCM/2010

Fluxo de Tráfego no sentido oposto $\tilde{q}_o$ (veq/h)	$\epsilon$ (a)	$\gamma$ (b)
$\leq 200$	-0,0014	0,973
400	-0,0022	0,923
600	-0,0033	0,870
800	-0,0045	0,833
1000	-0,0049	0,829
1200	-0,0054	0,825
1400	-0,0058	0,821
$\geq 1600$	-0,0062	0,817

**TABELA 15-15. Correção da Velocidade Média de Viagem pelo Efeito de Trechos sem Condição de Ultrapassagem em Rodovias de Pista Simples - HCM/2010**

Fluxo de Tráfego no sentido oposto (veq/h)	Porcentagem de Trechos com Proibição de Ultrapassagem (%)				
	20	40	60	80	100
<b>Velocidade de Fluxo Livre=65mi/h (104km/h)</b>					
≤100	1,1mi/h (1,7 km/h)	2,2mi/h (3,5 km/h)	2,8mi/h (4,5 km/h)	3,0mi/h (4,8 km/h)	3,1mi/h (5,0 km/h)
200	2,2mi/h (3,5 km/h)	3,3mi/h (5,3 km/h)	3,9mi/h (6,2 km/h)	4,0mi/h (6,5 km/h)	4,2mi/h (6,8 km/h)
400	1,6mi/h (2,6 km/h)	2,3mi/h (3,7 km/h)	2,7mi/h (4,4 km/h)	2,8mi/h (4,5 km/h)	2,9mi/h (4,7 km/h)
600	1,4mi/h (2,2 km/h)	1,5mi/h (2,4 km/h)	1,7mi/h (2,8 km/h)	1,9mi/h (3,1 km/h)	2,0mi/h (3,3 km/h)
800	0,7mi/h (1,1 km/h)	1,0mi/h (1,6 km/h)	1,2mi/h (2,0 km/h)	1,4mi/h (2,2 km/h)	1,5mi/h (2,4 km/h)
1000	0,6mi/h (1,0 km/h)	0,8mi/h (1,3 km/h)	1,1mi/h (1,7 km/h)	1,1mi/h (1,8 km/h)	1,2mi/h (1,9 km/h)
1200	0,6mi/h (0,9 km/h)	0,8mi/h (1,3 km/h)	0,9mi/h (1,5 km/h)	1,0mi/h (1,6 km/h)	1,1mi/h (1,7 km/h)
1400	0,6mi/h (0,9 km/h)	0,7mi/h (1,2 km/h)	0,9mi/h (1,4 km/h)	0,9mi/h (1,4 km/h)	0,9mi/h (1,5 km/h)
≥1600	0,6mi/h (0,9 km/h)	0,7mi/h (1,1 km/h)	0,7mi/h (1,2 km/h)	0,7mi/h (1,2 km/h)	0,8mi/h (1,3 km/h)
<b>Velocidade de Fluxo Livre= 60mi/h (96km/h)</b>					
≤100	0,7mi/h (1,2 km/h)	1,7mi/h (2,7 km/h)	2,5mi/h (4,0 km/h)	2,8mi/h (4,5 km/h)	2,9mi/h (4,7 km/h)
200	1,9mi/h (3,0 km/h)	2,9mi/h (4,6 km/h)	3,7mi/h (5,9 km/h)	4,0mi/h (6,4 km/h)	4,2mi/h (6,7 km/h)
400	1,4mi/h (2,3 km/h)	2,0mi/h (3,3 km/h)	2,5mi/h (4,1 km/h)	2,7mi/h (4,4 km/h)	3,9mi/h (4,6 km/h)
600	1,1mi/h (1,8 km/h)	1,3mi/h (2,1 km/h)	1,6mi/h (2,6 km/h)	1,9mi/h (3,0 km/h)	2,0mi/h (3,2 km/h)
800	0,6mi/h (0,9 km/h)	0,9mi/h (1,4 km/h)	1,1mi/h (1,8 km/h)	1,3mi/h (2,1 km/h)	1,4mi/h (2,3 km/h)
1000	0,6mi/h (0,9 km/h)	0,7mi/h (1,1 km/h)	0,9mi/h (1,5 km/h)	1,1mi/h (1,7 km/h)	1,2mi/h (1,9 km/h)
1200	0,5mi/h (0,8 km/h)	0,7mi/h (1,1 km/h)	0,9mi/h (1,4 km/h)	0,9mi/h (1,5 km/h)	1,1mi/h (1,7 km/h)
1400	0,5mi/h (0,8 km/h)	0,6mi/h (1,0 km/h)	0,8mi/h (1,3 km/h)	0,8mi/h (1,3 km/h)	0,9mi/h (1,4 km/h)
≥1600	0,5mi/h (0,8 km/h)	0,6mi/h (1,0 km/h)	0,7mi/h (1,1 km/h)	0,7mi/h (1,1 km/h)	0,7mi/h (1,2 km/h)
<b>Velocidade de Fluxo Livre= 55mi/h (88km/h)</b>					
≤100	0,5mi/h (0,8 km/h)	1,2mi/h (1,9 km/h)	2,2mi/h (3,6 km/h)	2,6mi/h (4,2 km/h)	2,7mi/h (4,4 km/h)
200	1,5mi/h (2,4 km/h)	2,4mi/h (3,9 km/h)	3,5mi/h (5,6 km/h)	3,9mi/h (6,3 km/h)	4,1mi/h (6,6 km/h)
400	1,3mi/h (2,1 km/h)	1,9mi/h (3,0 km/h)	2,4mi/h (3,8 km/h)	2,7mi/h (4,3 km/h)	2,8mi/h (4,5 km/h)
600	0,9mi/h (1,4 km/h)	1,1mi/h (1,8 km/h)	1,6mi/h (2,5 km/h)	1,8mi/h (2,9 km/h)	1,9mi/h (3,1 km/h)
800	0,5mi/h (0,8 km/h)	0,7mi/h (1,1 km/h)	1,1mi/h (1,7 km/h)	1,2mi/h (2,0 km/h)	1,4mi/h (2,2 km/h)
1000	0,5mi/h (0,8 km/h)	0,6mi/h (0,9 km/h)	0,8mi/h (1,3 km/h)	0,9mi/h (1,5 km/h)	1,1mi/h (1,8 km/h)
1200	0,5mi/h (0,8 km/h)	0,6mi/h (0,9 km/h)	0,7mi/h (1,2 km/h)	0,9mi/h (1,4 km/h)	1,0mi/h (1,6 km/h)
1400	0,5mi/h (0,8 km/h)	0,6mi/h (0,9 km/h)	0,7mi/h (1,1 km/h)	0,7mi/h (1,2 km/h)	0,9mi/h (1,4 km/h)
≥1600	0,5mi/h (0,8 km/h)	0,6mi/h (0,8 km/h)	0,6mi/h (0,9 km/h)	0,6mi/h (0,9 km/h)	0,7mi/h (1,1 km/h)
<b>Velocidade de Fluxo Livre= 50mi/h (80km/h)</b>					
≤100	0,2mi/h (0,3 km/h)	0,7mi/h (1,1 km/h)	1,9mi/h (3,1 km/h)	2,4mi/h (3,9 km/h)	2,5mi/h (4,1 km/h)
200	1,2mi/h (1,9 km/h)	2,0mi/h (3,2 km/h)	3,3mi/h (5,3 km/h)	3,9mi/h (6,2 km/h)	4,0mi/h (6,5 km/h)
400	1,1mi/h (1,8 km/h)	1,6mi/h (2,6 km/h)	2,2mi/h (3,5 km/h)	2,6mi/h (4,2 km/h)	2,7mi/h (4,4 km/h)
600	0,6mi/h (1,0 km/h)	0,9mi/h (1,5 km/h)	1,4mi/h (2,3 km/h)	1,7mi/h (2,8 km/h)	1,9mi/h (3,0 km/h)
800	0,4mi/h (0,6 km/h)	0,6mi/h (0,9 km/h)	0,9mi/h (1,5 km/h)	1,2mi/h (1,9 km/h)	1,3mi/h (2,1 km/h)
1000	0,4mi/h (0,6 km/h)	0,4mi/h (0,7 km/h)	0,7mi/h (1,1 km/h)	0,9mi/h (1,4 km/h)	1,1mi/h (1,8 km/h)
1200	0,4mi/h (0,6 km/h)	0,4mi/h (0,7 km/h)	0,7mi/h (1,1 km/h)	0,8mi/h (1,3 km/h)	1,0mi/h (1,6 km/h)
1400	0,4mi/h (0,6 km/h)	0,4mi/h (0,7 km/h)	0,6mi/h (1,0 km/h)	0,7mi/h (1,1 km/h)	0,8mi/h (1,3 km/h)
≥1600	0,4mi/h (0,6 km/h)	0,4mi/h (0,7 km/h)	0,5mi/h (0,8 km/h)	0,5mi/h (0,8 km/h)	0,5mi/h (1,0 km/h)
<b>Velocidade de Fluxo Livre= 45mi/h (72km/h)</b>					
≤100	0,1mi/h (0,1 km/h)	0,4mi/h (0,6 km/h)	1,7mi/h (2,7 km/h)	2,2mi/h (3,6 km/h)	2,4mi/h (3,8 km/h)
200	0,9mi/h (1,5 km/h)	1,6mi/h (2,6 km/h)	3,1mi/h (5,0 km/h)	3,8mi/h (6,1 km/h)	4,0mi/h (6,4 km/h)
400	0,9mi/h (1,5 km/h)	0,5mi/h (0,8 km/h)	2,0mi/h (3,2 km/h)	2,5mi/h (4,1 km/h)	2,7mi/h (4,3 km/h)
600	0,4mi/h (0,7 km/h)	0,3mi/h (0,5 km/h)	1,3mi/h (2,1 km/h)	1,7mi/h (2,7 km/h)	1,8mi/h (2,9 km/h)
800	0,3mi/h (0,5 km/h)	0,3mi/h (0,5 km/h)	0,8mi/h (1,3 km/h)	1,1mi/h (1,8 km/h)	1,2mi/h (2,0 km/h)
1000	0,3mi/h (0,5 km/h)	0,3mi/h (0,5 km/h)	0,6mi/h (1,0 km/h)	0,8mi/h (1,3 km/h)	1,1mi/h (1,8 km/h)
1200	0,3mi/h (0,5 km/h)	0,3mi/h (0,5 km/h)	0,6mi/h (1,0 km/h)	0,7mi/h (1,2 km/h)	1,0mi/h (1,6 km/h)
1400	0,3mi/h (0,5 km/h)	0,3mi/h (0,5 km/h)	0,6mi/h (1,0 km/h)	0,6mi/h (1,0 km/h)	0,7mi/h (1,2 km/h)
≥1600	0,3mi/h (0,5 km/h)	0,3mi/h (0,5 km/h)	0,4mi/h (0,7 km/h)	0,4mi/h (0,7 km/h)	0,6mi/h (0,9 km/h)

