

Procedimento do U.S.HCM/6thEd (2016)

- ⇒ procedimentos similares aos do HCM/2010 (tb 97 e 2000) para rodovias e vias expressas !
apenas a versão em unidades imperiais; novos métodos simplificados/de planejamento
efeitos dos veículos pesados com fator equivalente ou modelo de tráfego misto (inovação)
novo procedimento de análise com tráfego misto deve tornar-se a forma preferida ...
- ⇒ procedimento caracteriza os trechos de via de uso geral pela velocidade de fluxo livre (V_{FL});
(em lugar da velocidade de projeto da via, usada até o HCM/85) e
introduz a análise específica do efeito das faixas de uso geral ou especial (*managed lanes*)
e do efeito de trechos em obra (além de uma análise de confiabilidade global)
ambos calibrados para vias expressas (em outros casos podem ser usados com cautela)
- ⇒ unificou os conceitos distintos de velocidade de fluxo livre (já similares no HCM/2010):
autos, desimpedidos ou não, medida direta para $q < 1000v/h$ (ou $500v/h$)
(amostra mínima de 100 veículos em condições representativas do segmento)
- ⇒ recomendação: usar velocidade de fluxo livre medida !
(em ambos os casos)
- ⇒ estimativa indireta da velocidade de fluxo livre, em condições ideais ($\sim \tilde{V}_{FLO}$):
 - critério para valor básico, se necessário, em rodovias de múltiplas faixas:
 $\cong V_L + 5 \text{ mi/h (8km/h)}$ $p/V_L = 50 \text{ mi/h}$ ou mais
 $V_L + 7 \text{ mi/h (11km/h)}$ p/V_L abaixo de $50 \text{ mi/h (80k m/h)}$
 (V_L é a velocidade limite regulamentada, sem fiscalização presente)
 - não há critério recomendado para vias expressas
- ⇒ eliminou critérios discutíveis do HCM/2010 (não interpolar parâmetros ou curva da via
pela velocidade de fluxo livre, fornecer fatores equivalente por faixas de rampa) !
portanto, volta a recomendação mais adequada de interpolar (da forma usual ...)
- ⇒ não há critério recomendado para fiscalização ostensiva (policial ou eletrônica)
suposição “natural”: limitar a velocidade de tráfego (ou a própria V_{FL})
suposição implícita: fiscalização usual (policial, mas usual ... incógnita e eventual ...)
- ⇒ procedimento de análise para uso das rodovias (acostamento) por bicicletas (do HCM/2010)
 - mesmo procedimento recomendado para rodovias de pista simples ...
 - tendência de adotar uma visão multimodal (e promover sustentabilidade)
 - critério de qualidade de serviço (não nível de serviço) avaliado pelo usuário

Figura 12-1. Tipos de Vias Expressas



Source: © 2014 Google

(a) Eight-Lane Urban Freeway Segment



Source: © 2014 Google

(b) Six-Lane Rural Freeway Segment

Figura 12-2. Tipos de Vias Comuns de Múltiplas Faixas



**(a) Divided Suburban
Multilane Highway Segment**



**(b) Undivided Suburban
Multilane Highway Segment**



**(c) Suburban Multilane Highway Segment
with Two-Way Left-Turn Lane**



(d) Undivided Rural Multilane Highway Segment

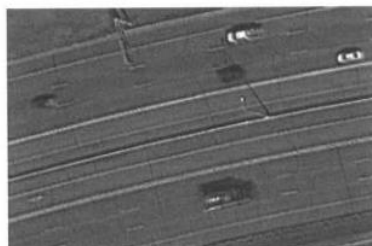
Figura 12-9. Tipos de Faixas de Uso Especial

Acesso Contínuo: separação por sinalização demarcada por linhas seccionadas ou linhas contínuas simples (não compulsória, na recomendação do U.S.MUTCD).



Source: ©2014 Google.
Note: I-5, Seattle, Washington.

Divisão em Nível (Buffer) 1fx: separação de uma faixa especial intercalando sinalização demarcada por zebrado ou linhas contínuas duplas (compulsória na proibição de transposição) e linhas seccionadas ou simples.



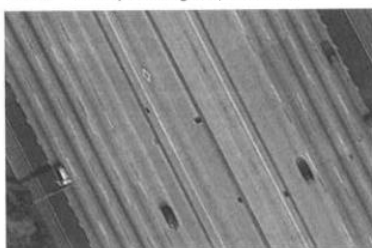
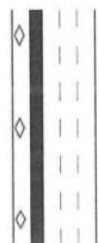
Source: ©2014 Google.
Note: I-394, Minneapolis, Minnesota.

Divisão em Nível (Buffer) 2+fxs: separação de 2 ou mais faixas especiais intercalando sinalização demarcada por zebrado ou linhas contínuas duplas (compulsória na proibição de transposição) e linhas seccionadas ou simples.



Source: ©2014 Google.
Note: I-110, Los Angeles, California.

Divisão por Barreira 1fx: separação de uma faixa especial intercalando barreiras físicas (barreiras de proteção ou dispositivos de segregação) e linhas seccionadas ou simples.



Source: ©2014 Google.
Note: I-5, Orange County, California.

Divisão por Barreira 2+fxs: separação de 2 ou mais faixas especiais intercalando barreiras físicas (barreiras de proteção ou dispositivos de segregação) e linhas seccionadas ou simples.



Source: ©2014 Google.
Note: I-5, Seattle, Washington.

Procedimento Geral (para Vias Expressas e Vias Comuns de Múltiplas Faixas):

⇒ **Capacidade básica:** função da velocidade de fluxo livre da via

$$\tilde{C}_r = \tilde{c}_f \cdot N, \text{ onde } N = \text{nº de faixas do sentido e } \tilde{c}_f = f(\tilde{V}_{FL}).$$

$\tilde{V}_{FL}$	75mi/h (120km/h)	70mi/h (112km/h)	65mi/h (104km/h)	60mi/h (96km/h)	55mi/h (88km/h)	50mi/h (80km/h)	45mi/h (72km/h)
$\tilde{c}_f$ expressa (veq/h/fx)	2400	2400	2350	2300	2250	-	-
$\tilde{c}_f$ comum (veq/h/fx)	-	2300	2300	2200	2100	2000	1900

para vias expressas $\tilde{c}_f = 2200 + \gamma_{aM} \cdot (FFS - 50) = 2200 + \gamma_{aK} \cdot (\tilde{V}_{FL} - 80)$ e $\hat{\tilde{c}}_f = \tilde{c}_f \cdot CAF$ p/autos,
com $55 \leq FFS \leq 75\text{mph}$, $88 \leq \tilde{V}_{FL} \leq 120\text{km/h}$, $\tilde{c}_f \leq 2400\text{veq/h/fx}$; $\gamma_{aM} = 10$ ou $\gamma_{aK} = 6,25$.

para vias comuns $\tilde{c}_f = 1900 + \gamma_{cM} \cdot (FFS - 45) = 1900 + \gamma_{cK} \cdot (\tilde{V}_{FL} - 72)$ e $\hat{\tilde{c}}_f = \tilde{c}_f$ p/autos, s/ajuste
com $45 \leq FFS \leq 70\text{mph}$, $72 \leq \tilde{V}_{FL} \leq 112\text{km/h}$, $\tilde{c}_f \leq 2300\text{veq/h/fx}$, $\gamma_{cM} = 20$ ou $\gamma_{cK} = 12,5$.

⇒ **Velocidade de Fluxo Livre:** sempre que possível medida em campo (autos, desimpedidos)

estimativa para vias expressas: $\tilde{V}_{FL} = \tilde{V}_{FL0} - \tilde{\Delta}_{Lf} - \tilde{\Delta}_{OL} - \tilde{\Delta}_{DR}$ (para autos) e $\hat{\tilde{V}}_{FL} = \tilde{V}_{FL} \cdot SAF$
correções devidas à $\tilde{\Delta}_{Lf}$ = largura de faixa (f_{LW} , **ver Tabela 12-20**),
 $\tilde{\Delta}_{OL}$ = (des)obstrução lateral (f_{RLC} , **ver Tabela 12-21**), e
 $\tilde{\Delta}_{DR}$ = densidade de ramais (entrada ou saída)

com $\tilde{\Delta}_{DR} = 3,22 \cdot TRD^{0,84} \text{ mi/h } (f_{RD})$ ou $\tilde{\Delta}_{DR} = 7,65 \cdot DRK^{0,84} \text{ km/h}$
onde a densidade TRD é obtida com 3 mi antes e 3 mi depois
(DRK, por km, é obtida com 4,8km antes e 4,8km depois)
incluindo incorporações e divergências (antes: interconexões com entrada) ...
(tb eliminou o fator de correção pelo número de faixas do HCM1997,2000)

Estimativa para vias comuns: $\tilde{V}_{FL} = \tilde{V}_{FL0} - \tilde{\Delta}_{Lf} - \tilde{\Delta}_{OL} - \tilde{\Delta}_{SC} - \tilde{\Delta}_{DA}$ (para autos), sem ajustes
correções devidas à $\tilde{\Delta}_{Lf}$ = largura de faixa (f_{LW} , **ver Tabela 12-20**),
 $\tilde{\Delta}_{OL}$ = (des)obstrução lateral total (f_{TLC} , **ver Tabela 12-22**)
 $\tilde{\Delta}_{SC}$ = divisão (central) de pistas (f_M , **ver Tabela 12-23**) e
 $\tilde{\Delta}_{DA}$ = ambiente/acessos (f_A , **ver Tabela 12-24**)

acessos: rural 8/mi (5/km); suburbano 16/mi (10/km) baixa, 25/mi (16/km) alta densidade.

onde: $\tilde{V}_{FL0}$ = velocidade fluxo livre (básica, ideal) para autos (FFS_i)

vias expressas: recomenda 75,4mi/h (120,6 km/h) para vias rurais e urbanas
(HCM1997,2000 recomendavam 110km/h para vias expressas urbanas)

vias comuns: recomenda velocidade de projeto (ou indireta baseada em $\tilde{V}_L$ limite)
(HCM1997, 2000 recomendavam 100km/h)

TABELA 12-20. Correção pela Largura da Faixa em Vias Expressas e Comuns de Múltiplas Faixas - HCM/6thEd (2016)

LARGURA DA FAIXA	REDUÇÃO NA VELOCIDADE FLUXO LIVRE
≥12ft (>=3,6m)	0.0mi/h (0km/h)
≥11 a 12ft (>=3,3 a 3,6m)	1,9mi/h (3,0km/h)
≥10 a 11ft (>=3,0 a 3,3m)	6.6mi/h (10,6km/h)

TABELA 12-21. Correção pela Desobstrução Lateral em Vias Expressas - HCM/6thEd (2016)

DESOBSTRUÇÃO LATERAL ACOSTAMENTO DIREITO*	REDUÇÃO NA VELOCIDADE DE LIVRE (km/h)			
	NÚMERO DE FAIXAS			
	2/sentido	3/sentido	4/sentido	≥5/sentido
≥ 6ft (≥1,80m)	0.0mi/h (0.0km/h)	0.0mi/h (0.0km/h)	0.0mi/h (0.0km/h)	0.0mi/h (0.0km/h)
5ft (1,50m)	0,6mi/h (1,0km/h)	0,4mi/h (0,7km/h)	0,2mi/h (0,3km/h)	0,1mi/h (0,2km/h)
4ft (1,20m)	1,2mi/h (1,9km/h)	0,8mi/h (1,3km/h)	0,4mi/h (0,7km/h)	0,2mi/h (0,3km/h)
3ft (0,90m)	1,8mi/h (2,9km/h)	1,2mi/h (1,9km/h)	0,6mi/h (1,0km/h)	0,3mi/h (0,5km/h)
2ft (0,60m)	2,4mi/h (3,9km/h)	1,6mi/h (2,6km/h)	0,8mi/h (1,3km/h)	0,4mi/h (0,7km/h)
1ft (0,30m)	3,0mi/h (4,8km/h)	2,0mi/h (3,2km/h)	1,0mi/h (1,6km/h)	0,5mi/h (0,8km/h)
0ft (0,0m)	3,6mi/h (5,8km/h)	2,4mi/h (3,9km/h)	1,2mi/h (1,9km/h)	0,6mi/h (1,0km/h)

* Distância da obstrução lateral ao limite da faixa de rolamento no acostamento da direita apenas (se maior que 6ft/1,80 m, usar 6ft/1,80m). Efeito de obstruções contínuas (defensas, barreiras, ...) ou periódicas (postes de sinalização ou iluminação regularmente espaçados) no lado direito exigem julgamento específico do analista. Efeitos de obstruções no lado esquerdo a menos de 2ft/0,60m (pouco usuais) podem ser relevantes e também exigem julgamento específico do analista (além de 2ft/0,60m não são usualmente consideradas obstruções).

TABELA 12-22. Correção pela Desobstrução Lateral em Vias Comuns de Múltiplas Faixas - HCM/6thEd (2016)

4 FAIXAS (2 por sentido)		6 FAIXAS (3 por sentido)	
DESOBSTRUÇÃO LATERAL TOTAL*	REDUÇÃO NA VELOCIDADE FLUXO LIVRE	DESOBSTRUÇÃO LATERAL TOTAL*	REDUÇÃO NA VELOCIDADE FLUXO LIVRE
12ft (3,6m)	0.0mi/h (0.0km/h)	12ft (3,6m)	0.0mi/h (0.0km/h)
10ft (3,0m)	0,4mi/h (0,6km/h)	10ft (3,0m)	0,4mi/h (0,6km/h)
8ft (2,4m)	0,9mi/h (1,5km/h)	8ft (2,4m)	0,9mi/h (1,5km/h)
6ft (1,8m)	1,3mi/h (2,1km/h)	6ft (1,8m)	1,3mi/h (2,1km/h)
4ft (1,2m)	1,8mi/h (3,0km/h)	4ft (1,2m)	1,7mi/h (2,7km/h)
2ft (0,6m)	3,6mi/h (5,8km/h)	2ft (0,6m)	2,8mi/h (4,5km/h)
0ft (0,0m)	5,4mi/h (8,7km/h)	0ft (0,0m)	3,9mi/h (6,3km/h)

* Obstrução lateral total é uma soma das desobstruções laterais no canteiro (se maior que 1,8 m, usar 1,8 m) e acostamento (se maior que 1,8 m, usar 1,8 m; sem canteiro central, usar 1,80m à esquerda). Portanto, para fim de análise, a desobstrução lateral total não pode exceder 3,6 m. Guia de altura usual não constitui obstrução lateral. Obstruções usuais à esquerda (barreiras), se a menos de 2ft (0,60m) exigem julgamento específico.

TABELA 12-23. Correção pela Divisão de Pistas em Vias Comuns de Múltiplas Faixas - HCM/6thEd (2016)

DIVISÃO DE PISTAS	REDUÇÃO NA VELOCIDADE FLUXO LIVRE
Rodovias não divididas	1,6mi/h (2,6km/h)
Rodovias divididas (incluindo TWLTLs)	0,0mi/h (0,0km/h)

TWLTLs: Faixa de acomodação de conversão à esquerda nos dois sentidos (não utilizada pelo tráfego direto) no centro da via.

TABELA 12-24. Correção pela Densidade de Pontos de Acessos em Vias Comuns de Múltiplas Faixas - HCM/6thEd (2016)

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.: rural 8/mi (5/km); suburbano 16/mi (10/km) baixa, 25/mi (16/km) alta densidade.

⇒ **Velocidade de operação:** função do fluxo faixa na via

Tradicional: velocidade média, obtida na curva de operação da via (ou sua forma algébrica)

$$\text{forma algébrica: } \hat{V} = \begin{cases} \hat{V}_{FL}, & \text{se } \hat{q}_f \leq \hat{q}_{BP}, \text{ ou se } \hat{q}_f \leq \hat{c}_f \\ \hat{V}_{FL} - (\hat{V}_{FL} - \hat{V}_C) \left(\frac{\hat{q}_f - \hat{q}_{BP}}{\hat{c}_f - \hat{q}_{BP}} \right)^a & \text{(ajustados ou não)} \end{cases}$$

em fluxo equivalente, com $\hat{c}_r = \hat{c}_f = \tilde{c}_f \cdot CAF_{ao}$, $\hat{V}_{FL} = \tilde{V}_{FL} = \tilde{V}_{FL} \cdot SAF_{ao}$ e $\hat{V}_C = \frac{\tilde{c}_f}{\tilde{K}_C}$,

$\hat{V} = f(\hat{q}_f)$ e $\hat{K} = \frac{\hat{q}}{\hat{V}}$ em condições básicas, reais (eventualmente ajustadas) !

vias expressas: $\hat{q}_{BP} = (1000 + \gamma_{bm} \cdot (75 - FFS)) CAF^2 = (1000 + \gamma_{bk} \cdot (120 - \hat{V}_{FL})) CAF^2$,

onde $\gamma_{bm} = 40(\text{pc/h/ln})/(\text{mi/h})$ ou $\gamma_{bk} = 25(\text{veq/h/fx})/(\text{km/h})$, $a = 2,00$;

vias comuns: $\hat{q}_{BP} = 1400 \text{veq/h/fx}$, $a = 1,31$; em ambas $\tilde{K}_C = 45 \text{veq/mi/fx} = 28 \text{veq/km/fx}$

$\hat{q}_f = \tilde{q}_f = \frac{VH}{N \cdot FHP \cdot f_{VP}}$ em veq/h.fx (fluxo=demanda equivalente por faixa),

FHP = fator de hora-pico (usual 0,85 a 0,95)

f_{VP} = composição de tráfego: veículos pesados (inclui combinados e recreacionais)

$$f_{VP} = \frac{1}{P_A \cdot e_A + P_{VP} \cdot e_{VP}} = \frac{1}{1 + P_{VP} \cdot (e_{VP} - 1)} \quad (e_A = 1 \text{ para autos, sempre})$$

e_{VP} : fator equivalente para caminhões e ônibus, classificados em

SU: 100lb/hp (até 2-3 eixos e recreacionais); TT: 150lb/hp (+2-3 eixos e combinados)

interpolando em p_{TT} (melhor: $e_{30} = -TT$ ou $-carga$; $e_{70} = +TT$ ou $+carga$; e_{50} = intermediário)

(ver Tabela 12-26,27,28; Alternativa: modelo para tráfego misto)

f_P = tipo de população eliminado: antes 1,0 (usuários habituais) a 0,85 (evidência de campo)

novo procedimento recomenda definir fatores de ajuste de capacidade e velocidade:

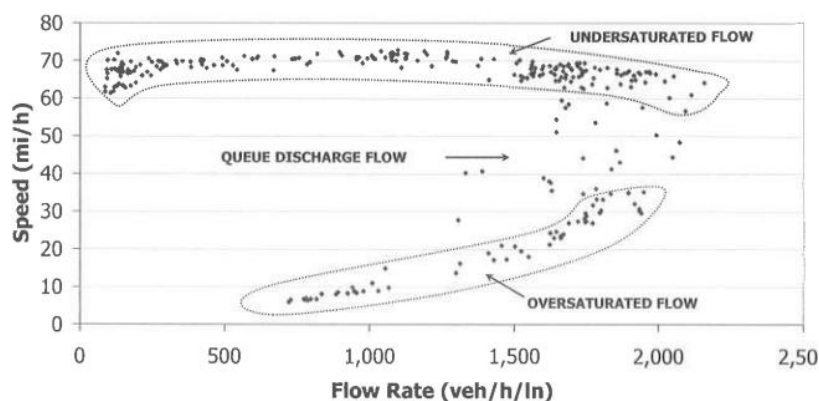
$CAF_{ao} = CAF_{pop}$ e $SAF_{ao} = SAF_{pop}$ função do tipo de usuário **(ver Tabela 26-9)**

(ver adiante ajustes adicionais para trechos em obras ...)

ênfase na conveniência de calibrar os fatores de ajuste com dados locais, especialmente:

- quando há turbulência no tráfego causado por supressão de faixa, incorporação, separação ou entrelaçamento entre segmentos básicos adjacentes ...
 - quando há restrições físicas especiais que provocam visibilidade restrita ou faixas estreitas ou obstruções laterais além das usualmente consideradas ... onde o pavimento é deficiente ou há fatores de distração ao lado da via ...
 - em segmentos básico em túneis ou sobre pontes ...
- (pela primeira vez, é discutido um método de medição da capacidade; ver adiante).

Figura 12-3. Tipos de Fluxo em Segmentos Básicos de Vias Expressas – HCM/6thEd (2016)



- reconhece três regimes, incluindo a livre dissipação de filas (além de fluxo normal e fluxo forçado)
- reconhece a perda de capacidade com fila: recomenda $\alpha_s \cong 7\%$ (redução usual: 5% a 15% da capacidade)
- não esboça curva para fluxo forçado (critério usual: relação linear até velocidade V_s entre 40 e 60km/h).

