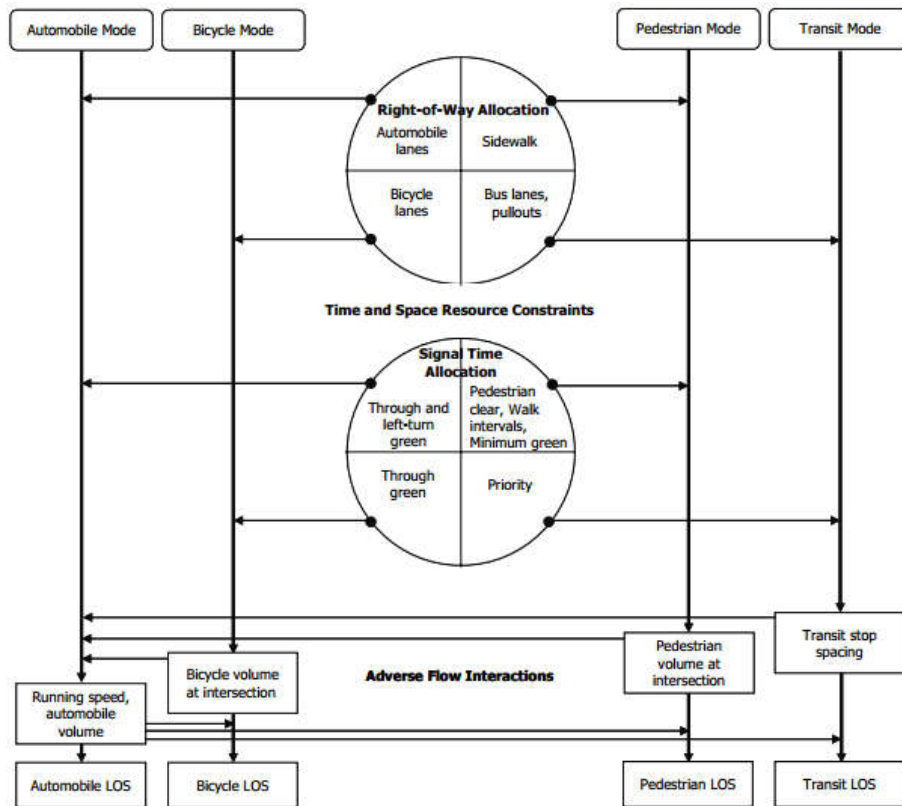


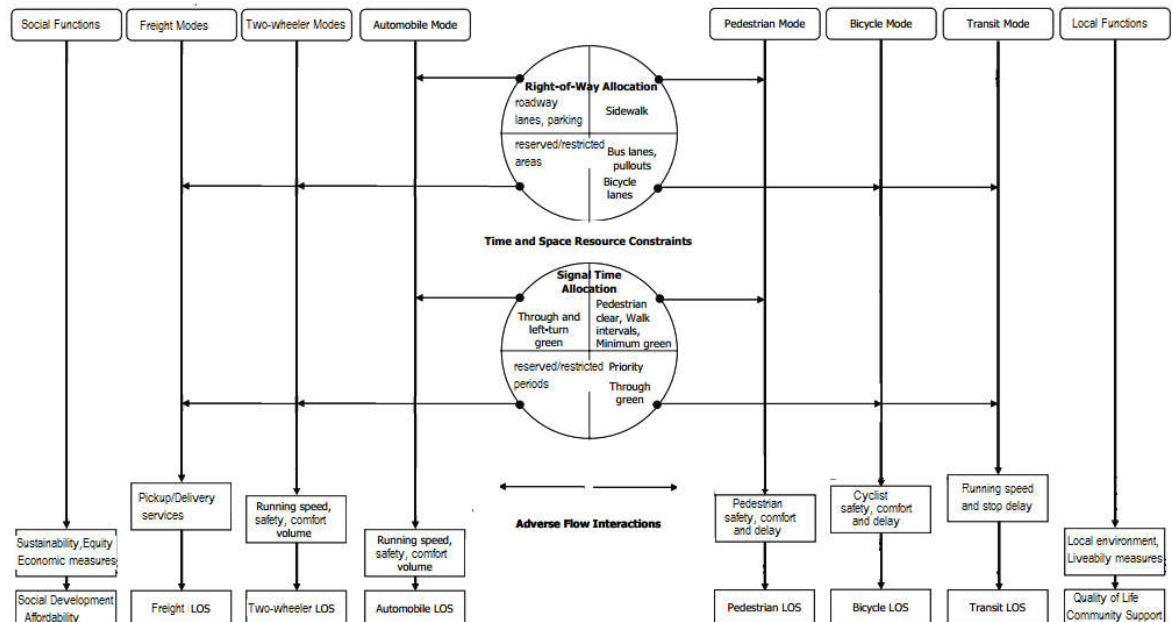
## Nível de Serviço em Vias Urbanas (Arteriais) no U.S.HCM/2010