Obs.: Valores essencialmente iguais aos do HCM2000. Limites arredondados na versão métrica do HCM2000 adotando classes de velocidade de 110, 100, 90, 80 e 70 km/h.



**TABELA 15-21. Correção da Porcentagem de Tempo Gasto em Seguimento pelo Efeito de Trechos sem Condição de Ultrapassagem em Rodovias de Pista Simples - HCM/2010**

Fluxo de Tráfego Total (veq/h, ambos sentidos)	Acréscimo na Porcentagem de Tempo Gasto em Seguimento (%)					
	Porcentagem de Trechos com Proibição de Ultrapassagem (%)					
	0	20	40	60	80	100
Composição direcional = 50/50						
≤200	9,0	29,2	43,4	49,4	51,0	52,6
400	16,2	41,0	54,2	61,6	63,8	65,8
600	15,8	38,2	47,8	53,2	55,2	56,8
800	15,8	33,8	40,4	44,0	44,8	46,6
1400	12,8	20,0	23,8	26,2	27,4	28,6
2000	10,0	13,6	15,8	17,4	18,2	18,8
2600	5,5	7,7	8,7	9,5	10,1	10,3
≥3200	3,3	4,7	5,1	5,5	5,7	6,1
Composição direcional = 60/40						
≤200	11,0	30,6	41,0	51,2	52,3	53,5
400	14,6	36,1	44,8	53,4	55,0	56,3
600	14,8	36,9	44,0	51,1	52,8	54,6
800	13,6	28,2	33,4	38,6	39,9	41,3
1400	11,8	18,9	22,1	25,4	26,4	27,3
2000	9,1	13,5	15,6	16,0	16,8	17,3
≥2600	5,9	7,7	8,6	9,6	10,0	10,2
Composição direcional = 70/30						
≤200	9,9	28,1	38,0	47,8	48,5	49,0
400	10,6	30,3	38,6	46,7	47,7	48,8
600	10,9	30,9	37,5	43,9	45,4	47,0
800	10,3	23,6	28,4	33,3	34,5	35,5
1400	8,0	14,6	17,7	20,8	21,6	22,3
≥2000	7,3	9,7	15,7	13,3	14,0	14,5
Composição direcional = 80/20						
≤200	8,9	27,1	37,1	47,0	47,4	47,9
400	6,6	26,1	34,5	42,7	43,5	44,1
600	4,0	24,5	31,3	38,1	39,1	40,0
800	4,8	18,5	23,5	28,4	29,1	29,8
1400	3,5	10,3	13,3	16,3	16,9	32,2
≥2000	3,5	7,0	8,5	10,1	10,4	10,7
Composição direcional = 90/10						
≤200	4,6	24,1	33,6	43,1	43,4	43,6
400	0,0	20,2	28,3	36,3	36,7	37,0
600	-3,1	16,8	23,5	30,1	30,6	31,1
800	-2,8	10,5	15,2	19,9	20,3	20,8
≥1400	-1,2	5,5	8,3	11,0	11,5	11,9

Obs.: Valores essencialmente iguais aos da correção publicada em 2006 para o U.S.HCM (2000).  
Recomenda interpolação linear para porcentagem de trechos com proibição de ultrapassagem, composição direcional e fluxo de tráfego, com arredondamento para o 0,1 mais próximo.