Figura 12-7. Curvas de Operação para Segmentos Básicos de Vias Expressas – HCM/6thEd (2016)

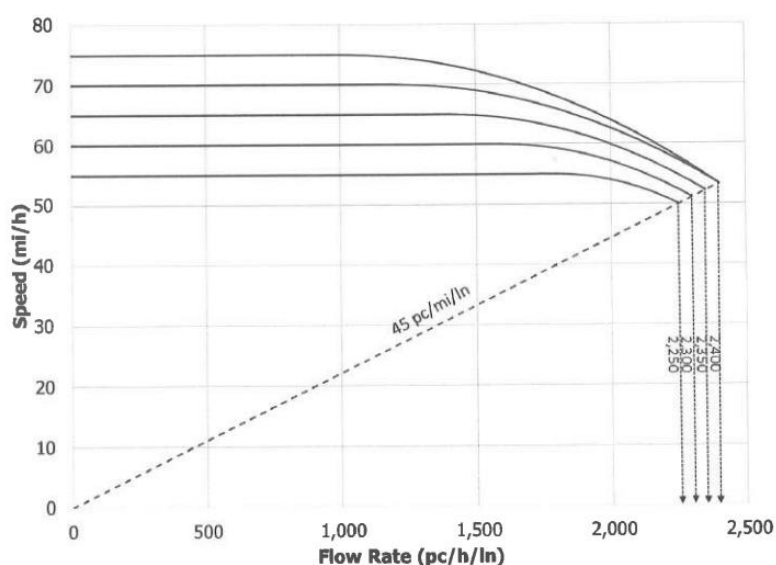
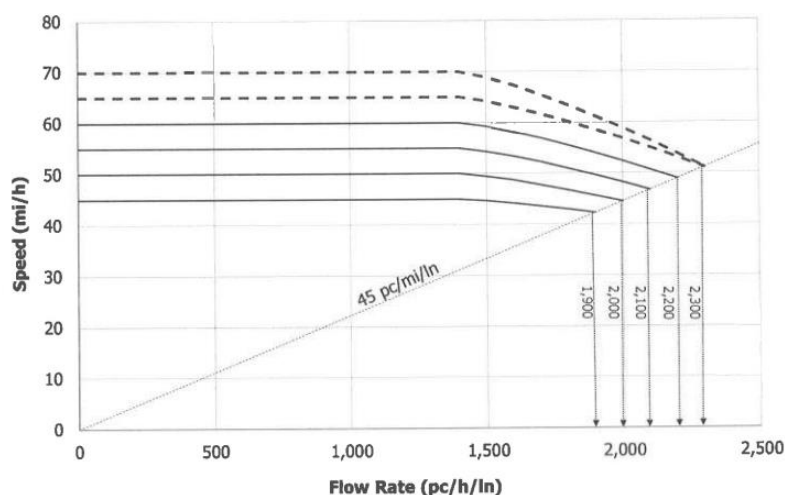


Figura 12-8. Curvas de Operação para Segmentos Básicos de Vias Comuns de Múltiplas Faixas – HCM/6thEd (2016)



Note: Dashed curves are extrapolated and not based on field data.

não há recomendação para curva de operação nos regimes saturados (ver **Figura 12-3**)

⇒ **Nível de serviço:** não há redução devida ao padrão geométrico da via !
(ver Figuras 12-16,17)

critérios iguais aos do HCM2000 e 2010 (menos exigentes que os do HCM/97):

- A: $\tilde{K} \leq 11$ veq/mi/fx (7 veq/km.fx)
- B: $\tilde{K} \leq 18$ veq/mi/fx (11 veq/km.fx)
- C: $\tilde{K} \leq 26$ veq/mi/fx (16 veq/km.fx)
- D: $\tilde{K} \leq 35$ veq/mi/fx (22 veq/km.fx)
- E: $\tilde{K} \leq 45$ veq/mi/fx (28 veq/km.fx), limite da operação não saturada
agora também adotado para vias comuns de múltiplas faixas !
- F: operação instável (fluxo forçado)

Figura 12-16. Níveis de Serviço para Segmentos Básicos de Vias Expressas – HCM/6thEd (2016)

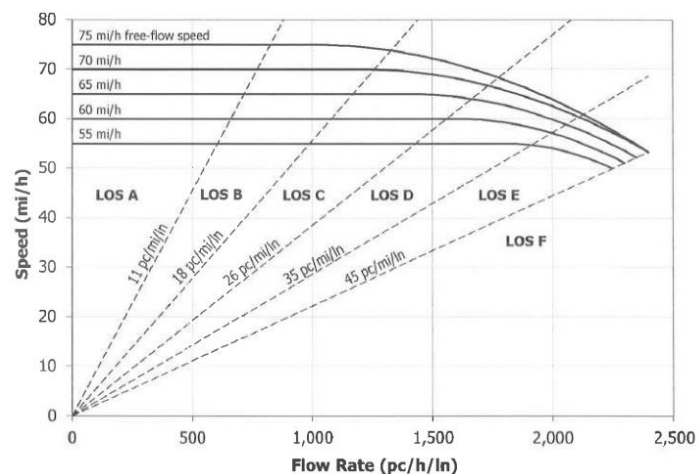
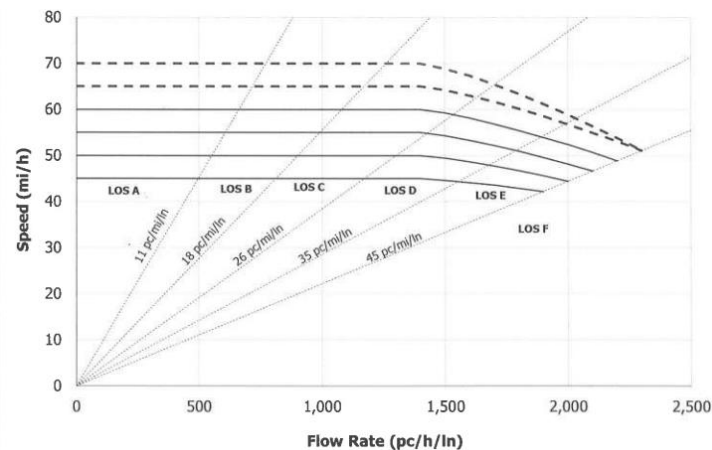


Figura 12-17. Níveis de Serviço para Segmentos Básicos de Vias Comuns de Múltiplas Faixas – HCM/6thEd (2016)



não considera restrições de geometria mas $\tilde{K} = \frac{\tilde{q}_T}{\tilde{V}}$ é função de VFL !

não apresenta tabelas de volumes e fluxos de serviço (obter das curvas de operação)
(os valores de velocidade e densidade dos gráficos são para condições básicas,
com autos apenas; devem ser transformados para tráfego misto).

podem ser expressos em valores diários considerando a composição horária e
em valores bidirecionais considerando a composição direcional

Figura 12-14. Exemplos de Nível de Serviço para Segmentos Básicos - HCM/6thEd (2016)



LOS A



LOS B



LOS C



LOS D



LOS E



LOS F

⇒ **Ajustes Adicionais:** atualmente recomendados (calibrados) apenas para vias expressas (em outros tipos de via o procedimento tem de ser usado com cautela e verificação ...)

. efeito de obras na pista: função da configuração viária e de obra:

$$\tilde{C}_{f_{wz}} = \frac{\tilde{q}_{f_{Dwz}}}{1 - \alpha_{wz}}, \alpha_{wz} \cong 13,4\% \text{ em obras (perda de capacidade com fila); e } CAF_{wz} = \frac{\tilde{C}_{f_{wz}}}{\tilde{C}_f}$$

fluxo de tráfego na livre dissipação de filas (*Free Queue Discharging*)

$$\tilde{q}_{f_{Dwz}} = 2093 - 154.LCSI - 194.f_{Br} - 179.f_{AT} + 30.d_{LAT} - 59.f_{DN}$$

$$\tilde{V}_{FLwz} = 15,9 + 53,4.f_{Sr} + 0,53.VL_{wz} - 8,96.LCSI - 6,14.f_{Br} - 2,7.f_{DN} - \tilde{\Delta}_{DRwz}; \text{ e } SAF_{wz} = \frac{\tilde{V}_{FLwz}}{\tilde{V}_{FL}}$$

onde LCSI é o índice de severidade da redução de faixas (**ver Tabela 10-15**)

f_{Br} é o indicador de tipo de barreira (0=concreto, rígido; =cone, tambor, etc)

f_{AT} é o indicador de tipo de área (0=urbana; 1=rural)

d_{LAT} (m) é a distância lateral das obras às barreiras, até 1,80m (f_{LAT} : 0-12ft)

f_{DN} é o indicador de período do dia (0=diurno; 1=noturno)

VL_{wz} : limite de velocidade com obras em km/h (SL_{wz} em mi/h)

f_{Sr} é a razão do limite de velocidade sem/com obras ($f_{Sr} = \frac{VL}{VL_{wz}} = \frac{SL}{SL_{wz}}$)

com $\tilde{\Delta}_{DRwz} = 8,7.TRD \text{ mi/h } (f_{RDwz})$ ou $\tilde{\Delta}_{DRwz} = 13,9.DRK \text{ km/h}$

TDR densidade de ramais/mi (DRK: densidade de ramais/km)

em 6mi (9,6km), 3mi (4,8km) em cada lado do ponto médio do trecho

reduções maiores que as previstas com o procedimento atual ocorrem em

- trechos com desobstrução lateral mínima (que limitam a condução dos veículos) ...

- trechos com significativa presença de veículos pesados em aclives acentuados ...

(especialmente quando o trecho reduz-se a uma faixa, com seguimento forçado)\

ajustes adicionais para trechos não básicos (**ver Figuras 25-7,8,10,11,12,13,14**)

TABELA 10-15. Índice de Severidade do Bloqueio de Faixas em Obras na Via – HCM/6thEd (2016)

No.Faixas Total Por Sentido	No.Faixas Abertas Por Sentido	OR (Proporção de Faixas Aberta)	LCSI (Índice de Severidade do Bloqueio de Faixas)
3	3	1,00	0,33
2	2	1,00	0,50
4	3	0,75	0,44
3	2	0,67	0,75
4	2	0,50	1,00
2	1	0,50	2,00
3	1	0,33	3,00
4	1	0,25	4,00

* LCSI=Lane Closure Severity Index $LCSI=1/(OR.NO)=1/(NT/NO^2)$; OR=Open Ratio (OR=NO/NT)

. efeito de clima (CAF, SAF: **Tabela 11-20,21**) e incidentes (CAF: **Tabela 11-23**)
 novos dados: Zegeer et al. (2014)- SHRP 2-S2-L08-RW1 (TRB, USA);
 também dados de incidência e ajuste de demanda (DAF); melhor dados locais ...

TABELA 11-20. Ajustes de Capacidade Genéricos para Condições de Clima – HCM/6thEd (2016)

Condição de Clima	Definição do Evento Climático	Fator de Ajuste de Capacidade (CAF)				
		V _{FL} =55 mi/h	V _{FL} =60 mi/h	V _{FL} =65 mi/h	V _{FL} =70 mi/h	V _{FL} =75 mi/h
Chuva Média	>0,10-0,25in/h (>2,5-6mm/h)	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90
Chuva Pesada	>0,25in/h (>6mm/h)	0,89	0,88	0,86	0,84	0,82
Neve Leve	>0,00-0,05in/h (>0-1,25mm/h)	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95
Neve Leve a Média	>0,05-0,10in/h (>1,25-2,5mm/h)	0,95	0,94	0,92	0,90	0,88
Neve Média a Pesada	>0,10-0,50in/h (>2,5-12,5mm/h)	0,93	0,91	0,90	0,88	0,87
Neve Pesada	>0,5in/h (>12,5mm/h)	0,80	0,78	0,76	0,74	0,72
Frio Severo	< -4°F (< - 20°C)	0,93	0,92	0,92	0,91	0,90
Baixa Visibilidade	0,50-0,99mi (0,8-<1,6km)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Muito Baixa Visibilidade	0,25-0,49mi (0,4-<0,8km)	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Mínima Visibilidade	<0,25mi (<0,4km)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Clima Não Severo	todas as demais condições	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

TABELA 11-21. Ajustes de Velocidade Genéricos para Condições de Clima – HCM/6thEd (2016)

Condição de Clima	Definição do Evento Climático	Fator de Ajuste de Velocidade (SAF)				
		V _{FL} =55 mi/h	V _{FL} =60 mi/h	V _{FL} =65 mi/h	V _{FL} =70 mi/h	V _{FL} =75 mi/h
Chuva Média	>0,10-0,25in/h (>2,5-6mm/h)	0,96	0,95	0,94	0,93	0,93
Chuva Pesada	>0,25in/h (>6mm/h)	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91
Neve Leve	>0,00-0,05in/h (>0-1,25mm/h)	0,94	0,92	0,89	0,87	0,84
Neve Leve a Média	>0,05-0,10in/h (>1,25-2,5mm/h)	0,92	0,90	0,88	0,86	0,83
Neve Média a Pesada	>0,10-0,50in/h (>2,5-12,5mm/h)	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
Neve Pesada	>0,5in/h (>12,5mm/h)	0,88	0,86	0,85	0,83	0,81
Frio Severo	< -4°F (< - 20°C)	0,95	0,95	0,94	0,93	0,92
Baixa Visibilidade	0,50-0,99mi (0,8-<1,6km)	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93
Muito Baixa Visibilidade	0,25-0,49mi (0,4-<0,8km)	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
Mínima Visibilidade	<0,25mi (<0,4km)	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
Clima Não Severo	todas as demais condições	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

TABELA 11-23. Ajustes de Capacidade Genéricos para Incidentes – HCM/6thEd (2016)

No.Faixas Por Sentido	Sem Incidente	Acostamento Bloqueado	1 Faixa Bloqueada	2 Faixas Bloqueadas	3 Faixas Bloqueadas	4 Faixas Bloqueadas
2	1,00	0,81	0,70	-	-	-
3	1,00	0,83	0,74	0,51	-	-
4	1,00	0,85	0,77	0,50	0,52	-
5	1,00	0,87	0,81	0,67	0,50	0,50
6	1,00	0,89	0,85	0,75	0,52	0,52
7	1,00	0,91	0,88	0,80	0,63	0,63
8	1,00	0,93	0,89	0,84	0,66	0,66

⇒ **Segmentos com Faixa de Uso Geral e Especial:** análise por grupo de faixas (cada tipo)

- faixas de uso especial: reservadas para uso especial (exemplo: alta ocupação, pedágio)
- faixas de uso geral: liberadas para todos e usadas no acesso às faixas de uso especial.

os dados sobre as faixas de uso especial são atualmente restritos a menores fluxos ...
(são normalmente projetadas para operar com níveis de fluxo menor)

dados específicos de capacidade são assumidos (em densidades menores que 45pc/mi/fx)
(ver Tabela 12-11, 12-30; ver Figura 12-29)

em geral, dois efeitos específicos devem ainda ser considerados:

- o efeito de fricção decorrente de altas densidades de tráfego nas faixas de uso geral adjacentes e possibilidade de mudança para as faixas de uso especial ...
- o efeito de entrelaçamento cruzado (*cross-weave*) no trecho afetado pelo acesso às faixas de uso especial a partir de ramais de acesso das faixas de uso geral ...

primeiro efeito ocorre em segmentos básicos (segundo em segmentos de entrelaçamento) apenas para a faixa de uso especial com acesso contínuo ou divisão em nível 1fx e se a densidade nas faixas de uso geral adjacentes supera 35pc/mi/fx (22veq/km/fx)

a curva de operação do grupo de faixa de uso especial (*managed lanes*) é ajustada para

$$\tilde{V}_{ML} = \begin{cases} \tilde{V}_1, & \text{se } \tilde{q}_{ML} \leq \tilde{q}_{BPMLa} \\ \tilde{V}_{1BP} - \Delta\tilde{V}_2 - I_c \cdot \Delta\tilde{V}_3, & \tilde{q}_{BPMLa} < \tilde{q}_f \leq \tilde{c}_{MLa} \end{cases}$$

onde $\tilde{V}_1 = \tilde{V}_{FLa} - A_1 \cdot \min\{\tilde{q}_{ML}; \tilde{q}_{BPMLa}\}$ (porção linear da curva de operação)

$$\tilde{V}_{1BP} = \tilde{V}_{FLa} - A_1 \cdot \tilde{q}_{BPMLa} \quad (\text{V limite na porção linear da curva de operação})$$

$$\tilde{q}_{BPMLa} = (\tilde{q}_{BP75} + \lambda_{BP} \cdot (75 - \tilde{V}_{FLa})) \text{CAF}^2 = (\tilde{q}_{BP75} + \lambda_{BPK} \cdot (120 - \tilde{V}_{FLa})) \text{CAF}^2$$

$$\tilde{c}_{MLa} = (\tilde{c}_{f75} - \lambda_c \cdot (75 - \tilde{V}_{FLa})) \text{CAF} = (\tilde{c}_{f75} - \lambda_{cK} \cdot (120 - \tilde{V}_{FLa})) \text{CAF}$$

$$\Delta\tilde{V}_2 = (\tilde{V}_{1BP} - \tilde{V}_{cnf}) \left(\frac{\tilde{q}_{ML} - q_{BLMFa}}{\tilde{c}_{ML} - q_{BLMFa}} \right)^{A_2}, \quad \Delta\tilde{V}_3 = (\tilde{V}_{cnf} - \tilde{V}_{cf}) \left(\frac{\tilde{q}_{ML} - q_{BLMFa}}{\tilde{c}_{ML} - q_{BLMFa}} \right)^{A_3}$$

$$A_2 = A_2^{55} + \lambda_{A2} \cdot (\tilde{V}_{FLa} - 55) = A_2^{55} + \lambda_{A2K} \cdot (\tilde{V}_{FLa} - 88) \text{ e } A_3 = 2$$

$$\tilde{V}_{cnf} = \frac{\tilde{c}_{ML}}{\tilde{K}_c^{nf}}, \tilde{V}_{cf} = \frac{\tilde{c}_{ML}}{\tilde{K}_c^f} \text{ em mi/h ou } \tilde{V}_{cnf} = \frac{\tilde{c}_{ML}}{\tilde{K}_{cK}^{nf}}, \tilde{V}_{cf} = \frac{\tilde{c}_{ML}}{\tilde{K}_{cK}^f} \text{ em km/h}$$

$I_c = 1$ se $\tilde{K}_{cK} > 35\text{pc} / \text{mi} / \text{fx} = 22\text{veq} / \text{km} / \text{fx}$ apenas para faixas especiais
com acesso contínuo ou divisão em nível 1fx (senão $I_c = 0$)

$$\text{com } \lambda_{BPK} = \frac{\lambda_{BP}}{1,6}, \lambda_{cK} = \frac{\lambda_c}{1,6}, \lambda_{A2K} = \frac{\lambda_{A2}}{1,6}, \tilde{K}_{cK}^{nf} = \frac{\tilde{K}_c^{nf}}{1,6}, \tilde{K}_{cK}^f = \frac{\tilde{K}_c^f}{1,6} \quad (\text{ver Tabela 12-30})$$

recomendações consideram somente faixas de uso especial em vias expressas ...

após a análise inicial dos segmentos básicos das faixas de uso geral e especial ...
aplicando o procedimento tradicional (e posteriormente a composição de tráfego)

FIGURA 12-29. Forma Geral da Curva de Operação para Faixas de Uso Especial (*Managed Lanes*) em Segmentos Básicos de Vias Expressas – HCM/6thEd (2016)

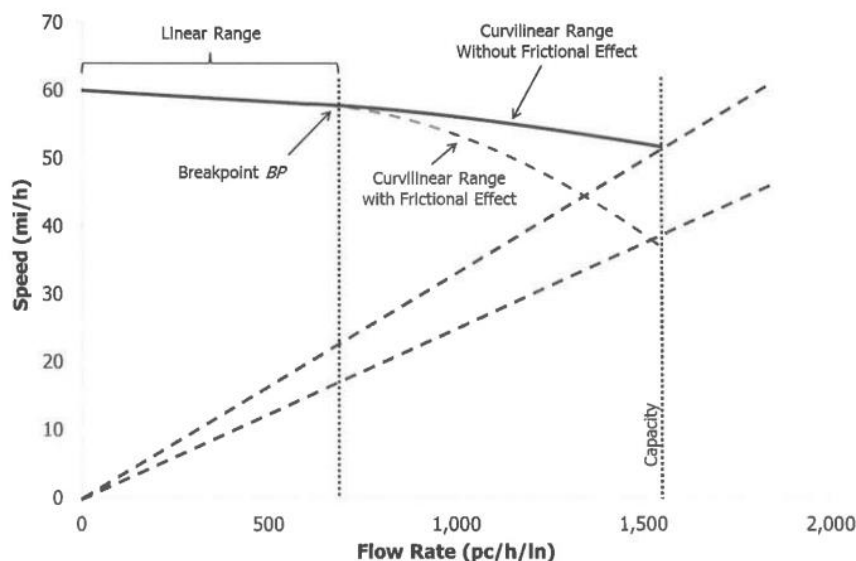


TABELA 12-11. Capacidades (Estimadas) para Faixas de Uso Especial (*Managed Lanes*) em Segmentos Básicos – HCM/6thEd (2016)

Velocidade de Fluxo Livre (do...)	Capacidade por Faixa Estimada (veq/h/fx) para Faixas Básicas de Uso Especial (<i>Managed Lanes</i>)				
	Acesso Contínuo	Divisão em Nível 1fx	Divisão em Nível 2+fx	Divisão por Barreira 1fx	Divisão por Barreira 2+fx
75 mi/h (120 km/h)	1800veq/h/fxe	1700veq/h/fxe	1850veq/h/fxe	1750veq/h/fxe	2100veq/h/fxe
70 mi/h (112 km/h)	1750veq/h/fxe	1650veq/h/fxe	1800veq/h/fxe	1700veq/h/fxe	2050veq/h/fxe
65 mi/h (104 km/h)	1700veq/h/fxe	1600veq/h/fxe	1750veq/h/fxe	1650veq/h/fxe	2000veq/h/fxe
60 mi/h (96 km/h)	1650veq/h/fxe	1550veq/h/fxe	1700veq/h/fxe	1600veq/h/fxe	1950veq/h/fxe
55 mi/h (88 km/h)	1600veq/h/fxe	1500veq/h/fxe	1650veq/h/fxe	1550veq/h/fxe	1900veq/h/fxe

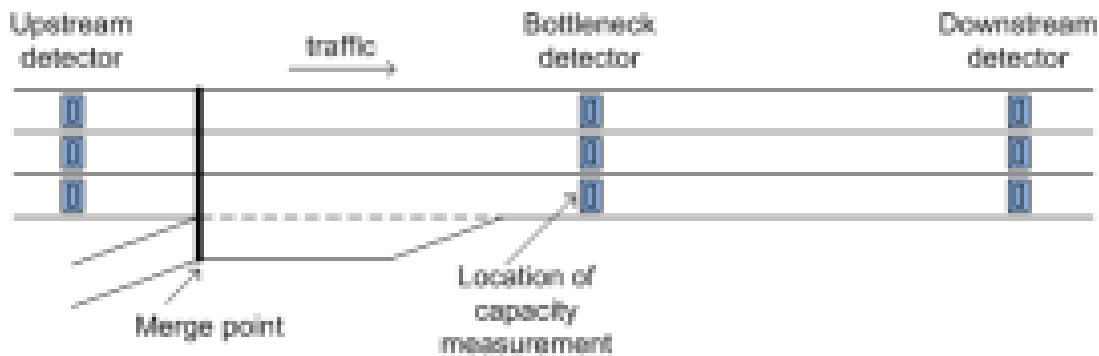
TABELA 12-30. Parâmetros para Análise de Faixas de Uso Especial (*Managed Lanes*) em Segmentos Básicos – HCM/6thEd (2016)

Tipo de Segmento	$\tilde{q}_{BP75}$ (veq/h/fx)	λ_{BP} (/mph)	$\tilde{c}_{f75}$ (veq/h/fx)	λ_c (/mph)	A_1 (/mph)	A_2^{55} (/mph)	λ_{A2} (/mph)	$\tilde{K}_c^{nf}$ (pc/mi/fx)	$\tilde{K}_c^f$ (pc/mi/fx)
Acesso Contínuo	500	0	1800	10	0	2.5	0	30	45
Divisão em Nível 1fx	600	0	1700	10	0,0033	1,4	0	30	42*
Divisão em Nível 2+fx	500	10	1850	10	0	1,5	0,02	45*	-
Divisão por Barreira 1fx	800	0	1750	10	0,004	1,4	0	35	-
Divisão por Barreira 2+fx	700	20	2100	10	0	1,3	0,02	45	-

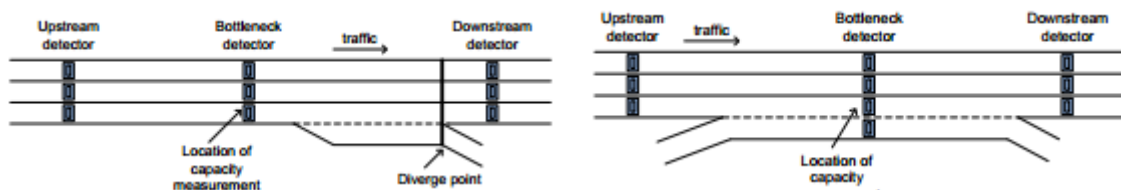
* Densidades médias observadas no estudo NCHRP 03-96, variando de 40,9 a 42,5pc/mi/fx (25,6 a 26,6veq/km/fx) para segmento tipo Divisão em Nível 1fx e de 40,1 a 50,5 pc/mi/fx (25,1 a 31,6veq/km/fx) para segmento tipo Divisão em Nível 2+fxs.