⇒ **Fator Equivalente para VP:** valores diferentes para velocidade média de viagem e porcentagem de tempo gasto em seguimento !

efeito decorrente da maior dimensão e da menor velocidade dos VP

efeito implícito ⇒ função do greide (aclave ou declive) e da porcentagem de VP ...

relação peso/potência típica: 75-90 kg/kw (~125-150 lb/hp)

não utiliza curvas de perda de velocidade em rampas compostas: usar rampa média

valores distintos para velocidade média e porcentagem de tempo em seguimento

**Trechos específicos – análise direcional:** ⇒  $i > 3\%$  e  $L > 1,0\text{km}$

pode ser usado para  $i > 3\%$  e  $L > 0,4\text{km}$

(para análise combinada ou em trecho isolado)

trechos simples: análise distinta para aclives e declives

fator comum para todos os veículos (inclusive automóveis):  $f_g$

fator de composição com equivalente para veículos pesados e recreacionais

em aclives: fator comum tabelado  $f_g$  (**Tabela 15-10 para ATS, 15-17 para PTSF**)

(pode ser visto como o efeito sobre os automóveis:  $f_g = \frac{1}{e_A}$ )

fatores equivalentes de veículos pesados e recreacionais tabelados,

relação peso/potência típica (**Tabela 15-12,13 para ATS, 15-19 para PTSF**)

função da rampa  $i$  (aclave) e da extensão  $L$  do trecho em aclave

(extensão deve incluir 25% da curva vertical no começo e final da rampa, ou 50% em cada trecho, no caso de uma seqüência de rampas ascendentes)

em declives: usar sempre  $f_g = 1$  ( $e_A \cong 1$ ) para o fator comum (**Tabela 15-9**)

fator equivalente de terreno nivelado para veículos pesados e recreacionais

(**Tabela 15-11 para ATS, 15-18 para PTSF**)

mas utilizar um fator equivalente específico para ATS em declives longos

para parcela dos pesados em velocidade de arrasto (**Ver Tabela 15-14**)

(velocidade de arrasto pode ser estimada pelas curvas de perda de velocidade;

na ausência de dados, proporção de veículos em velocidade de arrasto

pode ser estimada pela proporção de veículos combinados).

trechos compostos: dispensa usar curvas de perda de velocidade !

usar rampa média ponderada ou geométrica (H/L)

**Trechos genéricos – análise direcional:** ⇒ trechos extensos (ou rampas pequenas)

fator comum para todos os veículos:  $f_g \cong \frac{1}{e_A}$  (**Tabela 15-9 para ATS, 15-16 para PTSF**)

equivalente para veículos pesados e recreacionais: função do tipo de terreno

nivelado (rampas curtas,  $< 2\%$ ) e ondulado (intermediária)

(**Tabela 15-11 para ATS, 15-18 para PTSF**)

(em terreno montanhoso velocidade de arrasto atingida; usar trecho específico)

**TABELA 15-9. Fator Genérico de Ajustamento para Aclive em função do Tipo de Terreno para Velocidade Média de Viagem em Rodovias de Pista Simples - HCM/2010**

Fluxo de Tráfego (veh/h, por sentido)	TIPO DE TERRENO	
	Nivelado*	Ondulado
≤100	1,00	0,67
200	1,00	0,75
300	1,00	0,83
400	1,00	0,90
500	1,00	0,95
600	1,00	0,97
700	1,00	0,98
800	1,00	0,99
≥900	1,00	1,00

Obs.: \*Fator para terreno nivelado (1,00) também recomendado para declives específicos.

**TABELA 15-16. Fator Genérico de Ajustamento para Aclive em função do Tipo de Terreno para Porcentagem de Tempo Gasto em Seguimento em Rodovias de Pista Simples - HCM/2010**

Fluxo de Tráfego (veh/h, por sentido)	TIPO DE TERRENO	
	Nivelado*	Ondulado
≤100	1,00	0,73
200	1,00	0,80
300	1,00	0,85
400	1,00	0,90
500	1,00	0,96
600	1,00	0,97
700	1,00	0,99
800	1,00	1,00
≥900	1,00	1,00

Obs.: \*Fator para terreno nivelado (1,00) também recomendado para declives específicos.

**TABELA 15-11. Fator Equivalente Genérico por Tipo de Veículo em função do Tipo de Terreno para Velocidade Média de Viagem em Rodovias de Pista Simples - HCM/2010**

Tipo de Veículo	Fluxo de Tráfego (veh/h, por sentido)	TIPO DE TERRENO	
		Nivelado*	Ondulado
pesado $e_{CO} (E_T)$	≤100	1,9	2,7
	200	1,5	2,3
	300	1,4	2,1
	400	1,3	2,0
	500	1,2	1,8
	600	1,1	1,7
	700	1,1	1,6
	800	1,1	1,4
	≥900	1,0	1,3
recreacional $e_{CO} (E_{re})$	todos os fluxos	1,0	1,1

Obs.: \*Fator para terreno nivelado (1,0) também recomendado para declives específicos.

**TABELA 15-18. Fator Equivalente Genérico por Tipo de Veículo em função do Tipo de Terreno para Porcentagem de Tempo Gasto em Seguimento em Rodovias de Pista Simples - HCM/2010**

Tipo de Veículo	Fluxo de Tráfego (veh/h, por sentido)	TIPO DE TERRENO	
		Nivelado*	Ondulado
pesado $e_{CO} (E_T)$	≤100	1,1	1,9
	200	1,1	1,8
	300	1,1	1,7
	400	1,1	1,6
	500	1,0	1,4
	600	1,0	1,2
	700	1,0	1,0
	800	1,0	1,0
	≥900	1,0	1,0
recreacional $e_{CO} (E_{re})$	todos os fluxos	1,0	1,1

Obs.: \*Fator para terreno nivelado (1,0) também recomendado para declives específicos.

**TABELA 15-10. Fator Comum de Ajustamento para Aclive em função da Rampa Específica para Velocidade Média de Viagem em Rodovias de Pista Simples - HCM/2010**