⇒ **Medição da Capacidade em Campo:** primeira vez em que um procedimento é definido !

- primeira versão que recomenda um método de medição de capacidade !
(ainda que na parte suplementar ...)
- adota e modifica os métodos recentes baseados em conceito estocástico de capacidade:
 - . distingue claramente o conceito de capacidade do fluxo na dissipação de filas;
 - . distingue claramente a situação de livre dissipação de filas (sem restrição adiante)
 - . define colapso do tráfego (*traffic breakdown*) pela queda abrupta na velocidade de operação (média em 15min) para um valor mais de 25% abaixo de V_{FL}
 - . define recuperação do tráfego (*traffic recovery*) pela volta às velocidades anteriores
 - . toma o fluxo máximo antes do colapso do tráfego como indicador da capacidade ...
 - . toma o fluxo máximo após o colapso do tráfego como fluxo de escoamento da fila (sem restrição adiante, o fluxo de escoamento é o fluxo livre de dissipação da fila ...)
 - . aceita o fenômeno das duas capacidades: perda de 2a20% (valor default: 7%)
- procedimento de medição mais adaptado ao uso de dados de detectores de tráfego:



Source: Eleftheriou, Kondyli, and St. George (4).



- . linhas de detectores: 3 (um no gargalo potencial; distância menor que 0,5mi);
 - . capacidade: fluxo máximo (15min) com probabilidade de colapso menor que $\lambda\%$
 - . procedimento deve registrar fluxos de 15min e existência de colapso no tráfego; (usa medição da seção que corresponde ao gargalo potencial; usual: seção anterior)
 - . na condição considerada, deve-se agrupar os dados em faixas de 100a200v/h/fx;
 - . em cada faixa: contar no. períodos sem colapso; no. períodos seguido por colapso;
 - . em cada faixa: probabilidade de colapso $p_B = n_B/n_T$ (n_B são os seguidos por colapso)
 - . recomenda ajustar os dados a uma distribuição de Weibull $W[\beta, \gamma]$ e adotar $\lambda = 15\%$
 - . com parametrização usual: $c_\lambda = \beta \cdot (-\ln[1 - \lambda])^{1/\gamma} = \beta(0,163)^{1/\gamma}$, $p / \lambda = 15\%$, $C_{ref} = \beta \dots$
 - . alternativa não-paramétrica: c_λ em $F[c_k] = 1 - (1 - F[c_{k-1}]) \left(1 - \frac{n_{Bk}}{n_{Tk}}\right)$ (Kaplan-Meyer)
- (deve haver um número suficientemente grande de colapsos de tráfego nos dados).

- ⇒ **Fator Equivalente para VP:** tradicionais (semelhantes ao HCM/85,97 e 2000,2010)
 mas voltando ao critério de capacidade e com modelo alternativo para tráfego misto
 presença de veículos pesados: duas categorias de veículos ou relação peso/potência
 . SU: unitários (até 2 ou 3 eixos, inclui recreacionais, ônibus); 100 lb/hp (60kg/kw)
 . TT: articulados (reboque/semi-reboque, inclui mais de 2 ou 3 eixos); 150 lb/hp (90kg/kw)
 efeito decorrente da maior dimensão e da menor velocidade dos VP
 ⇒ função do greide (ative ou declive), da porcentagem de VP e da composição SU/TT ...

Trechos específicos: ⇒ i entre 2% e 3% com $L > 0,5\text{km}$
 ou $i > 3\%$ e $L > 0,25\text{km}$ (inconsistente no HCM/2010)
 (para análise de trecho isolado ou sequência de trechos específicos)
 novos equivalentes (de capacidade, $e_A = 1$, sempre, padrão=auto), função de:
 . rampa i (ative, >0 , ou declive, <0), da extensão L do trecho
 (extensão deve incluir 25% da curva vertical no começo e final da rampa, ou 50%
 em cada trecho, no caso de uma sequência de rampas ascendentes)
 . composição unitários(SU)/articulados(TT) e sua relação peso/potência típica
 (veículos recreacionais agora devem ser considerados na classe SU)
 trechos simples: valores tabelados para rampa ascendente e descendente
 corresponderia ao topo da rampa (pode analisar ponto intermediário)
(ver Tabela 12-26,27,28)
 para rampas moderadas e proporções normais de tráfego pesado ...
 (rampas fortes mais tráfego pesado: preferir **análise com modelo de tráfego misto**)
 trechos compostos: não usa perda de velocidade ⇒ rampa equivalente (tradicional)
 (para sequência de rampas recomenda: **análise com modelo de tráfego misto !**)
 antes: aplicação em função dos valores relativos das rampas
 HCM/2010: usar rampa média ponderada ($\Delta h/L$) se extensão total $L < 4000\text{ft}$ (1,2km)
 e todos os segmentos $i < 4\%$ (senão usar rampa equivalente, =perda de velocidade)
 ⇒ alternativa: é sempre possível fazer a análise com a perda de velocidade medida !
 critério: obter rampa equivalente em ative simples, =perda de velocidade !

Trechos genéricos: ⇒ trechos extensos com rampas curtas e pequenas

equivalente função do tipo de terreno: nivelado (mesma velocidade de leves e pesados)
 ($e_A = 1$, sempre) ondulado (pesados com velocidade menor mas não de arrasto)
 montanhoso (pesados com velocidade de arrasto) não é analisado genericamente
(ver Tabela 12-25)

**TABELA 12-25. Fator Equivalente Genéricos Veículos Pesados (Caminhões e Ônibus)
 em Active Específico de Vias Expressas e de Múltiplas Faixas - HCM/6thEd**

FATOR EQUIVALENTE PARA SEGMENTOS GENÉRICOS	TIPO DE TERRENO		
	Nivelado	Ondulado	Montanhoso
e_c para veículos pesados	2,0	3,0	-

**TABELA 12-26,27,28. Fator Equivalente para Veículos Pesados (Caminhões e Ônibus)
em Active Específico de Vias Expressas e de Múltiplas Faixas - HCM/6thEd (2016)**

active de rampa (%)	Comprimento	$e_{VP} (e_{HV})^*$								
	%v. pesados HV	2	4	5	6	8	10	15	20	≥25
	%combinados TT	30/50/70	30/50/70	30/50/70	30/50/70	30/50/70	30/50/70	30/50/70	30/50/70	30/50/70
-2	0,125mi (0,2km)	2,62 / 2,67 / 2,39	2,37 / 2,38 / 2,18	2,30 / 2,31 / 2,12	2,24 / 2,25 / 2,07	2,17 / 2,16 / 2,01	2,12 / 2,11 / 1,96	2,04 / 2,02 / 1,89	1,99 / 1,97 / 1,85	1,97 / 1,93 / 1,83
	0,375mi (0,6km)	2,62 / 2,67 / 2,39	2,37 / 2,38 / 2,18	2,30 / 2,31 / 2,12	2,24 / 2,25 / 2,07	2,17 / 2,16 / 2,01	2,12 / 2,11 / 1,96	2,04 / 2,02 / 1,89	1,99 / 1,97 / 1,85	1,97 / 1,93 / 1,83
	0,625mi (1,0km)	2,62 / 2,67 / 2,39	2,37 / 2,38 / 2,18	2,30 / 2,31 / 2,12	2,24 / 2,25 / 2,07	2,17 / 2,16 / 2,01	2,12 / 2,11 / 1,96	2,04 / 2,02 / 1,89	1,99 / 1,97 / 1,85	1,97 / 1,93 / 1,83
	0,875mi (1,4km)	2,62 / 2,67 / 2,39	2,37 / 2,38 / 2,18	2,30 / 2,31 / 2,12	2,24 / 2,25 / 2,07	2,17 / 2,16 / 2,01	2,12 / 2,11 / 1,96	2,04 / 2,02 / 1,89	1,99 / 1,97 / 1,85	1,97 / 1,93 / 1,83
	1,25mi (2,0km)	2,62 / 2,67 / 2,39	2,37 / 2,38 / 2,18	2,30 / 2,31 / 2,12	2,24 / 2,25 / 2,07	2,17 / 2,16 / 2,01	2,12 / 2,11 / 1,96	2,04 / 2,02 / 1,89	1,99 / 1,97 / 1,85	1,97 / 1,93 / 1,83
	1,50mi (2,4km)	2,62 / 2,67 / 2,39	2,37 / 2,38 / 2,18	2,30 / 2,31 / 2,12	2,24 / 2,25 / 2,07	2,17 / 2,16 / 2,01	2,12 / 2,11 / 1,96	2,04 / 2,02 / 1,89	1,99 / 1,97 / 1,85	1,97 / 1,93 / 1,83
0	0,125mi (0,2km)	2,62 / 2,67 / 2,39	2,37 / 2,38 / 2,18	2,30 / 2,31 / 2,12	2,24 / 2,25 / 2,07	2,17 / 2,16 / 2,01	2,12 / 2,11 / 1,96	2,04 / 2,02 / 1,89	1,99 / 1,97 / 1,85	1,97 / 1,93 / 1,83
	0,375mi (0,6km)	2,62 / 2,67 / 2,39	2,37 / 2,38 / 2,18	2,30 / 2,31 / 2,12	2,24 / 2,25 / 2,07	2,17 / 2,16 / 2,01	2,12 / 2,11 / 1,96	2,04 / 2,02 / 1,89	1,99 / 1,97 / 1,85	1,97 / 1,93 / 1,83
	0,625mi (1,0km)	2,62 / 2,67 / 2,39	2,37 / 2,38 / 2,18	2,30 / 2,31 / 2,12	2,24 / 2,25 / 2,07	2,17 / 2,16 / 2,01	2,12 / 2,11 / 1,96	2,04 / 2,02 / 1,89	1,99 / 1,97 / 1,85	1,97 / 1,93 / 1,83
	0,875mi (1,4km)	2,62 / 2,67 / 2,39	2,37 / 2,38 / 2,18	2,30 / 2,31 / 2,12	2,24 / 2,25 / 2,07	2,17 / 2,16 / 2,01	2,12 / 2,11 / 1,96	2,04 / 2,02 / 1,89	1,99 / 1,97 / 1,85	1,97 / 1,93 / 1,83
	1,25mi (2,0km)	2,62 / 2,67 / 2,39	2,37 / 2,38 / 2,18	2,30 / 2,31 / 2,12	2,24 / 2,25 / 2,07	2,17 / 2,16 / 2,01	2,12 / 2,11 / 1,96	2,04 / 2,02 / 1,89	1,99 / 1,97 / 1,85	1,97 / 1,93 / 1,83
	1,50mi (2,4km)	2,62 / 2,67 / 2,39	2,37 / 2,38 / 2,18	2,30 / 2,31 / 2,12	2,24 / 2,25 / 2,07	2,17 / 2,16 / 2,01	2,12 / 2,11 / 1,96	2,04 / 2,02 / 1,89	1,99 / 1,97 / 1,85	1,97 / 1,93 / 1,83
2	0,125mi (0,2km)	2,62 / 2,67 / 2,67	2,37 / 2,38 / 2,32	2,30 / 2,31 / 2,23	2,24 / 2,25 / 2,17	2,17 / 2,16 / 2,08	2,12 / 2,11 / 2,03	2,04 / 2,02 / 1,94	1,99 / 1,97 / 1,89	1,97 / 1,93 / 1,86
	0,375mi (0,6km)	3,76 / 3,76 / 3,63	2,96 / 2,95 / 2,82	2,78 / 2,77 / 2,64	2,65 / 2,64 / 2,52	2,48 / 2,47 / 2,35	2,38 / 2,36 / 2,25	2,22 / 2,20 / 2,10	2,14 / 2,11 / 2,02	2,09 / 2,06 / 1,97
	0,625mi (1,0km)	4,47 / 4,32 / 4,12	3,33 / 3,24 / 3,08	3,08 / 3,01 / 2,85	2,91 / 2,84 / 2,69	2,68 / 2,63 / 2,49	2,54 / 2,49 / 2,36	2,34 / 2,29 / 2,18	2,23 / 2,19 / 2,08	2,17 / 2,12 / 2,02
	0,875mi (1,4km)	4,80 / 4,57 / 4,37	3,50 / 3,37 / 3,21	3,22 / 3,11 / 2,96	3,03 / 2,93 / 2,78	2,77 / 2,70 / 2,56	2,61 / 2,55 / 2,42	2,39 / 2,33 / 2,22	2,28 / 2,22 / 2,11	2,21 / 2,15 / 2,05
	1,25mi (2,0km)	5,00 / 4,71 / 4,53	3,60 / 3,45 / 3,29	3,30 / 3,17 / 3,02	3,09 / 2,99 / 2,84	2,83 / 2,74 / 2,60	2,66 / 2,58 / 2,45	2,42 / 2,36 / 2,24	2,30 / 2,24 / 2,13	2,23 / 2,17 / 2,07
	1,50mi (2,4km)	5,04 / 4,74 / 4,58	3,62 / 3,47 / 3,31	3,32 / 3,19 / 3,04	3,11 / 3,00 / 2,86	2,84 / 2,75 / 2,61	2,67 / 2,59 / 2,46	2,43 / 2,36 / 2,25	2,31 / 2,24 / 2,14	2,23 / 2,17 / 2,07
2,5	0,125mi (0,2km)	2,62 / 2,67 / 2,75	2,37 / 2,38 / 2,36	2,30 / 2,31 / 2,27	2,24 / 2,25 / 2,20	2,17 / 2,16 / 2,11	2,12 / 2,11 / 2,04	2,04 / 2,02 / 1,95	1,99 / 1,97 / 1,90	1,97 / 1,93 / 1,87
	0,375mi (0,6km)	4,11 / 4,10 / 4,01	3,14 / 3,13 / 3,02	2,93 / 2,92 / 2,80	2,78 / 2,77 / 2,65	2,58 / 2,57 / 2,46	2,46 / 2,44 / 2,33	2,28 / 2,26 / 2,16	2,19 / 2,16 / 2,06	2,13 / 2,10 / 2,01
	0,625mi (1,0km)	5,04 / 4,84 / 4,66	3,62 / 3,52 / 3,35	3,32 / 3,23 / 3,08	3,11 / 3,03 / 2,88	2,84 / 2,77 / 2,64	2,67 / 2,61 / 2,48	2,43 / 2,38 / 2,26	2,31 / 2,26 / 2,15	2,23 / 2,18 / 2,08
	0,875mi (1,4km)	5,48 / 5,17 / 4,99	3,85 / 3,69 / 3,52	3,51 / 3,37 / 3,21	3,27 / 3,15 / 3,00	2,96 / 2,87 / 2,73	2,77 / 2,69 / 2,56	2,50 / 2,43 / 2,32	2,36 / 2,30 / 2,19	2,28 / 2,22 / 2,12
	1,25mi (2,0km)	5,73 / 5,36 / 5,20	3,98 / 3,79 / 3,64	3,61 / 3,45 / 3,30	3,36 / 3,22 / 3,08	3,03 / 2,92 / 2,79	2,83 / 2,73 / 2,60	2,54 / 2,47 / 2,35	2,40 / 2,33 / 2,22	2,31 / 2,24 / 2,14
	1,50mi (2,4km)	5,80 / 5,40 / 5,26	4,02 / 3,81 / 3,67	3,64 / 3,47 / 3,33	3,38 / 3,24 / 3,10	3,05 / 2,93 / 2,80	2,84 / 2,74 / 2,62	2,55 / 2,47 / 2,36	2,41 / 2,33 / 2,23	2,32 / 2,25 / 2,15
3,5	0,125mi (0,2km)	2,62 / 2,67 / 2,93	2,37 / 2,38 / 2,45	2,30 / 2,31 / 2,34	2,24 / 2,25 / 2,26	2,17 / 2,16 / 2,16	2,12 / 2,11 / 2,09	2,04 / 2,02 / 1,98	1,99 / 1,97 / 1,92	1,97 / 1,93 / 1,89
	0,375mi (0,6km)	4,88 / 4,89 / 4,86	3,54 / 3,54 / 3,46	3,25 / 3,25 / 3,16	3,05 / 3,05 / 2,96	2,80 / 2,79 / 2,69	2,63 / 2,62 / 2,53	2,41 / 2,39 / 2,30	2,29 / 2,26 / 2,18	2,22 / 2,19 / 2,10
	0,625mi (1,0km)	6,34 / 6,05 / 5,88	4,30 / 4,15 / 3,99	3,87 / 3,75 / 3,59	3,58 / 3,47 / 3,32	3,20 / 3,11 / 2,98	2,97 / 2,89 / 2,76	2,64 / 2,58 / 2,46	2,48 / 2,42 / 2,31	2,38 / 2,32 / 2,22
	0,875mi (1,4km)	7,03 / 6,58 / 6,40	4,66 / 4,43 / 4,26	4,16 / 3,97 / 3,81	3,83 / 3,66 / 3,51	3,39 / 3,26 / 3,12	3,12 / 3,01 / 2,88	2,76 / 2,67 / 2,55	2,57 / 2,49 / 2,38	2,46 / 2,39 / 2,28
	1,25mi (2,0km)	7,44 / 6,88 / 6,74	4,87 / 4,58 / 4,43	4,33 / 4,10 / 3,96	3,97 / 3,77 / 3,63	3,50 / 3,35 / 3,21	3,22 / 3,09 / 2,96	2,82 / 2,72 / 2,60	2,62 / 2,53 / 2,42	2,50 / 2,42 / 2,32
	1,50mi (2,4km)	7,53 / 6,95 / 6,83	4,92 / 4,62 / 4,48	4,38 / 4,13 / 3,99	4,01 / 3,80 / 3,66	3,53 / 3,37 / 3,24	3,24 / 3,10 / 2,98	2,84 / 2,73 / 2,62	2,63 / 2,54 / 2,44	2,51 / 2,43 / 2,33
4,5	0,125mi (0,2km)	2,62 / 2,67 / 3,13	2,37 / 2,38 / 2,56	2,30 / 2,31 / 2,43	2,24 / 2,25 / 2,34	2,17 / 2,16 / 2,21	2,12 / 2,11 / 2,13	2,04 / 2,02 / 2,01	1,99 / 1,97 / 1,95	1,97 / 1,93 / 1,91
	0,375mi (0,6km)	5,80 / 5,83 / 5,88	4,02 / 4,03 / 3,99	3,64 / 3,65 / 3,59	3,38 / 3,39 / 3,32	3,05 / 3,05 / 2,98	2,84 / 2,84 / 2,76	2,55 / 2,55 / 2,46	2,41 / 2,39 / 2,31	2,32 / 2,30 / 2,22
	0,625mi (1,0km)	7,90 / 7,53 / 7,35	5,11 / 4,92 / 4,75	4,53 / 4,38 / 4,22	4,14 / 4,01 / 3,85	3,63 / 3,53 / 3,39	3,32 / 3,24 / 3,10	2,90 / 2,83 / 2,71	2,68 / 2,62 / 2,51	2,55 / 2,50 / 2,39
	0,875mi (1,4km)	8,91 / 8,32 / 8,11	5,64 / 5,34 / 5,15	4,96 / 4,72 / 4,54	4,50 / 4,29 / 4,13	3,92 / 3,75 / 3,60	3,56 / 3,42 / 3,27	3,07 / 2,97 / 2,83	2,82 / 2,73 / 2,61	2,67 / 2,59 / 2,47
	1,00mi (1,6km)	9,19 / 8,53 / 8,33	5,78 / 5,45 / 5,27	5,08 / 4,81 / 4,63	4,60 / 4,37 / 4,21	3,99 / 3,81 / 3,66	3,62 / 3,47 / 3,33	3,11 / 3,00 / 2,87	2,85 / 2,76 / 2,64	2,70 / 2,62 / 2,50
5,5	0,125mi (0,2km)	2,62 / 2,67 / 3,37	2,37 / 2,38 / 2,69	2,30 / 2,31 / 2,53	2,24 / 2,25 / 2,42	2,17 / 2,16 / 2,28	2,12 / 2,11 / 2,19	2,04 / 2,02 / 2,05	1,99 / 1,97 / 1,98	1,97 / 1,93 / 1,94
	0,375mi (0,6km)	6,87 / 6,97 / 7,09	4,58 / 4,63 / 4,62	4,10 / 4,14 / 4,11	3,77 / 3,81 / 3,76	3,35 / 3,38 / 3,31	3,09 / 3,11 / 3,04	2,73 / 2,74 / 2,66	2,55 / 2,55 / 2,47	2,44 / 2,43 / 2,36
	0,625mi (1,0km)	9,78 / 9,37 / 9,13	6,09 / 5,89 / 5,68	5,33 / 5,16 / 4,97	4,82 / 4,68 / 4,49	4,16 / 4,05 / 3,88	3,76 / 3,67 / 3,51	3,21 / 3,14 / 3,00	2,93 / 2,88 / 2,74	2,77 / 2,72 / 2,59
	0,875mi (1,4km)	11,20 / 10,49 / 10,21	6,83 / 6,48 / 6,24	5,94 / 5,65 / 5,43	5,33 / 5,09 / 4,88	4,56 / 4,37 / 4,18	4,09 / 3,93 / 3,76	3,45 / 3,34 / 3,18	3,12 / 3,03 / 2,89	2,93 / 2,85 / 2,71
	1,00mi (1,6km)	11,60 / 10,80 / 10,52	7,04 / 6,64 / 6,41	6,11 / 5,78 / 5,57	5,47 / 5,20 / 5,00	4,67 / 4,46 / 4,27	4,18 / 4,01 / 3,83	3,51 / 3,39 / 3,24	3,17 / 3,08 / 2,93	2,97 / 2,89 / 2,75
6	0,125mi (0,2km)	2,62 / 2,67 / 3,51	2,37 / 2,38 / 2,76	2,30 / 2,31 / 2,59	2,24 / 2,25 / 2,74	2,17 / 2,16 / 2,32	2,12 / 2,11 / 2,22	2,04 / 2,02 / 2,08	1,99 / 1,97 / 2,00	1,97 / 1,93 / 1,95
	0,375mi (0,6km)	7,58 / 7,64 / 7,78	4,90 / 4,98 / 4,98	4,36 / 4,43 / 4,40	3,99 / 4,05 / 4,01	3,52 / 3,56 / 3,51	3,23 / 3,26 / 3,20	2,83 / 2,85 / 2,78	2,63 / 2,64 / 2,56	2,51 / 2,51 / 2,44
	0,625mi (1,0km)	10,87 / 10,45 / 10,17	6,66 / 6,45 / 6,23	5,79 / 5,63 / 5,42	5,21 / 5,07 / 4,87	4,46 / 4,36 / 4,17	4,01 / 3,92 / 3,75	3,39 / 3,33 / 3,18	3,08 / 3,03 / 2,88	2,89 / 2,85 / 2,71
	0,875mi (1,4km)	12,54 / 11,78 / 11,43	7,54 / 7,16 / 6,88	6,51 / 6,20 / 5,95	5,81 / 5,56 / 5,32	4,94 / 4,74 / 4,53	4,40 / 4,24 / 4,04	3,67 / 3,56 / 3,39	3,30 / 3,22 / 3,06	3,08 / 3,01 / 2,86
	1,00mi (1,6km)	13,20 / 12,15 / 11,81	7,78 / 7,35 / 7,08	6,71 / 6,36 / 6,11	5,99 / 5,69 / 5,46	5,07 / 4,85 / 4,64	4,51 / 4,33 / 4,13	3,75 / 3,62 / 3,45	3,37 / 3,27 / 3,11	3,14 / 3,05 / 2,90

Obs: HV=veículos pesados (inclui ônibus e veículos recreacionais), HV=SU+TT; SU:unitários (100lb/hp, até 20u3 eixos); TT:combinados (150lb/hp, mais de 20u3 eixos, reboques e semi-reboques).
Interpolação lagrangeana: $e_{vp}=e_{30}.(\%p-50).(\%p-70)/800+e_{50}.(\%p-30).(\%p-70)/400+e_{70}.(\%p-30).(\%p-50)/800$ e (em especial: $e_{su}=4,375.e_{30}-5,250.e_{50}+1,875.e_{70}$ e $e_{tt}=1,875.e_{30}-5,250.e_{50}+4,375.e_{70}$).

Alternativa: modelo de tráfego misto (!!), com $\hat{c}_r = \tilde{c}_f \cdot CAF_{mix}$ e $\hat{V}_{FL} = \tilde{V}_{FL} \cdot SAF_{mix}$, onde

$$\hat{q}_f = \frac{VH}{N.FHP} \text{ em v/h.fx (fluxo=demanda por faixa, em fluxo misto),}$$

FHP = fator de hora-pico (usual 0,85 a 0,95), N = numero de faixas (por sentido)

$$CAF_{mix} = CAF_{ao} - CAF_{Tmix} - CAF_{gmix} \text{ e } SAF_{mix} = \frac{\hat{V}_{FLmix}}{\tilde{V}_{FL}} \text{ com } \tilde{V}_{FL} = \tilde{FFS} \text{ (sem ajuste)}$$

onde $CAF_{ao} = 1,0$ ou ajuste pelo clima, incidentes ou obras na via (para autos);

$$CAF_{Tmix} = 0,53.P_{HV}^{0,73}, \text{ com } P_{HV} \text{ é a proporção de pesados (de SUs e TTs)}$$

$$CAF_{gmix} = \rho_{gmin} \cdot \max\{0; 0,69.(e^{12,9.i_g} - 1)\} \cdot \max\{0; 1,72.(1 - 1,71.e^{-1,964.L[km]})\}, \text{ onde}$$

$$\rho_{gmin} = \begin{cases} 8.P_{HV}, & \text{se } P_{HV} < 0,01 \\ 0,126 - 0,03.P_{HV}, & \text{c.c.} \end{cases}, \text{ } i_g \text{ é o aclave (m/m), } L[km] \text{ é a extensão do aclave}$$

$$\text{implícito: } e_{VP} = \frac{\tilde{c}_{fao} - (1 - p_{VP})\hat{c}_f}{P_{VP} \cdot \hat{c}_f} \text{ em } \hat{c}_f = \tilde{c}_f \cdot CAF_{mix} = \tilde{c}_{fao} \cdot f_{VP} = \frac{\tilde{c}_{fao}}{P_A \cdot e_A + P_{VP} \cdot e_{VP}} \text{ e } \tilde{c}_{fao} = \tilde{c}_f \cdot CAF_{ao}$$

curva de operação: dados iniciais são as curvas de tempo de viagem $t_{vi} = f_i [L]$, $i=SU, TT$ ou $t_{vi} = f_i [d_M] + \delta_{dM} \cdot (L - d_M)$ se $L > d_M = 10000ft$ (3km) (**Tabelas 26-7,8**) ou $V = V_M$ ($\delta_{dM} = 1/V_M$)

$$SU: \tau_{SU,k} = \frac{t_{VSU}}{L} = \tau_{SU0}, \tau_{SU} = \tau_{SU,k} + \Delta\tau_I = \frac{1}{V_{SU}}; TT: \tau_{TT,k} = \frac{t_{VTT}}{L} = \tau_{TT0}, \tau_{TT} = \tau_{TT,k} + \Delta\tau_I = \frac{1}{V_{TT}}$$

$$\text{auto: } \tau_{a,k} = \frac{1}{\tilde{V}_{FL}} = \tau_{a0}, \tau_a = \tau_{a,k} + \Delta\tau_I + \sum_i \delta_i, \delta_i = \frac{\delta_{0i}}{1,6} \cdot \left(\frac{\hat{q}_f}{1000}\right)^{b_i} \cdot (P_i)^{c_i} \cdot \left(\frac{1,6}{100} \cdot \max\left\{0; \tau_{i,k} - \frac{1}{\tilde{V}_{FL}}\right\}\right)^{d_i}$$

$$(\delta_{0SU} = 100,42; b_{SU} = 0,46; c_{SU} = 0,68; d_{SU} = 2,76; \delta_{0TT} = 110,64; b_{TT} = 1,36; c_{TT} = 0,62; d_{TT} = 1,81)$$

$$\text{onde } \Delta\tau_I = \left(\frac{1}{\tilde{V}_{ao}} - \frac{1}{\tilde{V}_{FL}}\right) \cdot \left(1 + 3 \cdot \left(\frac{1}{CAF_{mix}} - 1\right)\right) \text{ e } \tilde{V}_{ao} \text{ é obtida com } \tilde{q}_f = \frac{\hat{q}_f}{CAF_{mix}} \text{ para autos}$$

$$\text{com } \hat{V}_{mix} = \frac{1}{\tau_{mix}} \text{ e } \bar{\tau}_{mix} = p_a \cdot \tau_a + p_{SU} \cdot \tau_{SU} + p_{TT} \cdot \tau_{TT} \text{ (equivalente à média harmônica de } V = \frac{1}{\tau} \text{)}$$

$$\hat{V}_{FLmix} \text{ com } \hat{q}_0 = 1 \text{ v/h.fx (melhor } \hat{V}_{FLmix} = \frac{1}{\tau_{mix0}} \text{ e } \bar{\tau}_{mix0} = p_a \cdot \tau_{a0} + p_{SU} \cdot \tau_{SU0} + p_{TT} \cdot \tau_{TT0})$$

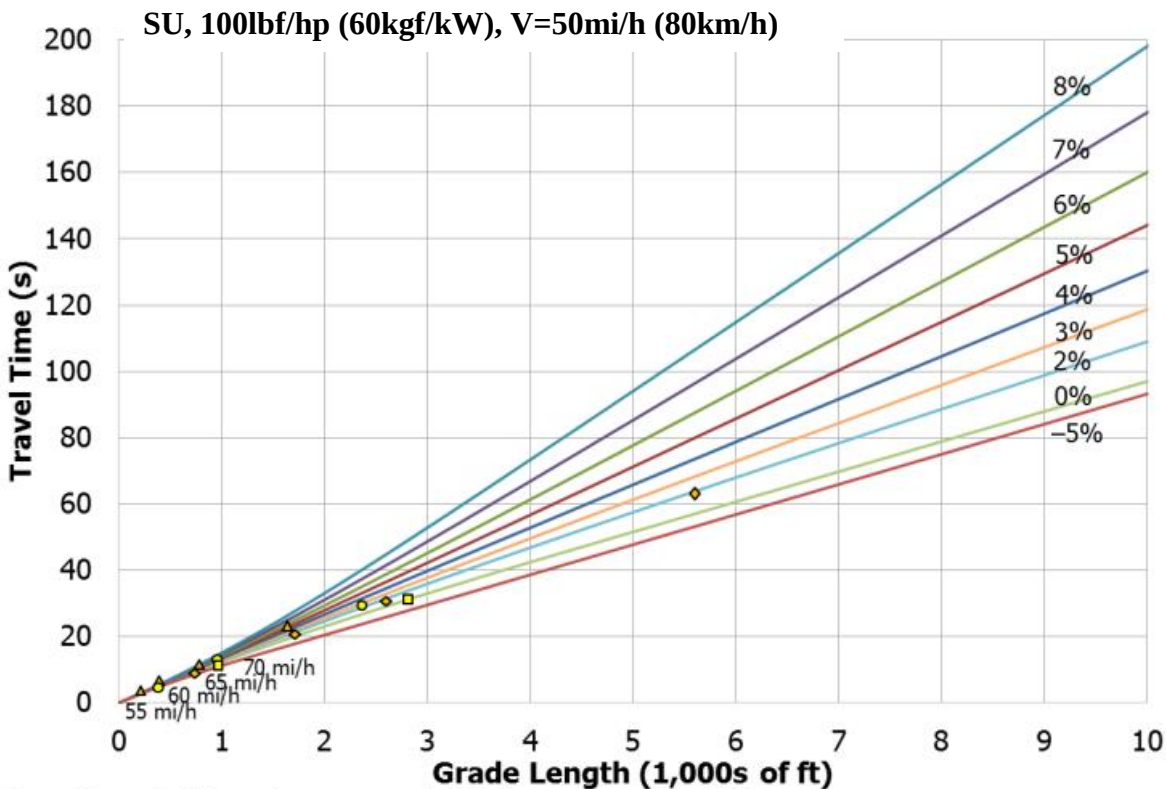
também obtém previsão $V_m = \frac{1}{\tau_m}$ e $K_m = \frac{q_m}{V_m}$ para o tipo de veículo m em condições reais !

curva de operação agregada: calibrar usando velocidades para fluxos $\hat{q}_1 = 0,9 \cdot \hat{c}_f$ e $\hat{q}_2 = \hat{c}_f$

$$\hat{V} = \begin{cases} \hat{V}_{FL}, & \text{se } \hat{q}_f \leq \hat{q}_{BP}, \text{ ou se } \hat{q}_f \leq \hat{c}_f \\ \hat{V}_{FL} - (\hat{V}_{FL} - \hat{V}_c) \left(\frac{\hat{q}_f - \hat{q}_{BP}}{\hat{c}_f - \hat{q}_{BP}}\right)^{a_{mix}}, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad \hat{q}_{BP} = \tilde{q}_{BPao} \cdot \left(1 - 0,4 \cdot (P_{HV})^{0,1} \cdot (1 + e^{30.i_g}) \cdot \left(\frac{L[km]}{1,6}\right)^{0,01}\right) \geq 0, \hat{V}_c = \hat{V}_{q2}$$

$$a_{mix} = 1,195 \cdot \ln\left[\frac{(\hat{V}_{FL} - \hat{V}_{q1})/(\hat{V}_{FL} - \hat{V}_{q2})}{(\hat{q}_1 - \hat{q}_{BP})/(\hat{q}_2 - \hat{q}_{BP})}\right]$$

Curvas de Tempo de Viagem (do Modelo de Tráfego Misto): $V_{ini} = \hat{V}_{FL} = 50\text{mi/h} = 80\text{km/h}$

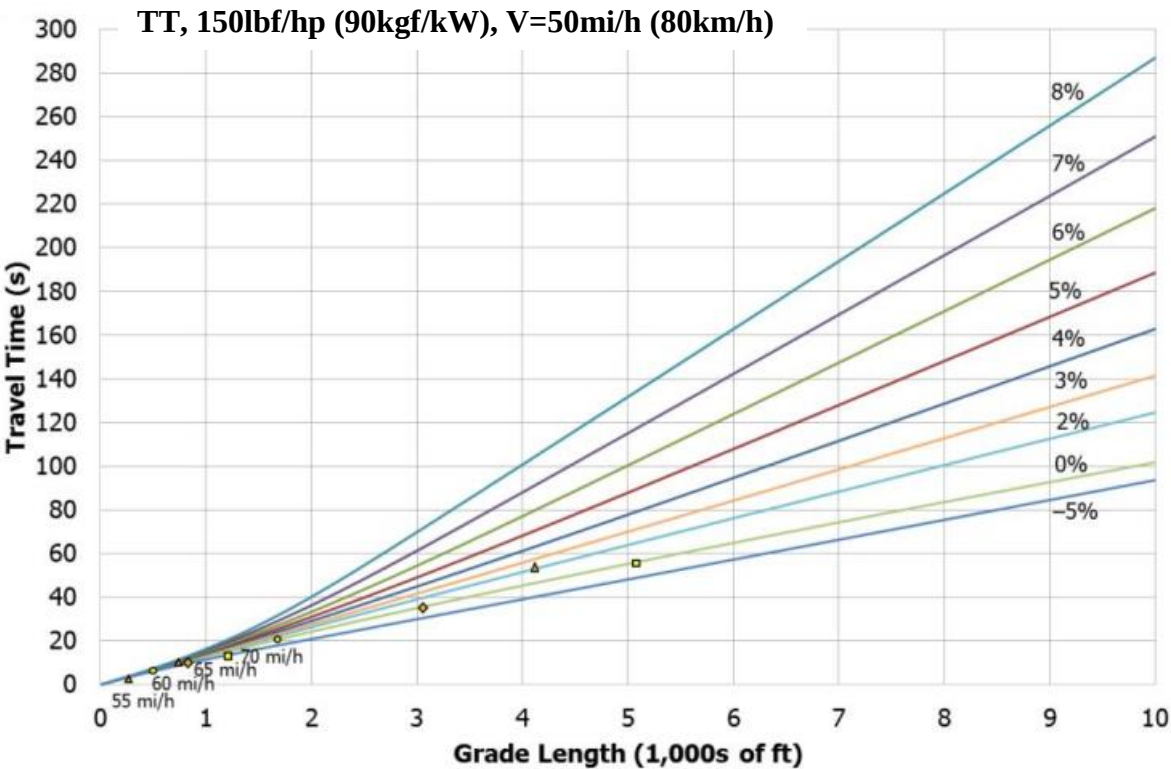


$\delta_{dM}, \delta_{dMk}$

s/ft	s/km
0,0208	68,2
0,0186	61,0
0,0165	54,1
0,0146	47,9
0,0136	44,6
0,0136	44,6
0,0136	44,6
0,0136	44,6
0,0136	44,6
0,0136	44,6

Figura 26-A1,
Figura 25-A4
(HCM/6thEd,
2016)

Notes: Curves in this graph assume a weight-to-horsepower ratio of 100.
Triangles indicate where a truck reaches 55 mi/h, circles indicate 60 mi/h, diamonds indicate 65 mi/h, and squares indicate 70 mi/h.



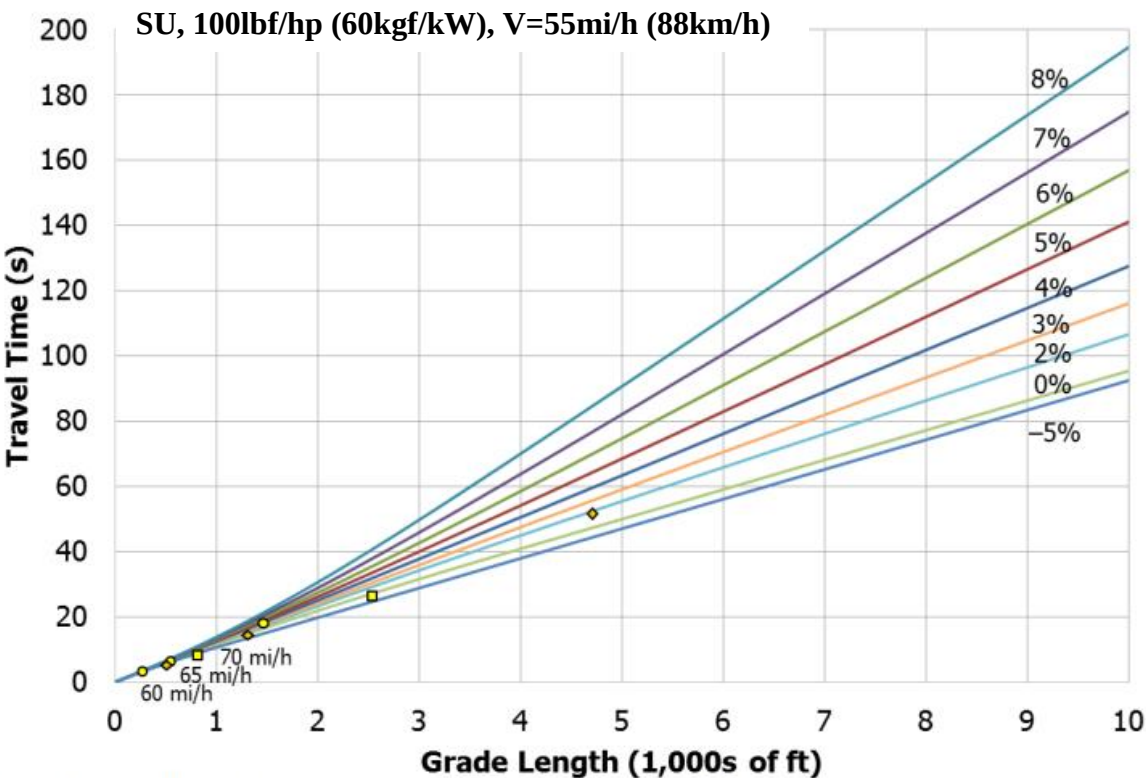
$\delta_{dM}, \delta_{dMk}$

s/ft	s/km
0,0310	101,7
0,0272	89,2
0,0236	77,4
0,0202	66,3
0,0171	56,1
0,0143	46,9
0,0136	44,6
0,0136	44,6
0,0136	44,6

Figura 26-A6,
Figura 25-A15
(HCM/6thEd,
2016)

Notes: Curves in this graph assume a weight-to-horsepower ratio of 150.
Triangles indicate where a truck reaches 55 mi/h, circles indicate 60 mi/h, diamonds indicate 65 mi/h, and squares indicate 70 mi/h.

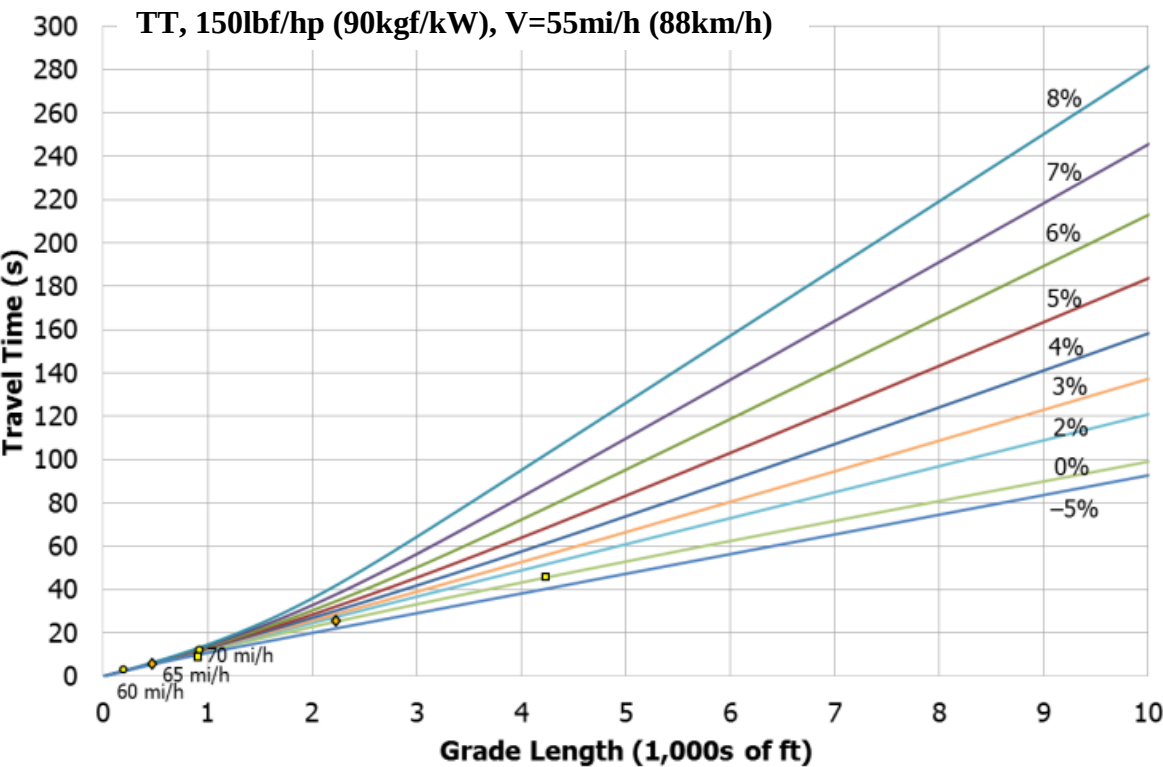
Curvas de Tempo de Viagem (do Modelo de Tráfego Misto): $V_{ini} = \hat{V}_{FL} = 55\text{mi/h} = 88\text{km/h}$



δ_{dMs}	δ_{dMk}
s/ft	s/km
0,0208	68,2
0,0186	61,0
0,0165	54,1
0,0146	47,9
0,0129	42,3
0,0124	40,7
0,0124	40,7
0,0124	40,7
0,0124	40,7

Figura 26-A2,
Figura 25-A5
(HCM/6thEd,
2016)

Notes: Curves in this graph assume a weight-to-horsepower ratio of 100.
Circles indicate where a truck reaches 60 mi/h, diamonds indicate 65 mi/h, and squares indicate 70 mi/h.