Aclive (%)	Extensão	Fluxo de Tráfego (veh/h, por sentido)								
		≤100	200	300	400	500	600	700	800	≥900
≥3 <3,5	0,25mi (0,4km)	0,78	0,84	0,87	0,91	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,50mi (0,8km)	0,75	0,83	0,86	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,75mi (1,2km)	0,73	0,81	0,85	0,89	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1,00mi (1,6km)	0,73	0,79	0,83	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1,50mi (2,4km)	0,73	0,79	0,83	0,87	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
	2,00mi (3,2km)	0,73	0,79	0,82	0,86	0,98	0,98	0,99	1,00	1,00
	3,00mi (4,8km)	0,73	0,78	0,82	0,85	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98
	≥4,00mi (6,4 km)	0,73	0,78	0,81	0,85	0,94	0,94	0,95	0,95	0,96
≥3,5 <4,5	0,25mi (0,4km)	0,75	0,83	0,86	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,50mi (0,8km)	0,72	0,80	0,84	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,75mi (1,2km)	0,67	0,77	0,81	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1,00mi (1,6km)	0,65	0,73	0,77	0,81	0,94	0,95	0,97	1,00	1,00
	1,50mi (2,4km)	0,63	0,72	0,76	0,80	0,93	0,95	0,96	1,00	1,00
	2,00mi (3,2km)	0,62	0,70	0,74	0,79	0,93	0,94	0,96	1,00	1,00
	3,00mi (4,8km)	0,61	0,69	0,74	0,78	0,92	0,93	0,94	0,98	1,00
	≥4,00mi (6,4 km)	0,61	0,69	0,73	0,78	0,91	0,91	0,92	0,96	1,00
≥4,5 <5,5	0,25mi (0,4km)	0,71	0,79	0,83	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,50mi (0,8km)	0,60	0,70	0,74	0,79	0,94	0,95	0,97	1,00	1,00
	0,75mi (1,2km)	0,55	0,65	0,70	0,75	0,91	0,93	0,95	1,00	1,00
	1,00mi (1,6km)	0,54	0,64	0,69	0,74	0,91	0,93	0,95	1,00	1,00
	1,50mi (2,4km)	0,52	0,62	0,67	0,72	0,88	0,90	0,93	1,00	1,00
	2,00mi (3,2km)	0,51	0,61	0,66	0,71	0,87	0,89	0,92	0,99	1,00
	3,00mi (4,8km)	0,51	0,61	0,65	0,70	0,86	0,88	0,91	0,98	0,99
	≥4,00mi (6,4 km)	0,51	0,60	0,65	0,69	0,84	0,86	0,88	0,95	0,97
≥5,5 <6,5	0,25mi (0,4km)	0,57	0,68	0,72	0,77	0,93	0,94	0,96	1,00	1,00
	0,50mi (0,8km)	0,52	0,62	0,66	0,71	0,87	0,90	0,92	1,00	1,00
	0,75mi (1,2km)	0,49	0,57	0,62	0,68	0,85	0,88	0,90	1,00	1,00
	1,00mi (1,6km)	0,46	0,56	0,60	0,65	0,82	0,85	0,88	1,00	1,00
	1,50mi (2,4km)	0,44	0,54	0,59	0,64	0,81	0,84	0,87	0,98	1,00
	2,00mi (3,2km)	0,43	0,53	0,58	0,63	0,81	0,83	0,86	0,97	0,99
	3,00mi (4,8km)	0,41	0,51	0,56	0,61	0,79	0,82	0,85	0,97	0,99
	≥4,00mi (6,4 km)	0,40	0,50	0,55	0,61	0,79	0,82	0,85	0,97	0,99
≥6,5	0,25mi (0,4km)	0,54	0,64	0,68	0,73	0,88	0,90	0,92	1,00	1,00
	0,50mi (0,8km)	0,43	0,53	0,57	0,62	0,79	0,82	0,85	0,98	1,00
	0,75mi (1,2km)	0,39	0,49	0,54	0,59	0,77	0,80	0,83	0,96	1,00
	1,00mi (1,6km)	0,38	0,45	0,50	0,54	0,74	0,77	0,81	0,96	1,00
	1,50mi (2,4km)	0,35	0,45	0,49	0,54	0,71	0,75	0,79	0,96	1,00
	2,00mi (3,2km)	0,34	0,44	0,48	0,53	0,71	0,74	0,78	0,94	0,99
	3,00mi (4,8km)	0,34	0,44	0,48	0,53	0,70	0,73	0,77	0,93	0,98
	≥4,00mi (6,4 km)	0,33	0,43	0,47	0,52	0,70	0,73	0,77	0,91	0,95

**TABELA 15-17. Fator Comum de Ajustamento para Aclive em função da Rampa Específica para de Porcentagem de Tempo Gasto em Seguimento em Rodovias de Pista Simples - HCM/2010**

Aclive (%)	Extensão	Fluxo de Tráfego (veh/h, por sentido)								
		≤100	200	300	400	500	600	700	800	≥900
≥3 <3,5	0,25mi (0,4km)	1,00	0,99	0,97	0,96	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	0,50mi (0,8km)	1,00	0,99	0,98	0,97	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	0,75mi (1,2km)	1,00	0,99	0,98	0,97	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	1,00mi (1,6km)	1,00	0,99	0,98	0,97	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	1,50mi (2,4km)	1,00	0,99	0,98	0,97	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
	2,00mi (3,2km)	1,00	0,99	0,98	0,98	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	3,00mi (4,8km)	1,00	1,00	0,99	0,99	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96
	≥4,00mi (6,4km)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,97	0,97
≥3,5 <4,5	0,25mi (0,4km)	1,00	0,99	0,98	0,97	0,94	0,93	0,93	0,92	0,92
	0,50mi (0,8km)	1,00	1,00	0,99	0,99	0,97	0,97	0,97	0,96	0,95
	0,75mi (1,2km)	1,00	1,00	0,99	0,99	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96
	1,00mi (1,6km)	1,00	1,00	0,99	0,99	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	1,50mi (2,4km)	1,00	1,00	0,99	0,99	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	2,00mi (3,2km)	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
	3,00mi (4,8km)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	≥4,00mi (6,4km)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
≥4,5 <5,5	0,25mi (0,4km)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,97	0,97
	≥0,50mi (0,8km)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
≥5,5	todos	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

**TABELA 15-12. Fator Equivalente para Veículos Pesados em função da Rampa Específica para Velocidade Média de Viagem em Rodovias de Pista Simples - HCM/2010**