δ_{dM}	δ_{dMk}
s/ft	s/km
0,0310	101,7
0,0272	89,2
0,0236	77,4
0,0202	66,3
0,0171	56,1
0,0143	46,9
0,0124	40,7
0,0124	40,7
0,0124	40,7

Figura 26-A7,
Figura 25-A16
(HCM/6thEd,
2016)

Notes: Curves in this graph assume a weight-to-horsepower ratio of 150.
Circles indicate where a truck reaches 60 mi/h, diamonds indicate 65 mi/h, and squares indicate 70 mi/h.

Curvas de Tempo de Viagem (do Modelo de Tráfego Misto): $V_{ini} = \hat{V}_{FL} = 60\text{mi/h} = 96\text{km/h}$

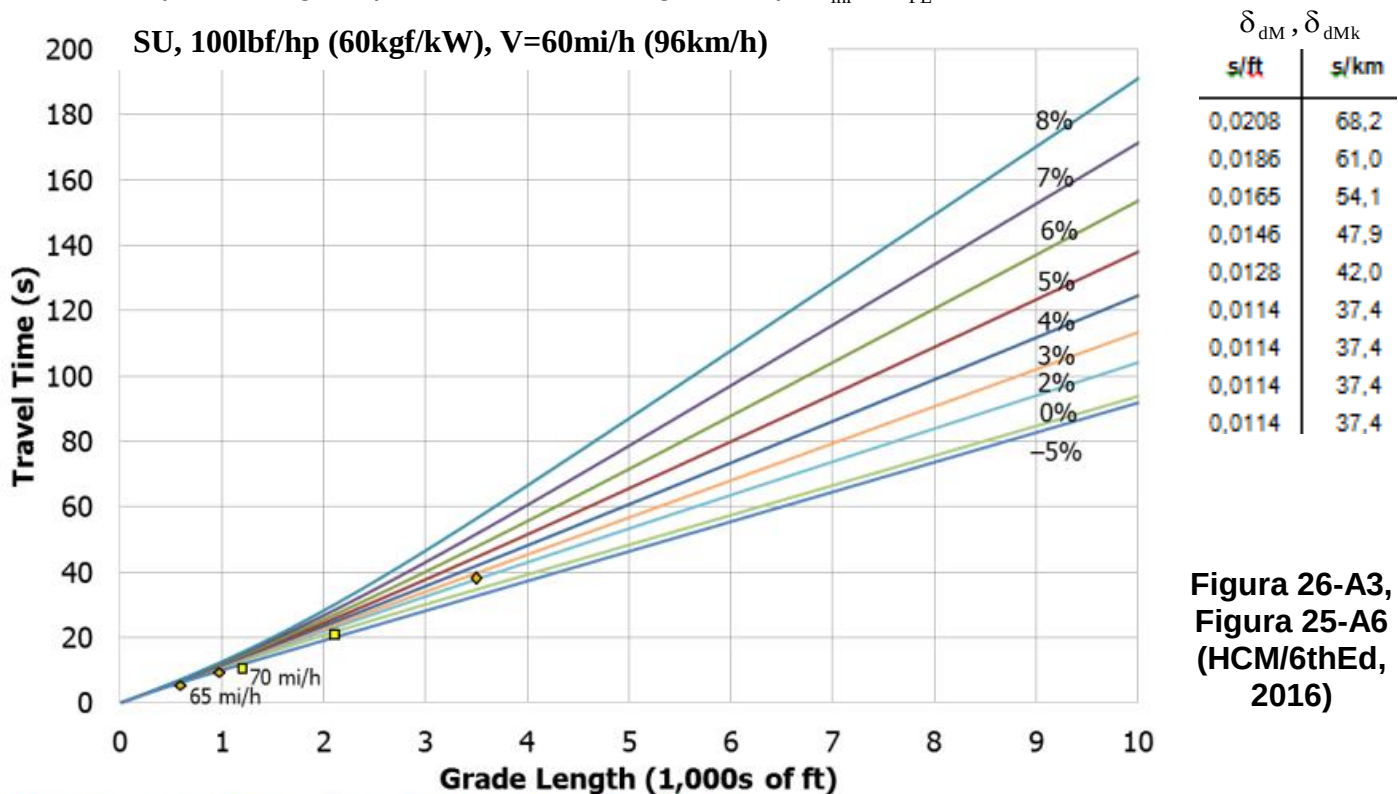


Figura 26-A3,
Figura 25-A6
(HCM/6thEd,
2016)

Notes: Curves in this graph assume a weight-to-horsepower ratio of 100.
Diamonds indicate where a truck reaches 65 mi/h and squares indicate 70 mi/h.

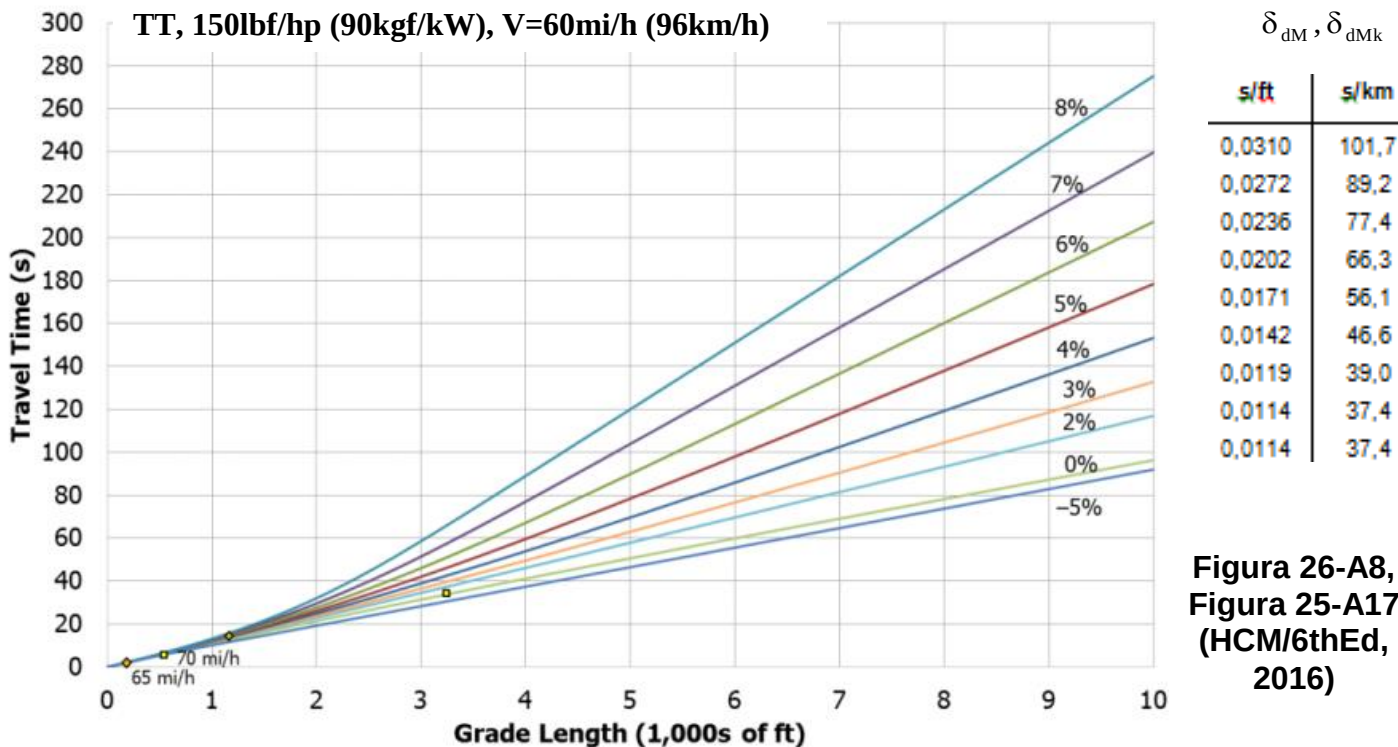


Figura 26-A8,
Figura 25-A17
(HCM/6thEd,
2016)

Notes: Curves in this graph assume a weight-to-horsepower ratio of 150.
Diamonds indicate where a truck reaches 65 mi/h and squares indicate 70 mi/h.

Curvas de Tempo de Viagem (do Modelo de Tráfego Misto): $V_{ini} = \hat{V}_{FL} = 65\text{mi/h} = 104\text{km/h}$

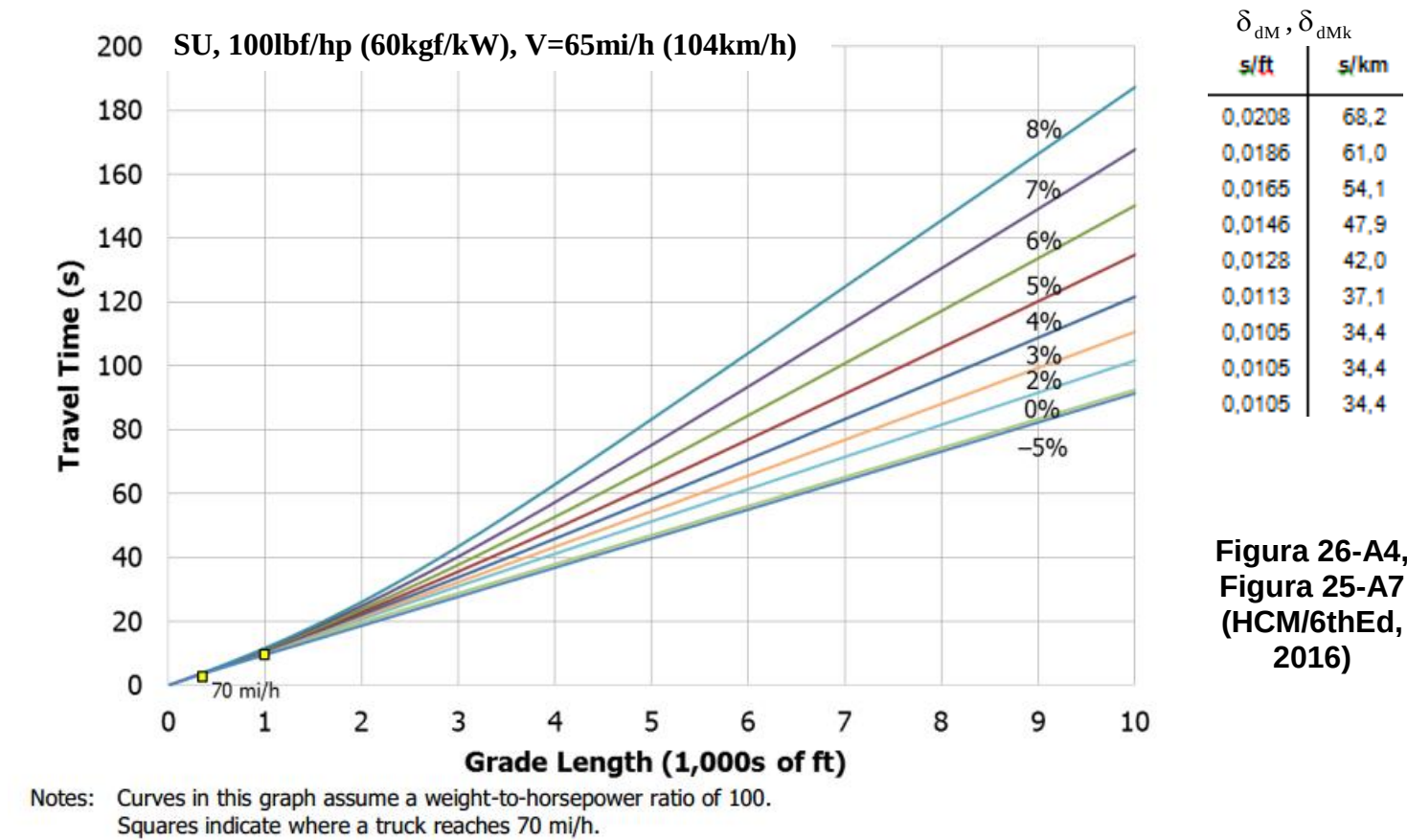


Figura 26-A4,
Figura 25-A7
(HCM/6thEd,
2016)

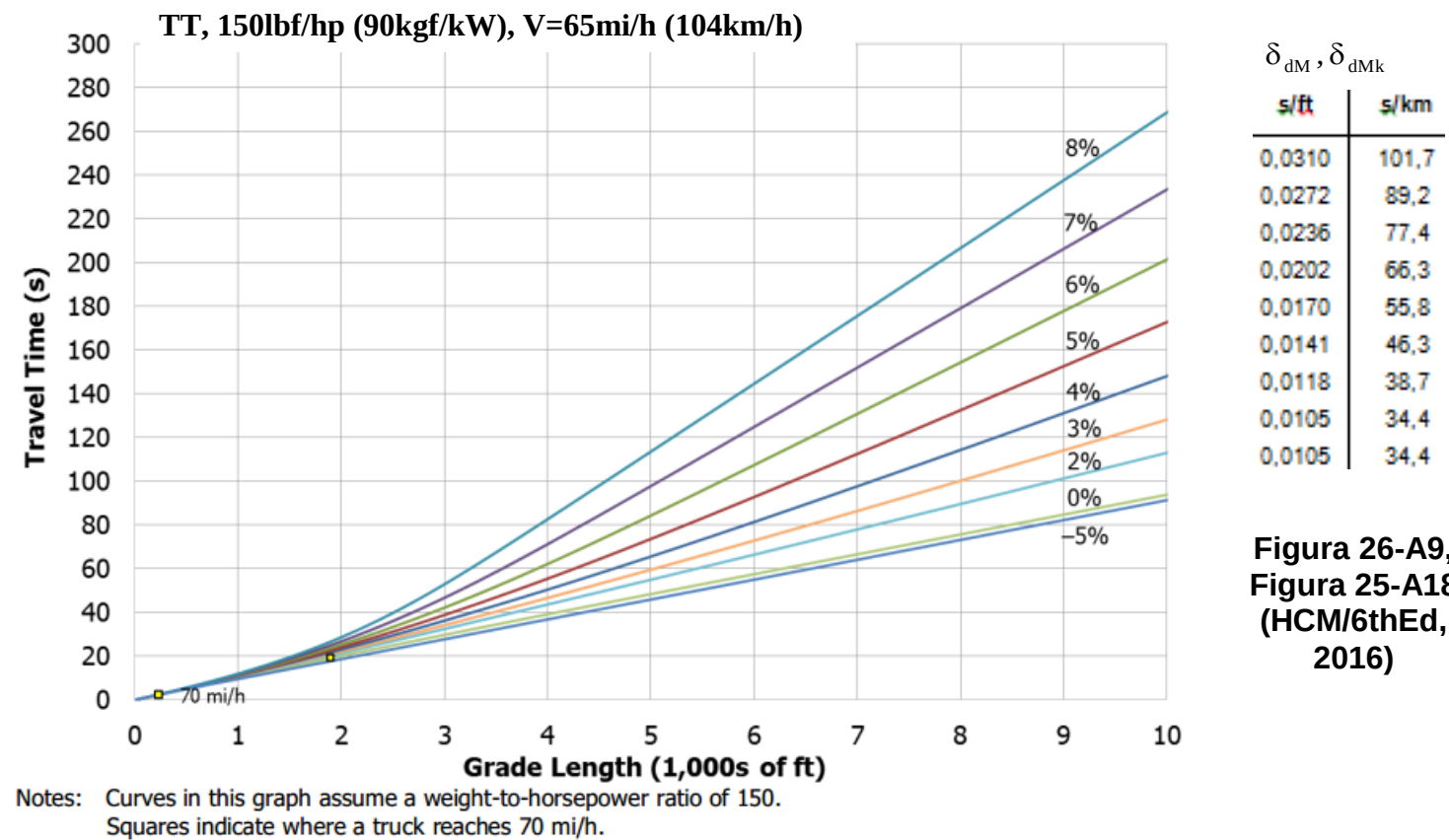


Figura 26-A9,
Figura 25-A18
(HCM/6thEd,
2016)

Curvas de Tempo de Viagem (do Modelo de Tráfego Misto): $V_{ini} = \hat{V}_{FL} = 70\text{mi/h} = 112\text{km/h}$

SU, 100lb/hp (60kgf/kW), $V=70\text{mi/h}$ (112km/h)

(não fornecida)

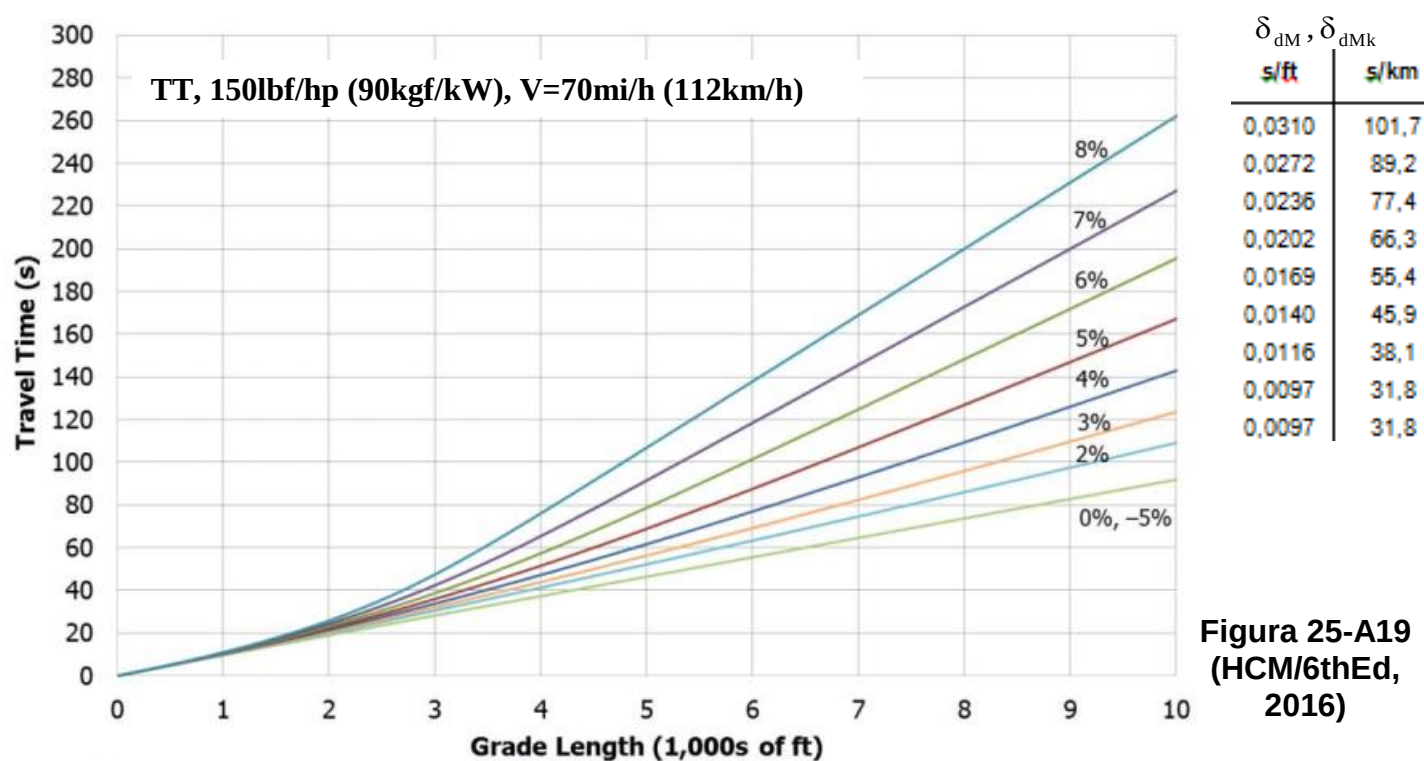


Figura 25-A19
(HCM/6thEd,
2016)

Curvas de Tempo de Viagem (do Modelo de Tráfego Misto): $V_{ini} = \hat{V}_{FL} = 75\text{mi/h} = 120\text{km/h}$

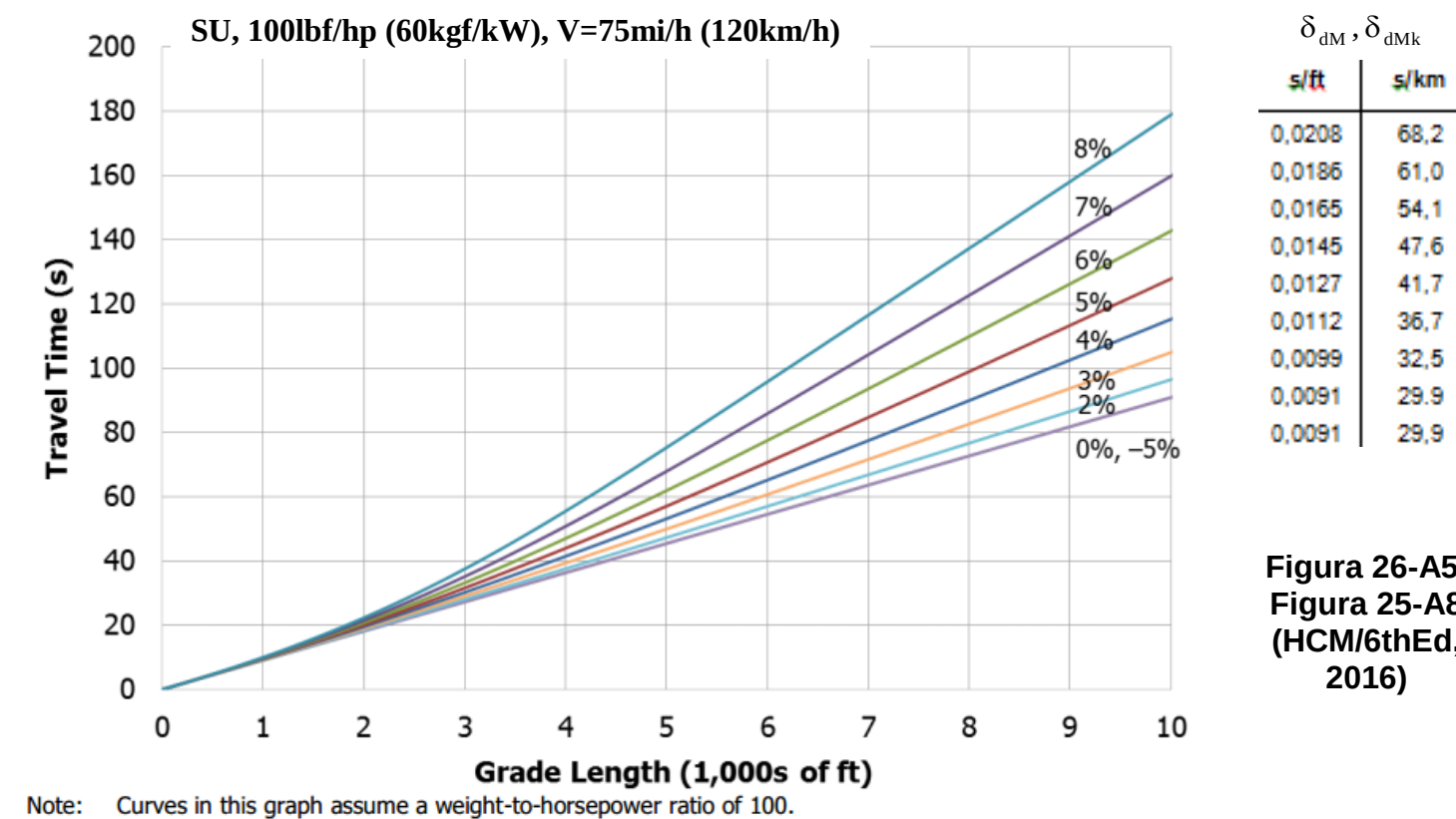


Figura 26-A5,
Figura 25-A8
(HCM/6thEd,
2016)

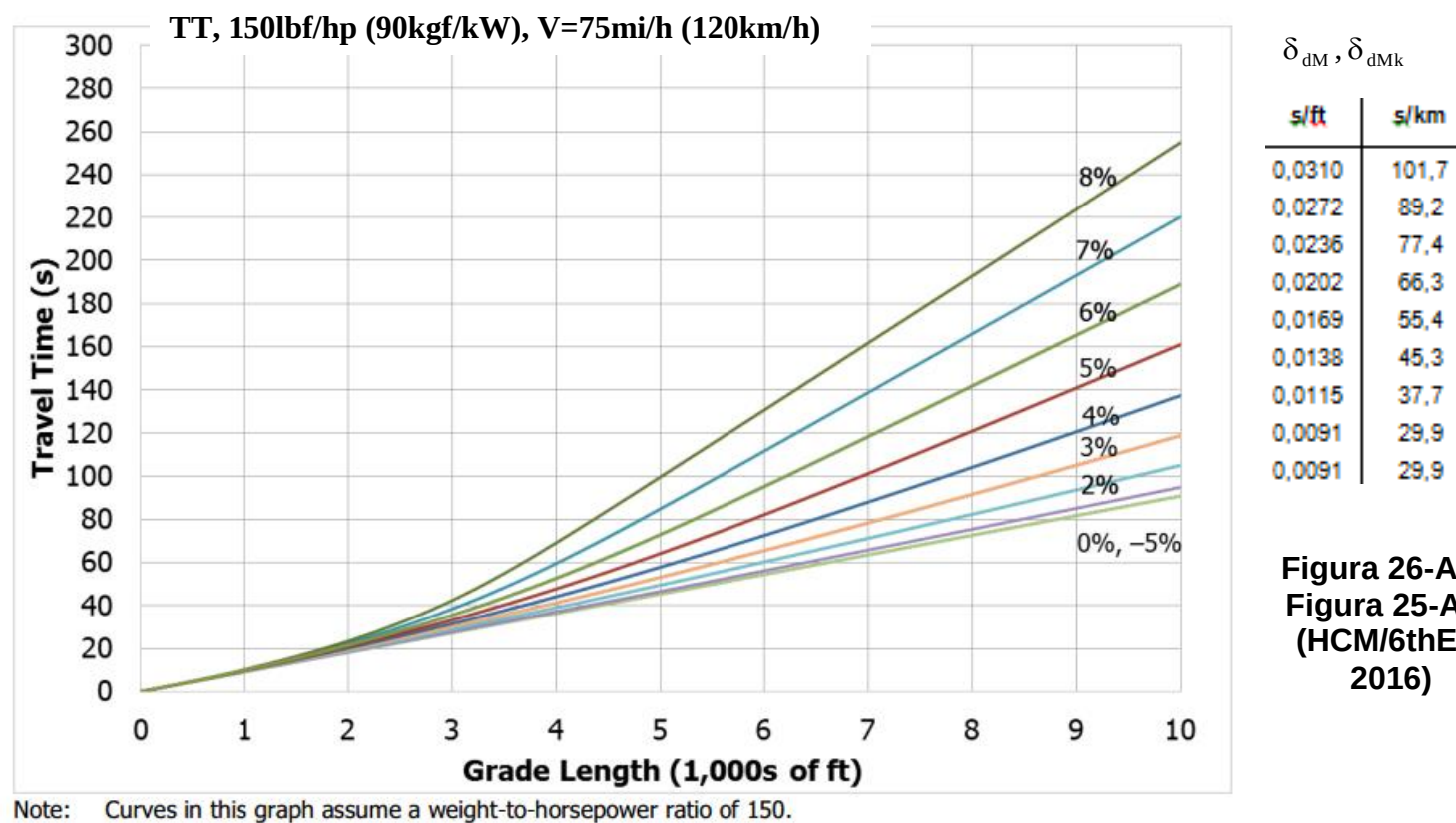


Figura 26-A10,
Figura 25-A20
(HCM/6thEd,
2016)

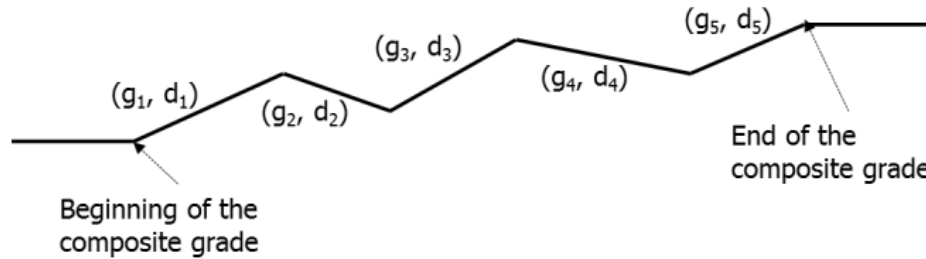
TABELA 25-24 / 26-7. Valores de δ_{dm} [s / ft] e δ_{dmk} [s / km] para SUs - HCM/6thEd (2016)

Active	Taxa de Tempo de Viagem δ_{dm} [s / ft] e δ_{dmk} [s / km] a 10000ft (3000m)											
	$V_{FL}=50$ mi/h		$V_{FL}=55$ mi/h		$V_{FL}=60$ mi/h		$V_{FL}=65$ mi/h		$V_{FL}=70$ mi/h		$V_{FL}=75$ mi/h	
	s/ft	s/km	s/ft	s/km	s/ft	s/km	s/ft	s/km	s/ft	s/km	s/ft	s/km
8%	0,0208	68,2	0,0208	68,2	0,0208	68,2	0,0208	68,2	0,0208	68,2	0,0208	68,2
7%	0,0186	61,0	0,0186	61,0	0,0186	61,0	0,0186	61,0	0,0186	61,0	0,0186	61,0
6%	0,0165	54,1	0,0165	54,1	0,0165	54,1	0,0165	54,1	0,0165	54,1	0,0165	54,1
5%	0,0146	47,9	0,0146	47,9	0,0146	47,9	0,0146	47,9	0,0145	47,6	0,0145	47,6
4%	0,0136	44,6	0,0129	42,3	0,0128	42,0	0,0128	42,0	0,0128	42,0	0,0127	41,7
3%	0,0136	44,6	0,0124	40,7	0,0114	37,4	0,0113	37,1	0,0112	36,7	0,0112	36,7
2%	0,0136	44,6	0,0124	40,7	0,0114	37,4	0,0105	34,4	0,0100	32,8	0,0099	32,5
0%	0,0136	44,6	0,0124	40,7	0,0114	37,4	0,0105	34,4	0,0097	31,8	0,0091	29,9
-5%	0,0136	44,6	0,0124	40,7	0,0114	37,4	0,0105	34,4	0,0097	31,8	0,0091	29,9

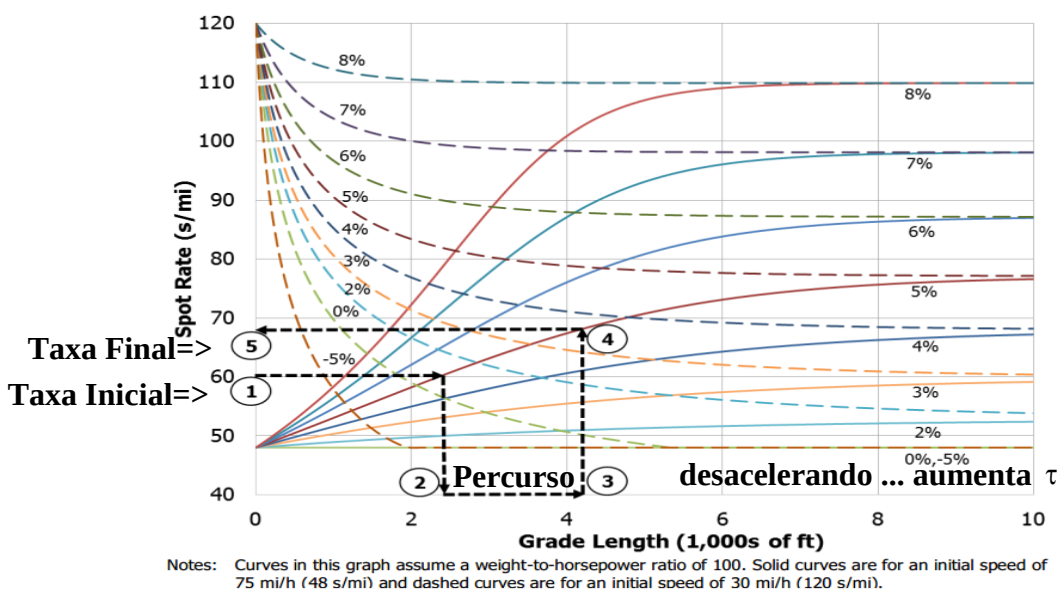
TABELA 25-25 / 26-8. Valores de δ_{dm} [s / ft] e δ_{dmk} [s / km] para TTs - HCM/6thEd (2016)

Active	Taxa de Tempo de Viagem δ_{dm} [s / ft] e δ_{dmk} [s / km] a 10000ft (3000m)											
	$V_{FL}=50$ mi/h		$V_{FL}=55$ mi/h		$V_{FL}=60$ mi/h		$V_{FL}=65$ mi/h		$V_{FL}=70$ mi/h		$V_{FL}=75$ mi/h	
	s/ft	s/km	s/ft	s/km	s/ft	s/km	s/ft	s/km	s/ft	s/km	s/ft	s/km
8%	0,0310	101,7	0,0310	101,7	0,0310	101,7	0,0310	101,7	0,0310	101,7	0,0310	101,7
7%	0,0272	89,2	0,0272	89,2	0,0272	89,2	0,0272	89,2	0,0272	89,2	0,0272	89,2
6%	0,0236	77,4	0,0236	77,4	0,0236	77,4	0,0236	77,4	0,0236	77,4	0,0236	77,4
5%	0,0202	66,3	0,0202	66,3	0,0202	66,3	0,0202	66,3	0,0202	66,3	0,0202	66,3
4%	0,0171	56,1	0,0171	56,1	0,0171	56,1	0,0170	55,8	0,0169	55,4	0,0169	55,4
3%	0,0143	46,9	0,0143	46,9	0,0142	46,6	0,0141	46,3	0,0140	45,9	0,0138	45,3
2%	0,0136	44,6	0,0124	40,7	0,0119	39,0	0,0118	38,7	0,0116	38,1	0,0115	37,7
0%	0,0136	44,6	0,0124	40,7	0,0114	37,4	0,0105	34,4	0,0097	31,8	0,0091	29,9
-5%	0,0136	44,6	0,0124	40,7	0,0114	37,4	0,0105	34,4	0,0097	31,8	0,0091	29,9

trechos com rampas combinadas: novo procedimento com taxas de tempo de viagem
(taxas de tempo de viagem pontuais=inverso das velocidades pontuais anteriores ...)
trecho composto deve começar (e se possível terminar) em um trecho extenso em nível



dados: alicie g_j , extensão d_j , velocidade $\tilde{V}_{FLj}$ (autos); tráfego q_j (misto, p_{SUj} , p_{TTj} , FHP_j)
- obter CAF_{ao} e CAF_{mixj} como segmentos independentes; obter C_{mixj} e j_c com $\min C_{mixj} (>Q)$
- para cada segmento (no percurso): $\tau_{ini,j} = \frac{1}{V_{ini,j}} \Rightarrow \tau_{fin,j}$ e $V_{fin,j} = \frac{1}{\tau_{fin,j}}$ sem interação



com curva da velocidade inicial=final anterior: obter os tempos de viagem para SU e TT

$$\text{obter } \Delta\tau_i = \left(\frac{1}{\tilde{V}_{ao}} - \frac{1}{\tilde{V}_{FL}} \right) \left(1 + 3 \left(\frac{1}{CAF_{mixj}} - 1 \right) \right), \delta_i = \frac{\delta_{0i}}{1,6} \cdot \left(\frac{\hat{q}_f}{1000} \right)^{b_i} \cdot (P_i)^{c_i} \cdot \left(\frac{1,6}{100} \cdot \max \left\{ 0; \tau_{i,kj} - \frac{1}{\tilde{V}_{FL}} \right\} \right)^{d_i}$$

distinguindo SU/TT acelerando

$$\delta_{0SU} = 100,42; b_{SU} = 0,46; c_{SU} = 0,68; d_{SU} = 2,76; \quad \delta_{0SU} = 54,72; b_{SU} = 1,16; c_{SU} = 0,38; d_{SU} = 1,73$$

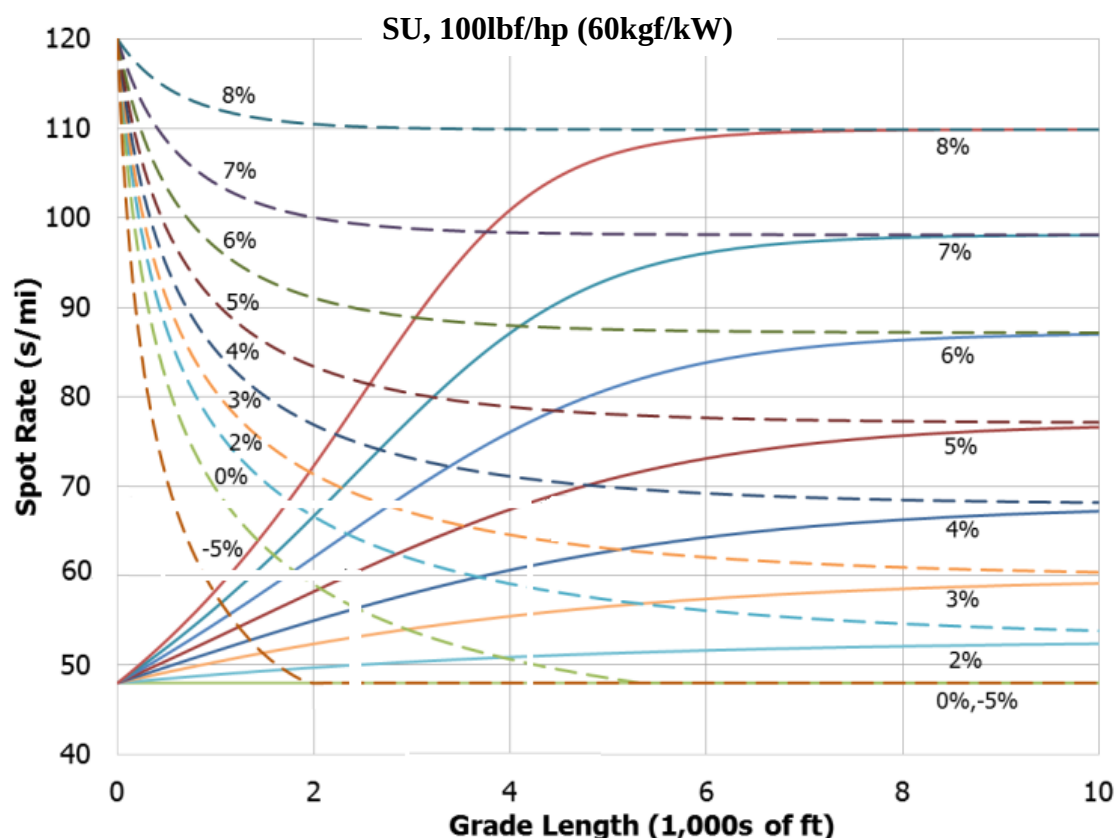
$$\delta_{0TT} = 110,64; b_{TT} = 1,36; c_{TT} = 0,62; d_{TT} = 1,81; \quad \delta_{0TT} = 69,72; b_{TT} = 1,32; c_{TT} = 0,61; d_{TT} = 1,33$$

obter $\tau_{SU,j} = \tau_{SU,kj} + \Delta\tau_i$, $\tau_{TT,j} = \tau_{TT,kj} + \Delta\tau_i$ para SU, TT e $\tau_{a,j} = \tau_{a,kj} + \Delta\tau_i + \sum_i \delta_i$ para auto ...

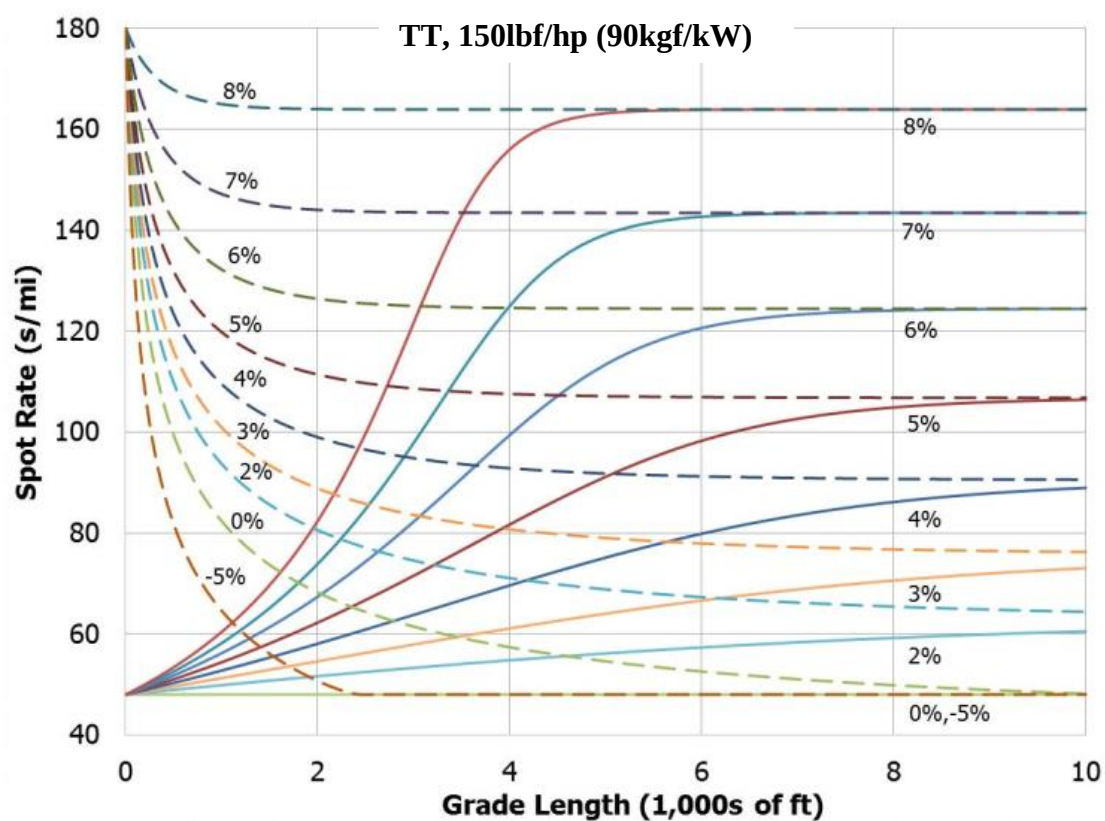
(a velocidade final para auto, com interação, pode ser avaliada especificamente com

$$\delta_{0SU} = 64,50; b_{SU} = 0,77; c_{SU} = 0,34; d_{SU} = 1,53; \delta_{0TT} = 79,50; b_{TT} = 0,81; c_{TT} = 0,56; d_{TT} = 1,32)$$

Curvas de Taxa de Tempo de Viagem Pontual (do Modelo de Tráfego Misto):



Notes: Curves in this graph assume a weight-to-horsepower ratio of 100. Solid curves are for an initial speed of 75 mi/h (48 s/mi) and dashed curves are for an initial speed of 30 mi/h (120 s/mi).



Notes: Curves in this graph assume a weight-to-horsepower ratio of 150. Solid curves are for an initial speed of 75 mi/h (48 s/mi) and dashed curves are for an initial speed of 20 mi/h (180 s/mi).