Active (%)	Extensão	Fluxo de Tráfego (veh/h, por sentido)								
		≤100	200	300	400	500	600	700	800	≥900
≥3 <3,5	0,25mi (0,4km)	2,6	2,4	2,3	2,2	1,8	1,8	1,7	1,3	1,1
	0,50mi (0,8km)	3,7	3,4	3,3	3,2	2,7	2,6	2,6	2,3	2,0
	0,75mi (1,2km)	4,6	4,4	4,3	4,2	3,7	3,6	3,4	2,4	1,9
	1,00mi (1,6km)	5,2	5,0	4,9	4,9	4,4	4,2	4,1	3,0	1,6
	1,50mi (2,4km)	6,2	6,0	5,9	5,8	5,3	5,0	4,8	3,6	2,9
	2,00mi (3,2km)	7,3	6,9	6,7	6,5	5,7	5,5	5,3	4,1	3,5
	3,00mi (4,8km)	8,4	8,0	7,7	7,5	6,5	6,2	6,0	4,6	3,9
	>4,00mi (6,4 km)	9,4	8,8	8,6	8,3	7,2	6,9	6,6	4,8	3,7
≥3,5 <4,5	0,25mi (0,4km)	3,8	3,4	3,2	3,0	2,3	2,2	2,2	1,7	1,5
	0,50mi (0,8km)	5,5	5,3	5,1	5,0	4,4	4,2	4,0	2,8	2,2
	0,75mi (1,2km)	6,5	6,4	6,5	6,5	6,3	5,9	5,6	3,6	2,6
	1,00mi (1,6km)	7,9	7,6	7,4	7,3	6,7	6,6	6,4	5,3	4,7
	1,50mi (2,4km)	9,6	9,2	9,0	8,9	8,1	7,9	7,7	6,5	5,9
	2,00mi (3,2km)	10,3	10,1	10,0	9,9	9,4	9,1	8,9	7,4	6,7
	3,00mi (4,8km)	11,4	11,3	11,2	11,2	10,7	10,3	10,0	8,0	7,0
	>4,00mi (6,4 km)	12,4	12,2	12,2	12,1	11,5	11,2	10,8	8,6	7,5
≥4,5 <5,5	0,25mi (0,4km)	4,4	4,0	3,7	3,5	2,7	2,7	2,7	2,6	2,5
	0,50mi (0,8km)	6,0	6,0	6,0	6,0	5,9	5,7	5,6	4,6	4,2
	0,75mi (1,2km)	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
	1,00mi (1,6km)	9,2	9,2	9,1	9,1	9,0	9,0	9,0	8,9	8,8
	1,50mi (2,4km)	10,6	10,6	10,6	10,6	10,5	10,4	10,4	10,2	10,1
	2,00mi (3,2km)	11,8	11,8	11,8	11,8	11,6	11,6	11,5	11,1	10,9
	3,00mi (4,8km)	13,7	13,7	13,6	13,6	13,3	13,1	13,0	11,9	11,3
	>4,00mi (6,4 km)	15,3	15,3	15,2	15,2	14,6	14,2	13,8	11,3	10,0
≥5,5 <6,5	0,25mi (0,4km)	4,8	4,6	4,5	4,4	4,0	3,9	3,8	3,2	2,9
	0,50mi (0,8km)	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
	0,75mi (1,2km)	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1
	1,00mi (1,6km)	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,2	10,1
	1,50mi (2,4km)	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,8	11,8	11,7	11,6
	2,00mi (3,2km)	12,8	12,8	12,8	12,8	12,7	12,7	12,7	12,6	12,5
	3,00mi (4,8km)	14,4	14,4	14,4	14,4	14,3	14,3	14,3	14,2	14,1
	>4,00mi (6,4 km)	15,4	15,4	15,3	15,3	15,2	15,1	15,1	14,9	14,8
≥6,5	0,25mi (0,4km)	5,1	5,1	5,0	5,0	4,8	4,7	4,7	4,5	4,4
	0,50mi (0,8km)	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
	0,75mi (1,2km)	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
	1,00mi (1,6km)	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,3	10,2
	1,50mi (2,4km)	12,0	12,0	12,0	12,0	11,9	11,9	11,9	11,8	11,7
	2,00mi (3,2km)	12,9	12,9	12,9	12,9	12,8	12,8	12,8	12,7	12,6
	3,00mi (4,8km)	14,5	14,5	14,5	14,5	14,4	14,4	14,4	14,3	14,2
	>4,00mi (6,4 km)	15,4	15,4	15,4	15,4	15,3	15,3	15,3	15,2	15,1

**TABELA 15-13. Fator Equivalente para Veículos Recreacionais função da Rampa Específica para Velocidade Média de Viagem em Rodovias de Pista Simples - HCM/2010**

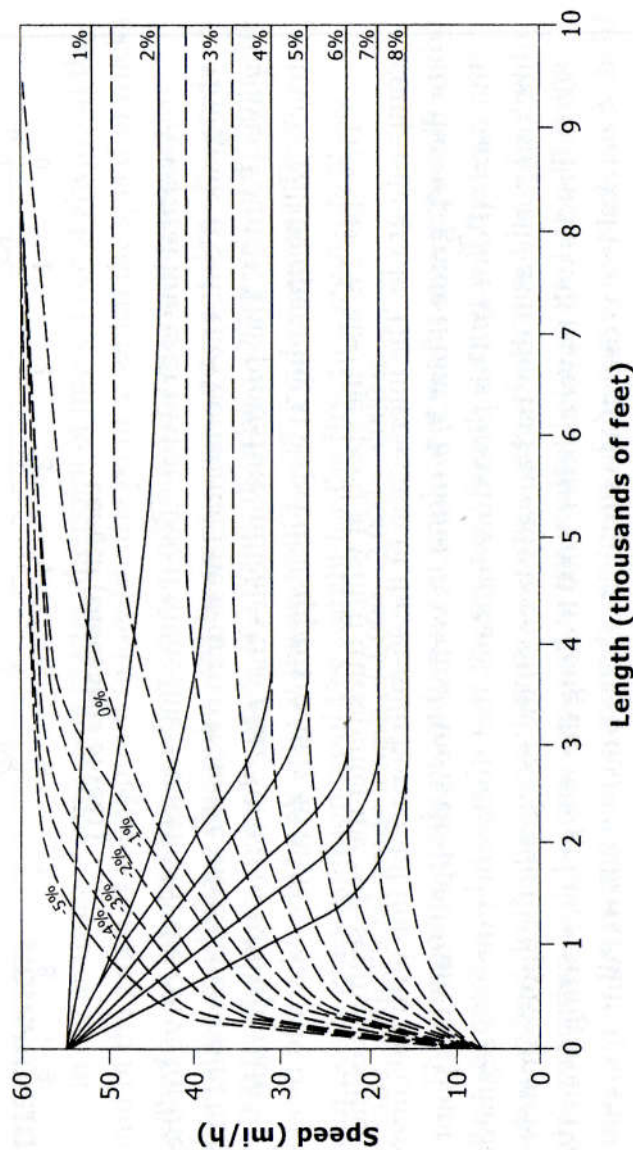
Aclive (%)	Extensão	Fluxo de Tráfego (veh/h, por sentido)								
		≤100	200	300	400	500	600	700	800	≥900
≥3 <3,5	≤0,25mi (0,4km)	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	>0,25mi (0,4km) e ≤0,75mi (1,2km)	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	>0,75mi (1,2km) e ≤1,25mi (2,0km)	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	>1,25mi (2,0km) e ≤2,25mi (3,6km)	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	>2,25mi (3,6 km)	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
≥3,5 <4,5	≤0,75mi (1,2km)	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	>0,75mi (1,2km) e ≤3,50mi (5,6km)	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	>3,50mi (5,6km)	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
≥4,5 <5,5	≤2,50mi (4,0km)	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	>2,50mi (4,0 km)	1,6	1,5	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
≥5,5 <6,5	≤0,75mi (1,2km)	1,5	1,4	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	>0,75mi (1,2km) e ≤2,50mi (4,0km)	1,6	1,5	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	>2,50mi (4,0km) e ≤3,50mi (5,6km)	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0
	>3,50mi (5,6km)	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
≥6,5	≤2,50mi (4,0km)	1,6	1,5	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	>2,50mi (4,0km) e ≤3,50mi (5,6km)	1,6	1,5	1,4	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	>3,50mi (5,6km)	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4



**TABELA 15-14. Fator Equivalente para Veículos Pesados em Velocidade de Arrasto e Rampa Específica para Velocidade Média de Viagem em Rodovias de Pista Simples - HCM/2010**

Diferença entre Velocidade de Fluxo Livre e Velocidade de Arrasto dos Veículos Pesados	Fluxo de Tráfego (veh/h, por sentido)								
	≤100	200	300	400	500	600	700	800	≥900
≤15mi/h (24km/h)	4,7	4,1	3,6	3,1	2,6	2,1	1,6	1,0	1,0
20mi/h (32km/h)	9,9	8,7	7,8	6,7	5,8	4,9	4,0	2,7	1,0
25mi/h (40km/h)	15,1	13,5	12,0	10,4	9,0	7,7	6,4	5,1	3,8
30mi/h (48km/h)	22,0	19,8	17,5	15,6	13,1	11,6	9,2	6,1	4,1
35mi/h (56km/h)	29,0	26,0	23,1	20,1	17,3	14,6	11,9	9,2	6,5
≥40mi/h (64km/h)	35,9	32,3	28,6	24,9	21,4	18,1	14,7	11,3	7,9

**Figura 11-A1. Curvas de Desempenho para Caminhão de 200 lb/hp (120kg/kw)**



**TABELA 15-19. Fator Equivalente para Pesados e Recreacionais função da Rampa Específica para Porcentagem de Tempo Gasto em Seguimento em Rodovias de Pista Simples - HCM/2010**

Aclive (%)	Extensão	Fluxo de Tráfego (veh/h, por sentido)								
		≤100	200	300	400	500	600	700	800	≥900
≥3 <3,5	≤2,00mi (3,2km)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	3,00mi (4,8km)	1,5	1,3	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	≥4,00mi (6,4 km)	1,6	1,4	1,3	1,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
≥3,5 <4,5	≤1,00mi (1,6km)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	1,50mi (2,4km)	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	2,00mi (3,2km)	1,6	1,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	3,00mi (4,8km)	1,8	1,4	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	≥4,00mi (6,4 km)	2,1	1,9	1,8	1,7	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
≥4,5 <5,5	≤1,00mi (1,6km)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	1,50mi (2,4km)	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	2,00mi (3,2km)	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3
	3,00mi (4,8km)	2,4	2,2	2,2	2,1	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7
	≥4,00mi (6,4 km)	3,5	3,1	2,9	2,7	2,1	2,0	2,0	1,8	1,8
≥5,5 <6,5	0,75mi (1,2km)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	1,00mi (1,6km)	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	1,50mi (2,4km)	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
	2,00mi (3,2km)	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8
	3,00mi (4,8km)	3,4	3,2	3,0	2,9	2,4	2,3	2,3	1,9	1,9
	≥4,00mi (6,4 km)	4,5	4,1	3,9	3,7	2,9	2,7	2,6	2,0	2,0
≥6,5	0,50mi (0,8km)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	0,75mi (1,2km)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0
	1,00mi (1,6km)	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,4	1,4
	1,50mi (2,4km)	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	2,00mi (3,2km)	2,9	2,8	2,7	2,7	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3
	3,00mi (4,8km)	4,2	3,9	3,7	3,6	3,0	2,8	2,7	2,2	2,2
	≥4,00mi (6,4 km)	5,0	4,6	4,4	4,2	3,3	3,1	2,9	2,7	2,5
Veículos Recreacionais										
todos	todos	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

- ⇒ **Efeito de tratamentos especiais:** faixa ultrapassagem veículos lentos (*passing lane*)  
 faixa de subida para veículos lentos (*climbing lane*)  
 baía de espera para veículos lentos (*turnout*)  
 uso do acostamento e seção transversal larga  
 baía de conversão (à esquerda) em interseções  
 faixa de conversão à esquerda em ambos sentidos  
 (TWLTL-two-way left turn lane)

**Análise de Faixas de Ultrapassagem e Subida (Terceira Faixa):**

extensão efetiva:  $L_{ef} = L_{3f} + L_{da}$ , extensão do segmento:  $L_t = L_u + L_{ef} + L_d$

( $L_{ef}$  pode ser limitado pela extensão do segmento;  $L_u$  e  $L_d$  podem não existir)

para faixas de ultrapassagem dentro dos limites ótimos (**Ver Tabela 15-24**)  
 a extensão posterior afetada é dada ou medida (**Ver Tabela 15-23**)

efeito de melhoria ao final da faixa de ultrapassagem  $f_{3f}$  (**Ver Tabela 15-26,28**)  
 para faixa de subida, efeito menor (**Ver Tabela 15-29**)

avaliando as medidas de eficácia sem a faixa:  $\tilde{V}_{2f}^d$  e  $\tilde{p}_{2f}^d$ , o efeito é estimado por

$$\tilde{V}_{3f}^d = \frac{L_t}{L_u + \frac{L_{3f}}{f_{3f}^v} + \frac{2}{(1 + f_{3f}^v)} L_{de} + L_d} \cdot \tilde{V}_{2f}^d \text{ e } \tilde{p}_{3f}^d = \frac{L_u + f_{3f}^p \cdot L_{3f} + \frac{(1 + f_{3f}^p)}{2} \cdot L_{de} + L_d}{L_t} \cdot \tilde{p}_{2f}^d$$

o efeito da faixa de ultrapassagem para extensão posterior limitada  $L'_{de}$

então  $L_d = 0$  e o efeito é estimado mantendo a hipótese de efeito linear por

$$\tilde{V}_{3f}^d = \frac{L_t}{L_u + \frac{L_{3f}}{f_{3f}^v} + \frac{2 \cdot L'_{de}}{\left(1 + f_{3f}^v + (f_{3f}^v - 1) \cdot \frac{(L_{de} - L'_{de})}{L_{de}}\right)}} \cdot \tilde{V}_{2f}^d \text{ (efeito parcial em } L'_{de})$$

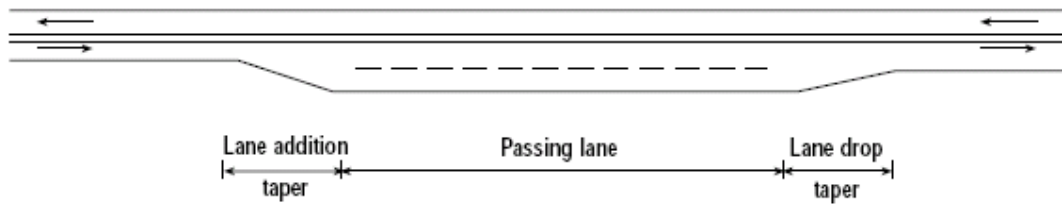
$$\text{e } \tilde{p}_{3f}^d = \frac{L_u + f_{3f}^p \cdot L_{3f} + \frac{(1 + f_{3f}^p)}{2} \cdot \frac{(L'_{de})^2}{L_{de}}}{L_t} \cdot \tilde{p}_{2f}^d \text{ (efeito parcial em } L'_{de})$$