Curvas de Tempo de Viagem (do Modelo de Tráfego Misto): $V_{ini} = 20\text{mi/h} = 32\text{km/h}$

SU, 100lb/hp (60kgf/kW)

(não fornecida)

Curvas de Tempo de Viagem (do Modelo de Tráfego Misto): $V_{ini} = 20\text{mi/h} = 32\text{km/h}$

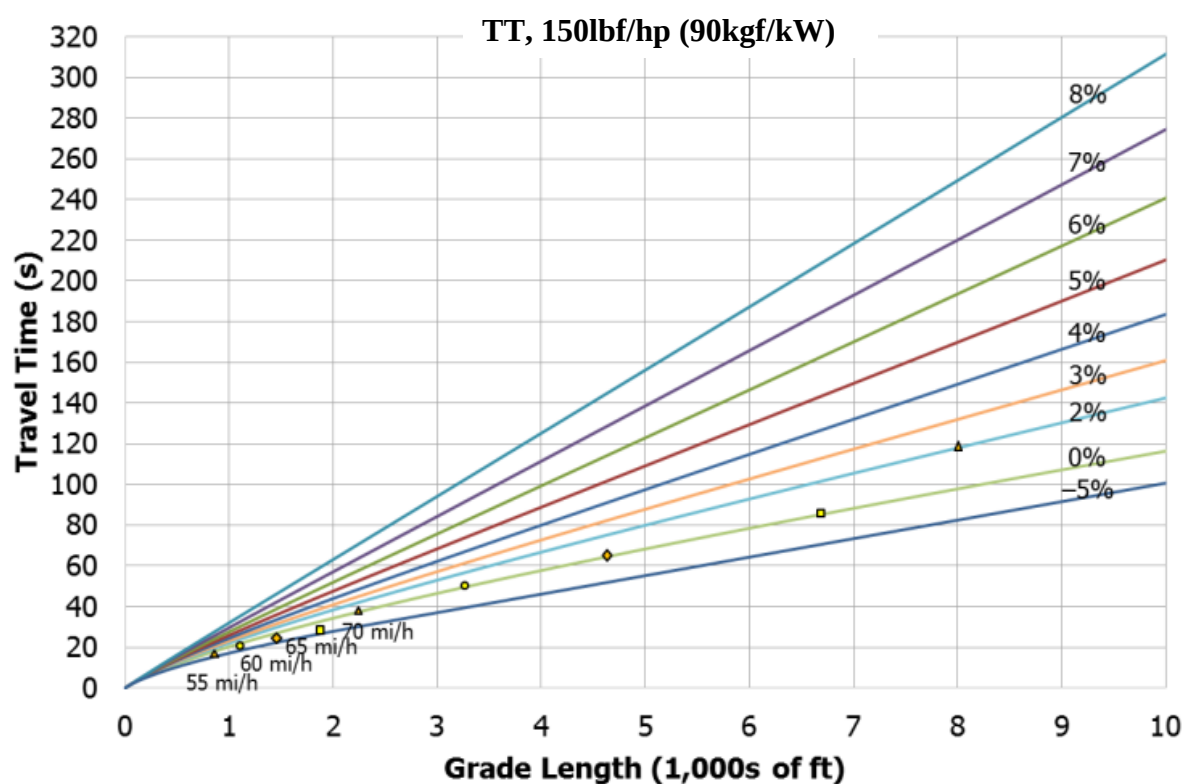


Figura 25-A9
(HCM/6thEd,
2016)

Notes: Curves in this graph assume a weight-to-horsepower ratio of 150.
Triangles indicate where a truck reaches 55 mi/h, circles indicate 60 mi/h, diamonds indicate 65 mi/h, and squares indicate 70 mi/h.

Curvas de Tempo de Viagem (do Modelo de Tráfego Misto): $V_{ini} = 25\text{mi/h} = 40\text{km/h}$

SU, 100lb/hp (60kgf/kW)

(não fornecida)

Curvas de Tempo de Viagem (do Modelo de Tráfego Misto): $V_{ini} = 25\text{mi/h} = 40\text{km/h}$

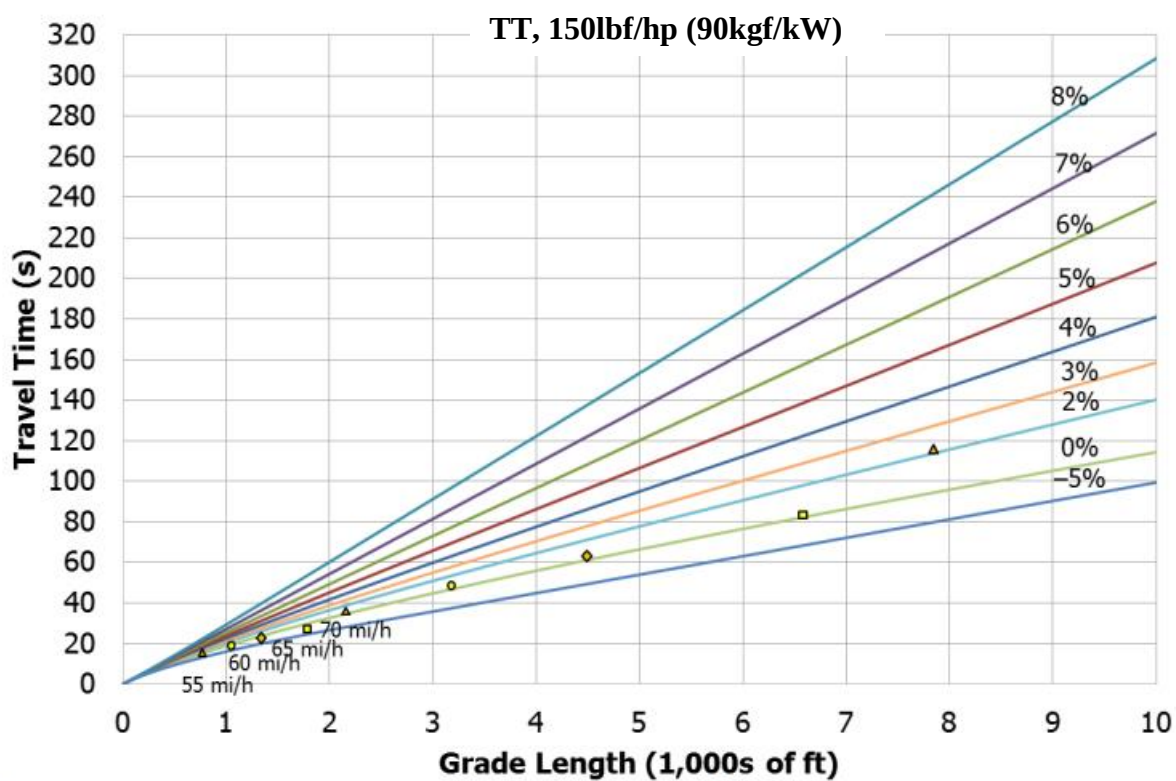


Figura 25-A10
(HCM/6thEd,
2016)

Notes: Curves in this graph assume a weight-to-horsepower ratio of 150.
Triangles indicate where a truck reaches 55 mi/h, circles indicate 60 mi/h, diamonds indicate 65 mi/h, and squares indicate 70 mi/h.

Curvas de Tempo de Viagem (do Modelo de Tráfego Misto): $V_{ini} = 30\text{mi/h} = 48\text{km/h}$

SU, 100lb/hp (60kgf/kW)

(não fornecida)

Curvas de Tempo de Viagem (do Modelo de Tráfego Misto): $V_{ini} = 30\text{mi/h} = 48\text{km/h}$

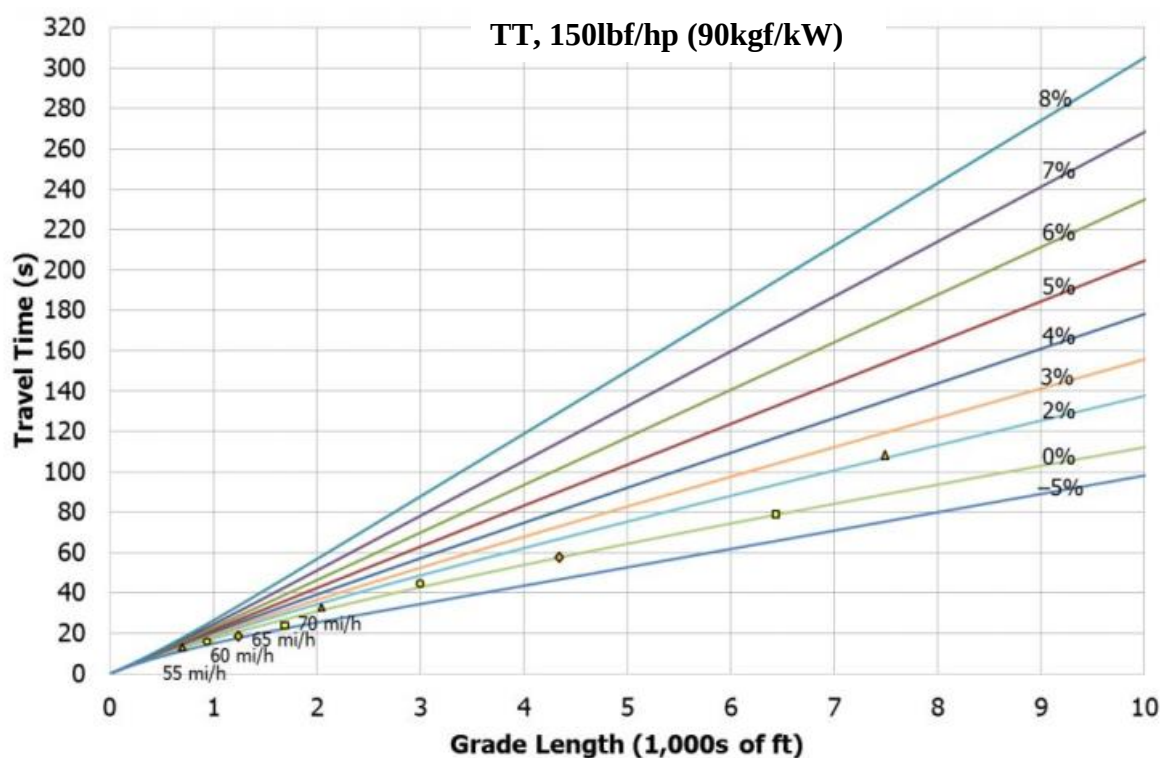


Figura 25-A11
(HCM/6thEd,
2016)

Notes: Curves in this graph assume a weight-to-horsepower ratio of 150.
Triangles indicate where a truck reaches 55 mi/h, circles indicate 60 mi/h, diamonds indicate 65 mi/h, and squares indicate 70 mi/h.

Curvas de Tempo de Viagem (do Modelo de Tráfego Misto): $V_{ini} = 35\text{mi/h} = 56\text{km/h}$

SU, 100lb/hp (60kgf/kW)

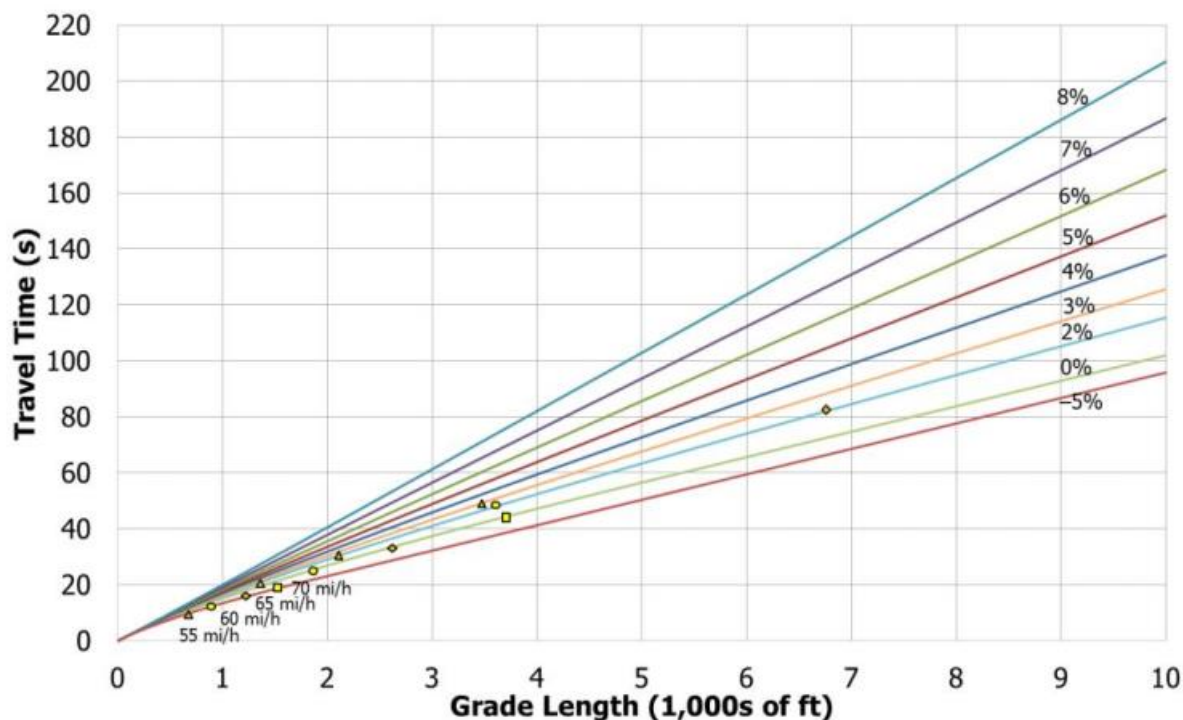


Figura 25-A1
(HCM/6thEd,
2016)

Notes: Curves in this graph assume a weight-to-horsepower ratio of 100.
Triangles indicate where a truck reaches 55 mi/h, circles indicate 60 mi/h, diamonds indicate 65 mi/h, and squares indicate 70 mi/h.

Curvas de Tempo de Viagem (do Modelo de Tráfego Misto): $V_{ini} = 35\text{mi/h} = 56\text{km/h}$

TT, 150lb/hp (90kgf/kW)

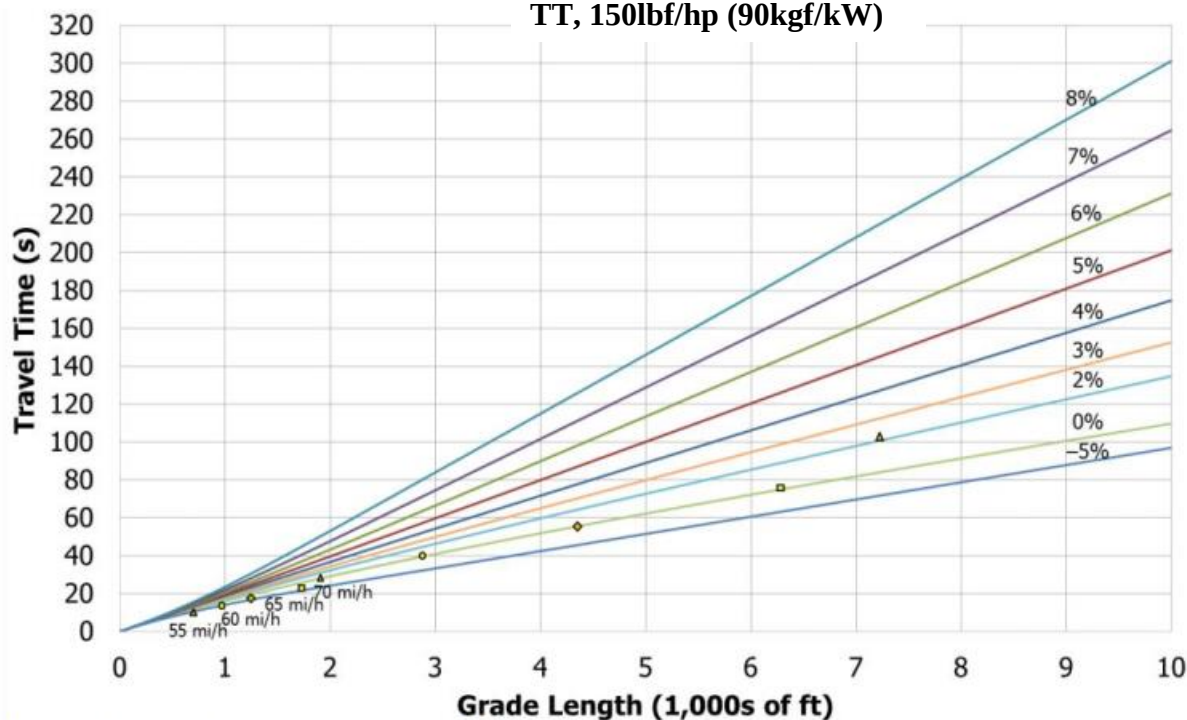


Figura 25-A12
(HCM/6thEd,
2016)

Notes: Curves in this graph assume a weight-to-horsepower ratio of 150.
Triangles indicate where a truck reaches 55 mi/h, circles indicate 60 mi/h, diamonds indicate 65 mi/h, and squares indicate 70 mi/h.

Curvas de Tempo de Viagem (do Modelo de Tráfego Misto): $V_{ini} = 40\text{mi/h} = 64\text{km/h}$

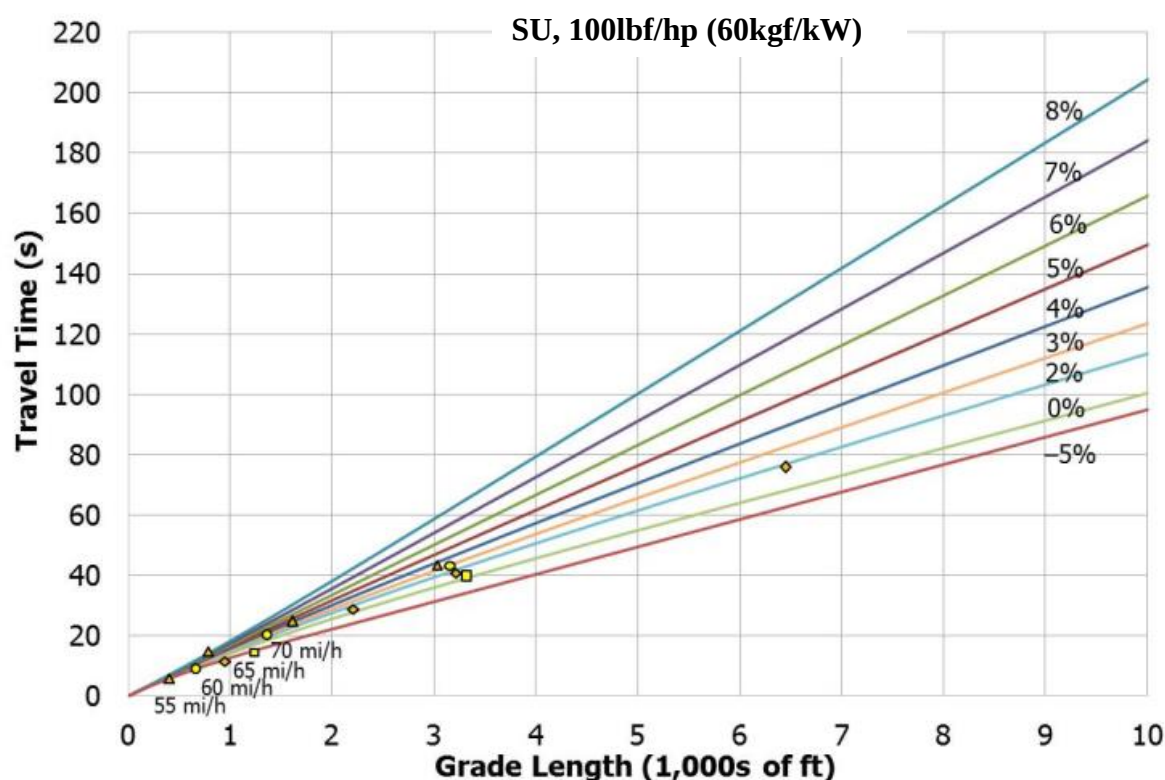


Figura 25-A2
(HCM/6thEd,
2016)

Notes: Curves in this graph assume a weight-to-horsepower ratio of 100.

Triangles indicate where a truck reaches 55 mi/h, circles indicate 60 mi/h, diamonds indicate 65 mi/h, and squares indicate 70 mi/h.

Curvas de Tempo de Viagem (do Modelo de Tráfego Misto): $V_{ini} = 40\text{mi/h} = 64\text{km/h}$

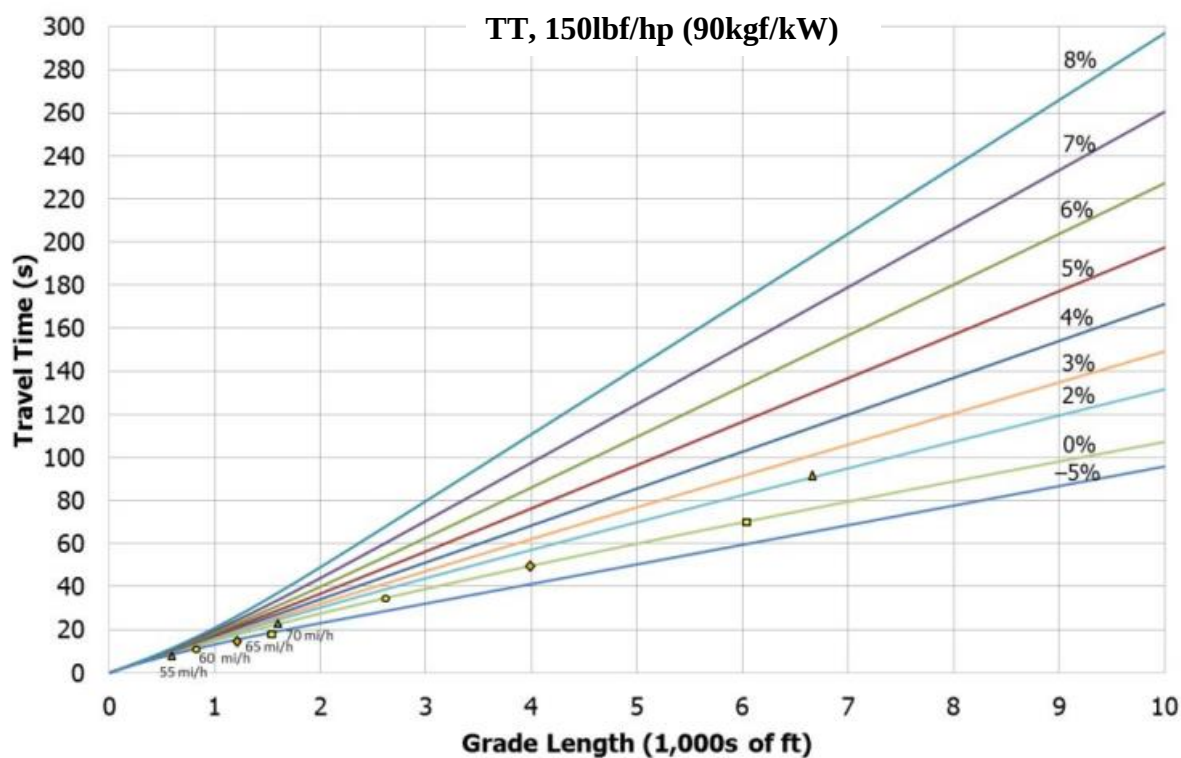


Figura 25-A13
(HCM/6thEd,
2016)

Notes: Curves in this graph assume a weight-to-horsepower ratio of 150.