**Análise de posições de espera, uso do acostamento e seção transversal larga:**

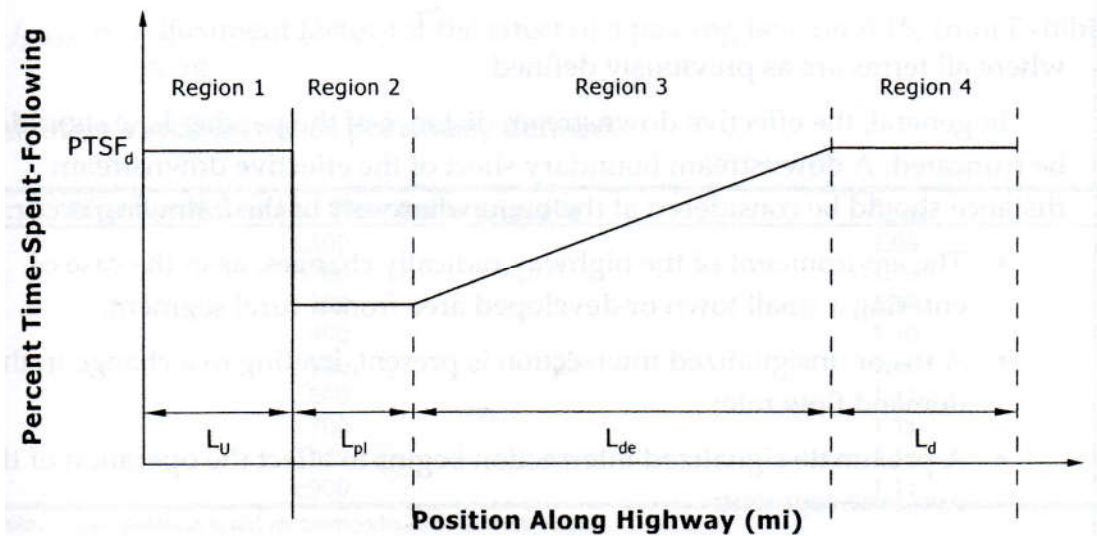
apenas indicações de efeitos de melhoria esperáveis ...

**Análise de baías ou faixas para conversão à esquerda:**

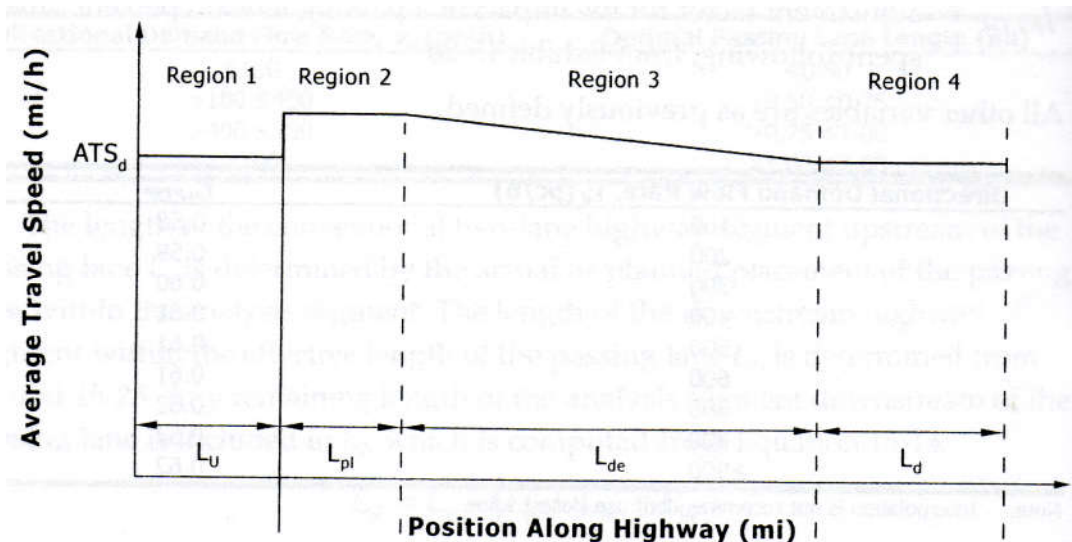
apenas indicações de efeitos de melhoria esperáveis ...



**TABELA 15-25. Efeito Representado sobre a Porcentagem de Tempo Gasto em Seguimento na Análise de uma Faixa de Ultrapassagem em Rodovias de Pista Simples - HCM/2010**



**TABELA 15-27. Efeito Representado sobre a Velocidade Média de Viagem na Análise de uma Faixa de Ultrapassagem em Rodovias de Pista Simples - HCM/2010**



**TABELA 15-23. Extensão Posterior da Via Afetada pelas Terceiras Faixas em Segmentos Direcionais Nivelados e Ondulados para Rodovias de Pista Simples - HCM/2010**

Fluxo de Tráfego (veq/h, por sentido)	Extensão Posterior Afetada na Via	
	Porcentagem de Tempo Gasto em Seguimento	Velocidade Média de Viagem (km/h)
≤200	13,0mi (20,8km)	1,7mi (2,7km)
300	11,6mi (18,6km)	1,7mi (2,7km)
400	8,1mi (13,0km)	1,7mi (2,7km)
500	7,3mi (11,7km)	1,7mi (2,7km)
600	6,5mi (10,4km)	1,7mi (2,7km)
700	5,7mi (9,1km)	1,7mi (2,7km)
800	5,0mi (8,0km)	1,7mi (2,7km)
900	4,3mi (6,9km)	1,7mi (2,7km)
≥1000	3,6mi (5,8km)	1,7mi (2,7km)

**TABELA 15-24. Extensão Ótima de Faixas de Ultrapassagem em Rodovias de Pista Simples - HCM/2010**

Fluxo de Tráfego (veq/h, por sentido)	Extensão Ótima da Faixa de Ultrapassagem
≤100	≤0,50mi (0,80km)
>100 ≤400	>0,50 a 0,75mi (0,80 a 1,20km)
>400 ≤700	>0,75 a 1,00mi (1,20 a 1,60km)
≥700s	>1,00 a 2,00mi (1,60 a 3,20km)

**TABELA 15-26,28. Fatores para Faixas de Ultrapassagem em Rodovias de Pista Simples - HCM/2010**

Fluxo de Tráfego (veq/h, por sentido)	Porcentagem de Tempo Gasto em Seguimento	Velocidade Média de Viagem (km/h)
≤100	0,58	1,08
200	0,59	1,09
300	0,60	1,10
400	0,61	1,10
500	0,61	1,10
600	0,61	1,11
700	0,62	1,11
800	0,62	1,11
≥900	0,62	1,11

**TABELA 15-29. Fatores para Faixas de Subida em Rodovias de Pista Simples - HCM/2010**

Fluxo de Tráfego (veq/h, por sentido)	Porcentagem de Tempo Gasto em Seguimento	Velocidade Média de Viagem (km/h)
0 a 300	0,20	1,02
>300 a 600	0,21	1,07
> 600	0,23	1,14

## Agregação para Sistemas de Pista Simples (e Análise Bidirecional):

⇒ **Sistemas de Pista Simples:** procedimento baseado na agregação dos resultados !

⇒ **Procedimento para agregação:** baseada na agregação da análise direcional !

- resultado da análise direcional: para o pico de 15 minutos do período  
velocidade média (ATS) e porcentagem do tempo gasto em seguimento (PTSF)
- média ponderada com base na extensão e duração percorrida em cada trecho/período

$$\text{Veículos-mi ou km } VMT_{i15}^d = \frac{0,25 \cdot Q_i^d \cdot L_i}{FPH_i^d} \text{ e Veículo-hora } VHT_{i15}^d = \frac{VMT_i^d}{ATS_i^d} \text{ trecho}$$

$$\text{Velocidade média de viagem agregada: } ATS_{iF} = \frac{\sum_{i,d} VMT_i^d}{\sum_{i,d} VHT_i^d}$$

$$\text{Porcentagem de tempo gasto em seguimento agregada: } PTSF_F = \frac{\sum_{i,d} PTSF_i^d \cdot VHT_i^d}{\sum_{i,d} VHT_i^d}$$

- recomenda-se não agregar segmentos de classes de rodovia distintas e usar mesmos critérios de nível de serviço dos segmentos
- análise agregada não é normalmente aplicada para trechos de classe III (geralmente ocorrem em trechos curtos, não extensos)

⇒ **Análise Bidirecional:** pode ser baseada na agregação da análise direcional !

## Procedimento para Avaliar Uso das Rodovias pelos Ciclistas: com ajustes

⇒ **Qualidade de serviço para os ciclistas:** mesma elemento mas avaliação distinta ...

- tendência de adotar uma visão multimodal (e promover sustentabilidade)
- critério de qualidade de serviço (não nível de serviço) avaliado pelo usuário

recomendado também para outras rodovias comuns: uso do acostamento ou faixa direita

⇒ **Estimativa do índice de qualidade percebido pelos ciclistas (BLOS):**

$$\text{BLOS} = \beta_0 + \beta_Q \cdot F_Q + \beta_{SH} \cdot F_S \cdot F_H + \beta_P \cdot F_P - \beta_W \cdot F_W$$

onde  $\beta_0 = 0,057$  (intercepto),

$\beta_Q = 0,507$  (efeito do tráfego na faixa externa)

$$\text{com } F_Q = \ln[q^0] \text{ e } q^0 = \frac{VH^d}{FPH^d \cdot N} \text{ (em v/h na faixa direita)}$$

$\beta_{SH} = 0,1999$  (efeito do limite de velocidade e veículos pesados)

$$\text{com } F_S = 1,1199 \cdot \ln \left[ \frac{S_L - 32 \text{ km/h}}{1,6} \right] + 0,8103, \text{ limite de velocidade: } S_L \text{ em km/h}$$

e  $F_H = (1 + 0,1038 \cdot \%HV)^2$ , veículos pesados em porcentagem: %HV  
(se fluxo total Q até 200v/h então %HV deve ser limitado a 50%)

$\beta_P = 7,066$  (efeito da qualidade do pavimento) com  $F_P = \left( \frac{1}{P} \right)^2$

P: condição do pavimento na escala do U.S.HPMS (0=péssimo a 5=ótimo)

$\beta_W = 0,005$  (efeito da largura de faixa efetiva) com  $F_W = (3,28 \cdot W_e)^2$ ,  $W_e$  em metro

com  $W_e = W_v + L_A - 0,03 \cdot \%OP$  se o acostamento tem  $L_A \geq 2,4\text{m}(8\text{ft})$

?  $W_e = W_v + L_A - 0,02 \cdot \%OP \cdot (L_A + 0,6\text{m})$  se  $1,2\text{m}(4\text{ft}) \leq L_A < 2,4\text{m}(8\text{ft})$

?  $W_e = W_v + 0,01 \cdot \%OP \cdot (L_A + 0,6\text{m})$  se o acostamento tem  $L_A < 1,2\text{m}(4\text{ft})$

onde %OP é a porcentagem da extensão ocupada por estacionamento

e  $W_v = L_o + L_A$  se fluxo total Q até 160v/h ou  $W_v = (L_o + L_A)(2 - 0,005 \cdot Q)$

em caso contrário ( $L_o$  é a largura faixa externa, à direita)

(índice estimado por regressão linear, a partir de notas atribuídas por usuários/ciclistas)

⇒ **Nível de serviço para os ciclistas:** também definido, em função da qualidade de serviço

**TABELA 15-4. Nível de Serviço para Bicicletas em Rodovias de Pista Simples - HCM/2010  
(também adotado em Rodovias de Múltiplas Faixas)**

NÍVEL DE SERVIÇO	ÍNDICE DE QUALIDADE (BLOS)
A	≤1,5
B	>1,5 a 2,5
C	>2,5 a 3,5
D	>3,5 a 4,5
E	>4,5 a 5,5
F	>5,5

## Comentários sobre as Revisões do U.S.HCM/2010

- ⇒ os procedimentos atuais são teoricamente mais adequados que os anteriores apenas com análise direcional por sentido de tráfego (antes somente bidirecional) na maior parte repete/revisa resultados anteriores obtidos com modelos de simulação
  - ⇒ muitas deficiências comuns aos demais procedimentos na tradição do HCM:
    - . não analisa situações de sobre-demanda ( $Q > C$ ) e aleatoriedade
    - . não diferencia a operação para leves e pesados (particularmente V)
    - . estimativa dos fatores equivalentes:
      - não é claro sobre efeito (implícito) nos automóveis
      - não avalia perda de velocidade adicional provocada pelos pesados
      - não avalia perda de velocidade dos pesados com congestionamento
  - ⇒ algumas deficiências ou características específicas:
    - . propõe modelos empíricos para avaliar diversas estratégias (faixas auxiliares, ...)
    - . admite que efeito dos pesados varia com nível de fluxo ( $x = \frac{q}{C}$ ) ... iterativo ...
    - . não distingue claramente condições ideais, básicas e reais mesmo para autos
    - . curvas básicas ou reais de desempenho próprias do segmento (100% autos) ?
    - . pode ser estendido para avaliar velocidade média real (sem diferenciar autos e pesados)
    - . ainda ignora muitos fatores que afetam a velocidade de fluxo livre
    - . admite que a capacidade é independente da velocidade de fluxo livre !  
(os demais procedimentos admitem que caracteriza totalmente a capacidade) !
  - ⇒ falta uma base teórica mais firme para o modelo de operação de tráfego adotado:
    - . não formula um conceito específico de capacidade, observado em campo
    - . não relaciona operação com aceitação de brechas em ultrapassagens
    - . não explicita a interação entre veículos lentos e rápidos (velocidades desejadas)
  - ⇒ as medidas de desempenho adotadas são mais relacionadas com qualidade da operação:
    - . distingue classes de rodovias (rurais), que é relacionada com a expectativa dos usuários
    - . ainda ignora que qualidade é distinta para diferentes usuários (autos, pesados, ...)
  - ⇒ revisão conservativa dos valores de capacidade básica (poucos dados empíricos) !
  - ⇒ revisão dos fatores equivalentes tem de ser validada !
    - . resultados obtidos por modelos de simulação (validação sumária)
    - . relação peso/potência é menor no Brasil
    - . importante reconhecer a necessidade de fatores equivalente distintos.
- VER EXERCÍCIO PISTA SIMPLES**  
**VER EXERCÍCIO FAIXA AUXILIAR**
- ⇒ previsão da qualidade de serviço para ciclistas promove a visão multimodal !
    - . no entanto, modelos empíricos e métodos de calibração são ainda incipientes
    - . versão original do HCM2010 tem ajustes não justificados e diversos erros a corrigir ...