Triangles indicate where a truck reaches 55 mi/h, circles indicate 60 mi/h, diamonds indicate 65 mi/h, and squares indicate 70 mi/h.

Curvas de Tempo de Viagem (do Modelo de Tráfego Misto): $V_{ini} = 45 \text{ mi/h} = 72 \text{ km/h}$

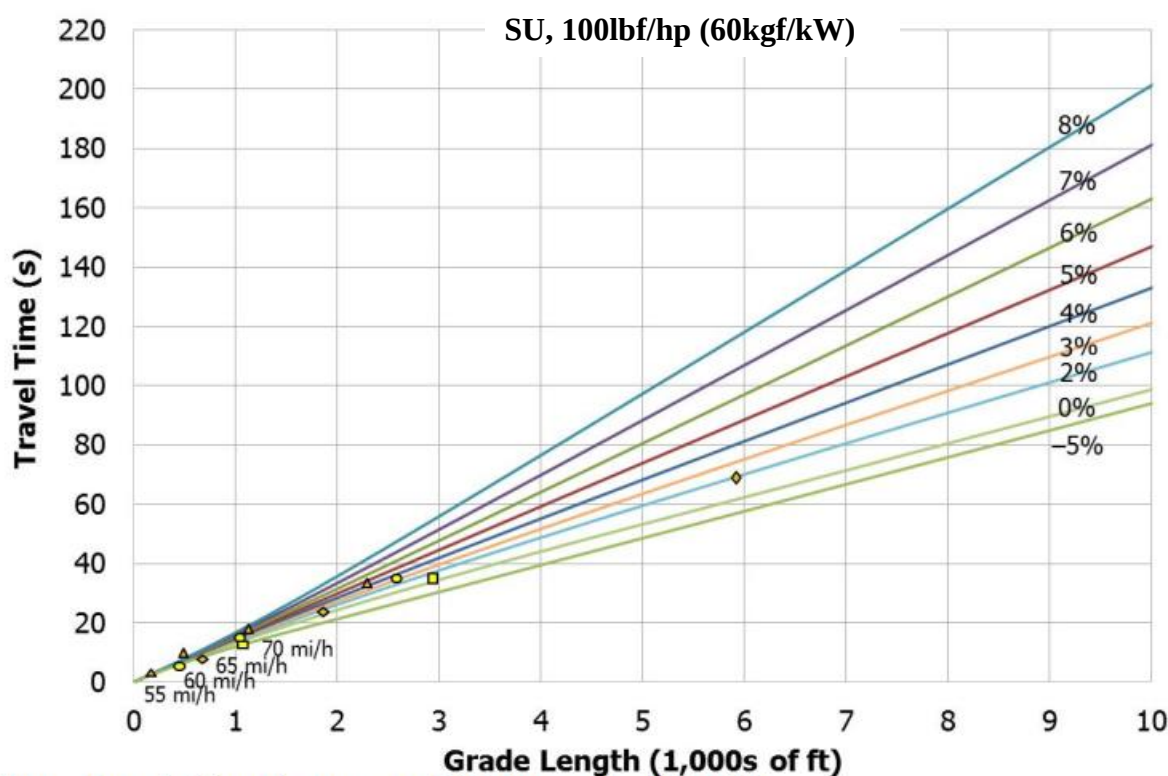


Figura 25-A3
(HCM/6thEd,
2016)

Notes: Curves in this graph assume a weight-to-horsepower ratio of 100.
Triangles indicate where a truck reaches 55 mi/h, circles indicate 60 mi/h, diamonds indicate 65 mi/h, and squares indicate 70 mi/h.

Curvas de Tempo de Viagem (do Modelo de Tráfego Misto): $V_{ini} = 45 \text{ mi/h} = 72 \text{ km/h}$

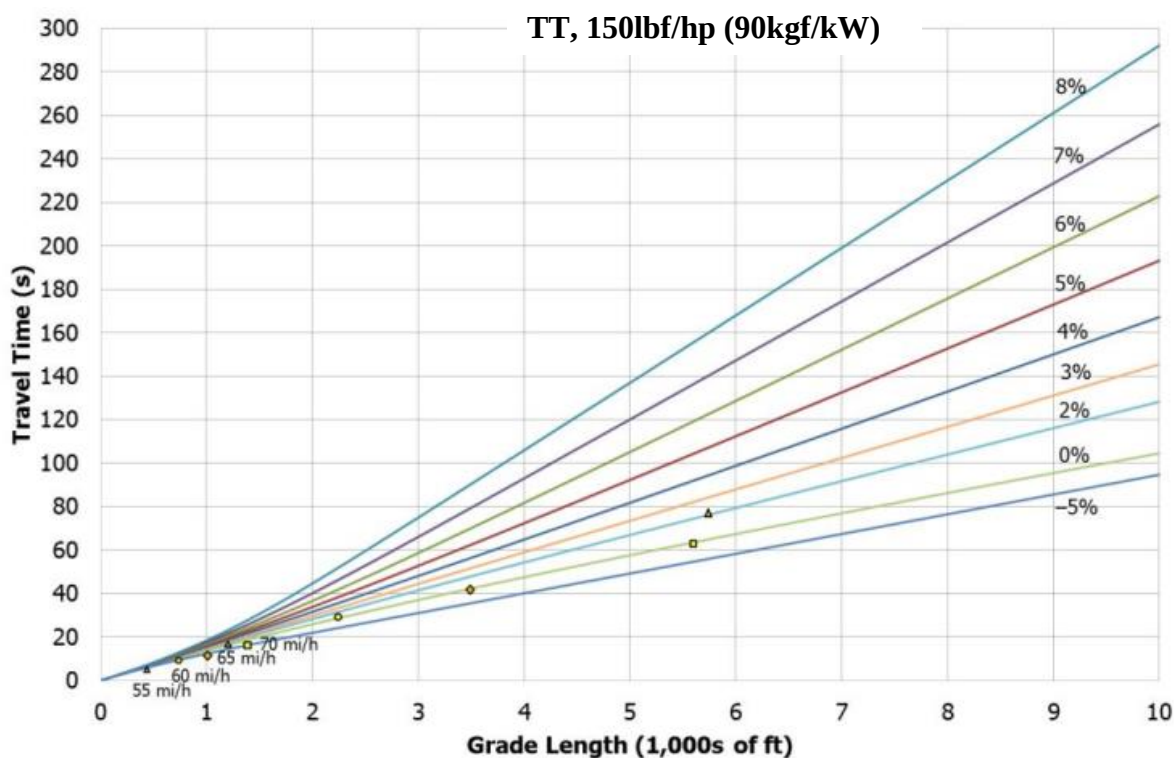


Figura 25-A14
(HCM/6thEd,
2016)

Notes: Curves in this graph assume a weight-to-horsepower ratio of 150.
Triangles indicate where a truck reaches 55 mi/h, circles indicate 60 mi/h, diamonds indicate 65 mi/h, and squares indicate 70 mi/h.

funções de tempo de viagem: curvas teóricas obtidas por simulação veicular (no tráfego) !

não há uma clara exposição sobre a obtenção das curvas fornecidas !

o NCFRP R31 é citado, adotando uma restrição de tração e funções tradicionais (do NCHRP R185, como obtidas nos anos 70, e adotadas no NCHRP R505)

também não há uma clara exposição sobre a calibração dos modelos de tráfego !
parecem ter sido especificamente calibrados mas não há relatório publicado sobre a calibração ou sobre a base teórica adotada nos modelos propostos

para veículos pesados: com $a_{TE}[t] = \max\{a_{ENG}[t], a_{ADH}[t]\}$ (máxima potência tratora),
resistência $a_R[t] = a_{Rr}[t] + a_{Ra}[t] + a_{Rg}[t]$ (rolamento, aerodinâmica, gravitacional)

hipótese de máxima aceleração: $a[t] = a_{TE}[t] + a_R[t]$ enquanto $v[t] < v_{DES}$ (desejada)

$$a_{ENG}[t] = \frac{\eta \cdot P}{M \cdot v} = \frac{K_{\eta/v1} \cdot K_{eleP}}{W/P \cdot v \cdot \max\{1, v_{min}/v\} + K_{n/v2}/v \cdot \max\{1, v_{min}/v\}} \cdot G, \quad v_{min} = 10 \text{ ft/s}$$

$$a_{ADH}[t] = \mu \cdot \frac{\rho_{Tr} \cdot W}{M} = \mu \cdot \rho_{Tr} \cdot G, \quad \rho_{Tr} \cong 0,25 \text{ (eixo trator)}, \quad \mu = f_{ABS} \cdot \mu_{dd} \cong 0,90 \text{ (seco)},$$

$$a_{Ra}[t] = -\frac{C_D \cdot A \cdot \gamma \cdot v^2}{2 \cdot M} = -\frac{K_{Da} \cdot v^2 \cdot K_{eleA}}{W/A} \cdot G, \quad a_{Rg}[t] = -\frac{W \cdot \text{tg}[\alpha_i]}{M} \cong -i \cdot G,$$

$$a_{Rr}[t] = -(0,0076 - \beta_v \cdot v)G \text{ se } v \leq v_{min} \text{ ou } a_{Rr}[t] = \left(-0,0076 - \beta_v \cdot v - \frac{K_{r/v} \cdot K_{eleP}}{W/P \cdot v} \right) G,$$

$$K_{eleP} = 1 \text{ (diesel)}, \quad K_{eleA} \cong (1 - \beta_{eleP} \cdot h_{ele})^{4,255}, \quad \beta_{eleP} = 0,000006887 / \text{ft} = 0,0000226 / \text{m},$$

$$K_{\eta/v1} = 477,7 \frac{\text{lbf} \cdot \text{ft}}{\text{hp} \cdot \text{sec}} = 88,73 \frac{\text{kgf} \cdot \text{m}}{\text{kW} \cdot \text{s}}, \quad K_{n/v2} = 14080 \frac{\text{lbf} \cdot \text{ft}^2}{\text{hp} \cdot \text{sec}^2} = 797,1 \frac{\text{kgf} \cdot \text{m}^2}{\text{kW} \cdot \text{s}^2},$$

$$K_{Da} = 0,00065 \frac{\text{lbf} \cdot \text{s}^2}{\text{ft}^4} = 0,0342 \frac{\text{kgf} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^4}, \quad \gamma = 0,064 \text{ lb/ft}^3 = 1,03 \text{ kg/m}^3,$$

$$\beta_v = 0,0000124 / \text{ft} = 0,000041 / \text{m}, \quad K_{r/v} = 6,92 \frac{\text{lbf} \cdot \text{ft}}{\text{hp} \cdot \text{sec}} = 1,285 \frac{\text{kgf} \cdot \text{m}}{\text{kW} \cdot \text{s}}$$

onde W/P é a relação peso/potência nominal (eficiência mecânica $\eta \cong 0,86$);

W/A é a relação peso/área frontal (coeficiente aerodinâmico $C_D \cong 0,65$)

G é a aceleração da gravidade (nominal $G = 32,17 \text{ ft/sec}^2 = 9,78 \text{ m/s}^2$)

(o NCHRP R505 incorporou uma restrição de comportamento do condutor na aceleração que não obteve aceitação e foi excluído no NCFRP R31)

integração numérica: usualmente é suficiente usar $a[t]$ fixo em passos de 1seg ...

$$v[t] = v_0 + \int_0^t a[\tau] d\tau, \quad d[t] = d_0 + \int_0^t v[\tau] d\tau, \quad t[V] = t_0 + \int_{v_0}^V \frac{dv}{a[v]}, \quad d[V] = d_0 + \int_{v_0}^V \frac{v \cdot dv}{a[v]},$$

fontes mais recentes: TRUCKSIM, IHSDM e outros modelos de simulação veicular (diversos modelos de simulação de tráfego também têm modelos similares ...)

curva de tempo de viagem contém apenas o componente próprio veicular (cinético) (são similares às curvas de velocidade anteriores, mas em termos médios)

frota nova (melhoria de desempenho decorre da redução da relação peso/potência):

Exhibit 26. Physical and performance characteristics of trucks.* NCFRP REPORT 31

Class	Weight (pounds)		Power (hp)	**Range of Weight/Horsepower
FHWA	Minimum	Maximum		
6	15,000	46,000	220	68 – 209
7	20,000	53,000	250	80 – 212
8	28,000	66,000	310	90 – 213
9	30,000	80,000	380	79 – 211
10	30,000	87,000	410	73 – 212
11	35,000	92,000	440	80 – 209
12	35,000	106,000	500	70 – 212
13	35,000	120,000	570	61 – 211

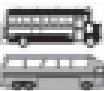
*Researchers defined trucks as vehicles with three or more axles (Middleton, 2006).

**Estimated from weight and power values.

(varia mais com a idade e condição de carga do que com o tipo de veículo !)

Exhibit 20. FHWA vehicle classification scheme.

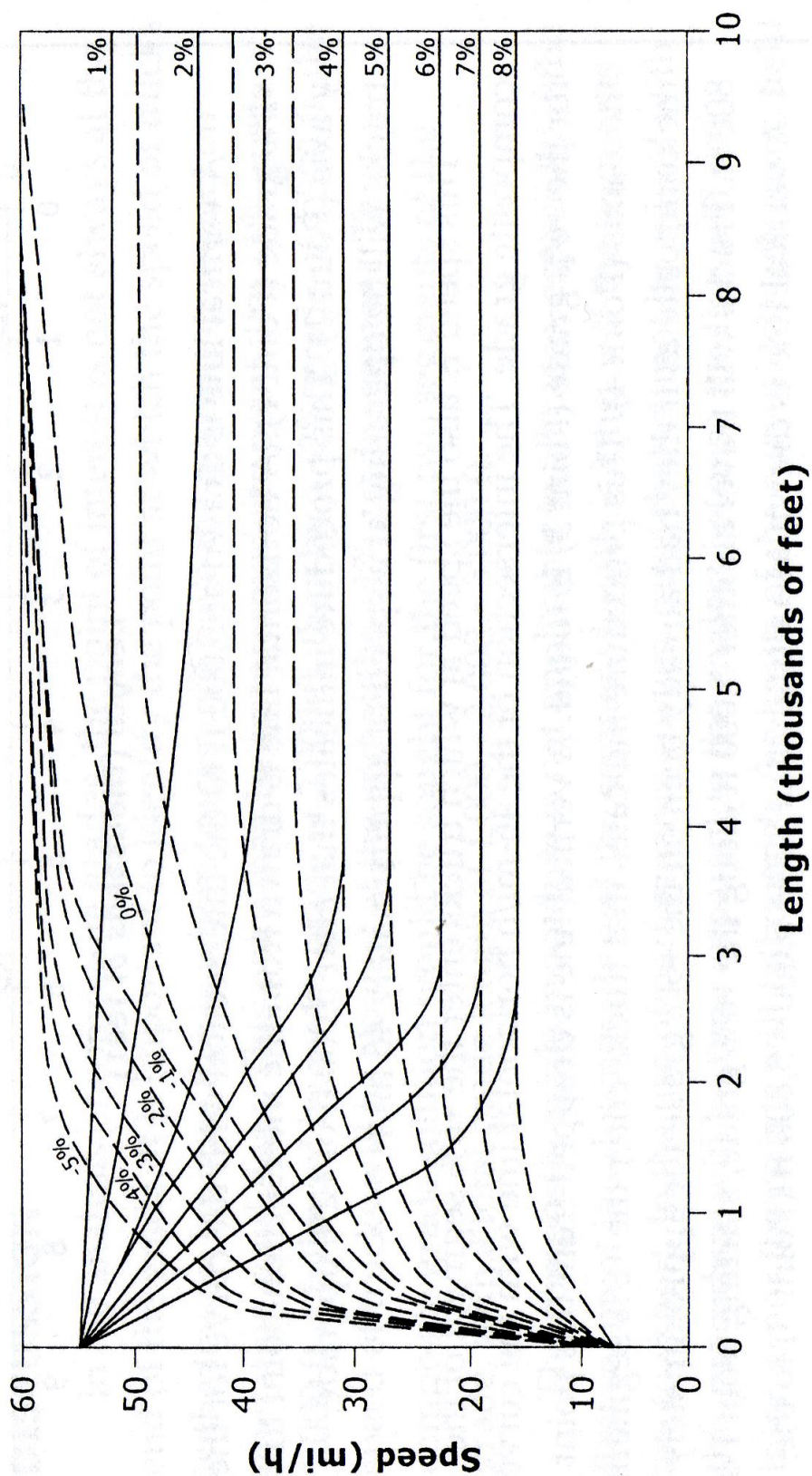
NCFRP REPORT 31

Class	Illustration	Description
1		<i>Motorcycles:</i> All two or three-wheeled motorized vehicles.
2		<i>Passenger Cars:</i> All sedans, coupes, and station wagons manufactured primarily for the purpose of carrying passengers and including those passenger cars pulling recreational or other light trailers.
3		<i>Other Two-Axle, Four-Tire Single Unit Vehicles:</i> All two-axle, four-tire vehicles other than passenger cars. Generally pick-up trucks, sports utility vehicles, vans.
4		<i>Buses:</i> All vehicles manufactured as traditional passenger-carrying buses with two axles and six tires or three or more axles. Excludes modified buses no longer capable of mass passenger transport.
5		<i>Two-Axle, Six-Tire, Single-Unit Trucks:</i> All vehicles on a single frame including trucks, camping and recreational vehicles, motor homes, etc., with two axles and dual rear wheels.
6		<i>Three-Axle Single-Unit Trucks:</i> All vehicles on a single frame including trucks, camping and recreational vehicles, motor homes, etc., with three axles.
7		<i>Four or More Axle Single-Unit Trucks:</i> All trucks on a single frame with four or more axles.
8		<i>Four or Fewer Axle Single-Trailer Trucks:</i> All vehicles with four or fewer axles consisting of two units, one of which is a tractor or straight truck power unit.
9		<i>Five-Axle Single-Trailer Trucks:</i> All five-axle vehicles consisting of two units, one of which is a tractor or straight truck power unit.
10		<i>Six or More Axle Single-Trailer Trucks:</i> All vehicles with six or more axles consisting of two units, one of which is a tractor or straight truck power unit.
11		<i>Five or Fewer Axle Multi-Trailer Trucks:</i> All vehicles with five or fewer axles consisting of three or more units, one of which is a tractor or straight truck power unit.
12		<i>Six-Axle Multi-Trailer Trucks:</i> All six-axle vehicles consisting of three or more units, one of which is a tractor or straight truck power unit.
13		<i>Seven or More Axle Multi-Trailer Trucks:</i> All vehicles with seven or more axles consisting of three or more units, one of which is a tractor or straight truck power unit.

Adapted from FHWA, 2001 and Maryland SHA, 2012.

curvas de operação antigas (baseadas no NCHRP R185 e R505)

Figura 11-A1. Curvas de Velocidade para Caminhão de 200 lb/hp (120kg/kw) – HCM/2010



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)

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

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

com $F_S = 1,1199 \cdot \ln \left[\frac{S_L - 32 \text{ km/h}}{1,6} \right] + 0,8103$, limite de velocidade: S_L 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 $W_e = W_v + L_A - \%OP/100 \cdot (3,0\text{m})$ se o acostamento tem $L_A \geq 2,4\text{m}(8\text{ft})$

? $W_e = W_v + L_A - \%OP/100 \cdot 2 \cdot (L_A + 0,6\text{m})$ se $1,2\text{m}(4\text{ft}) \leq L_A < 2,4\text{m}(8\text{ft})$

? $W_e = W_v + \%OP/100 \cdot (L_A + 0,6\text{m})$ 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 $W_v = (L_O + L_A) \cdot (2 - 0,005 \cdot Q)$

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/6thEd (2016)

⇒ deficiência comuns aos procedimentos anteriores:

- . não analisa situações de sobre-demanda ($Q > C$) e aleatoriedade
- . não analisa distribuição dos fluxos por faixa (leves e pesados)
(mas diferencia a operação para leves e pesados no modelo de tráfego misto)
- . estimativa dos fatores equivalentes (voltam a ser de capacidade):
 admite que os automóveis não são afetados pelo perfil da via
 admite que efeito dos pesados não varia com nível de fluxo ($x = \frac{q}{C}$)
 não avalia perda de velocidade dos pesados com congestionamento
 (modelo de tráfego misto avalia perda de velocidade adicional provocada pelos pesados)

⇒ os procedimentos atuais são teoricamente mais adequados que do HCM/85

- . curvas básicas de desempenho próprias do segmento (100% autos) !
- . ainda ignora muitos fatores que afetam a velocidade de fluxo livre
- . admite que a velocidade de fluxo livre caracteriza totalmente a capacidade !
- novos modelos de tráfego misto podem avaliar velocidade média real (para autos e pesados)
- . adota relação peso/potência típica de 100lb/hp para SU e 160lb/hp para TT (carga ...)
- . alega produzir resultados similares de equivalentes, iguais aos anteriores com p_{VP} maior!?

⇒ o procedimento para vias expressas:

- . não considera outros fatores geométricos (como perfil vertical e horizontal)
- . mas introduz efeitos importantes como trechos em obras e faixas de uso especial

⇒ o procedimento para rodovias de múltiplas faixas:

- . não considera efeito do no. faixas e geometria na velocidade de fluxo livre
- . não considera os mesmos efeitos analisados para vias expressas (extrapolação)

⇒ revisão dos valores de capacidade básica é admissível (valores do HCM/2010)

⇒ novo modelo para tráfego misto e fatores equivalentes tem de ser validados !

- . e_{VP} : melhoria da relação peso/potência menor no Brasil (necessário validar ainda mais ...)
 deveria manter fatores equivalente distintos para fluxo e para densidade ...
 os fatores são similares aos anteriores com p_{VP} maior (os piores dados anteriores).
- . modelo de tráfego misto: equivalente implícito não pondera V de SU, TT (pondera i_g e p_{VP}),
 nem pondera a composição SU/TT (considerados apenas na previsão de V misto);
 curvas de tempo de viagem não validadas e sujeitas a diversas críticas relevantes!

VER EXERCÍCIO REVISÃO EXPRESSAS

VER EXERCÍCIO REVISÃO RODOVIAS

⇒ 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 sem revisões ou ajustes e correções relevantes ...