- ⇒ Enfoque multimodal com medidas de qualidade percebida (como usual no HCM2010) (fonte alternativa e inspiradora: *QLOS Handbook*, DoT, Florida, USA)
- ⇒ Avaliações com diferentes pontos de vista: auto, pedestre, ciclista; e transporte público introdução da avaliação com base nas notas de qualidade percebida (*LOS Score*) (incorporam aspectos relevantes mas com modelos incipientes, pouco validados, formulados de forma empírica, sem base conceitual clara e uniforme de análise)
- ⇒ Segmento: integra avaliação do trecho (*link*) com a interseção no limite, nó (*node*) ... (tipicamente, extensão de pelo menos 250ft (75m) antes da linha de retenção)
- ⇒ Autos: baseado na Velocidade Média de Viagem (como % da Velocidade Básica Livre) e na Razão Demanda/Capacidade ( $X$ =taxa de solicitação da capacidade)
  - avaliação da qualidade percebida é um aspecto complementar da análise para autos;
  - procedimento preliminar avalia ajustes na medida de demanda (incluindo O/D na via)
  - avalia também a existência de bloqueio por fila (não é aplicável; subdividir período).
- ⇒ Pedestres: baseado na Nota de Nível de Serviço (qualidade de serviço percebida) e no Espaço Médio por Pedestre em Circulação (inverso da densidade média)
  - avaliação do espaço médio em espera é um aspecto não incorporado para pedestres;
  - avaliação da velocidade média de viagem é um aspecto incorporado para pedestres;
- ⇒ Ciclistas: baseado na Nota de Nível de Serviço (qualidade de serviço percebida)
  - avaliação da densidade em circulação é um aspecto não incorporado para ciclistas;
  - avaliação do espaço médio em espera é um aspecto não incorporado para ciclistas;
  - avaliação da velocidade média de viagem é um aspecto incorporado para ciclistas;
- ⇒ Proposto também um procedimento para avaliação do Transporte Público (tratado mais detalhadamente no TCQSM do TCRP R165, não no HCM)

Visão multimodal introduzida no HCM/2010:



Visão interessante mas poderia ser ampliada:



## Análise para Autos no U.S.HCM/2010

⇒ **Unidade de Análise:** trechos (unidirecionais, "homogêneos") da via arterial/coletora (abandonou o critério tradicional de classificação de arteriais do HCM)

**Tabela 16-4,17-2. Critério de Nível de Serviço para Autos em Segmento de Vias Urbanas (Arteriais/Coletoras) no HCM2010**

Velocidade de Viagem como % da Velocidade Básica de Viagem Livre	Razão Demanda/Capacidade (%)	
	≤100%	>100%
>85	A	F
>67-85	B	F
>50-67	C	F
>40-50	D	F
>30-40	E	F
≤30	F	F

avalia operação do fluxo direto apenas (não de fluxos que realizam conversões)

⇒ **Procedimento de Análise:** combina trecho em fluxo contínuo e interseções adiante

⇒ **Velocidade de fluxo livre:** função da velocidade de fluxo livre básica (e seu limite) das características da seção e dos acessos lindeiros no trecho

$$\tilde{V}_{FL} = \tilde{V}_{FL0} - \Delta_{CS} - \Delta_A \text{ (pretensamente para autos), onde}$$

$\tilde{V}_{FL0}$  é a velocidade de fluxo livre básica (**Tabela 17-11a**)

$\Delta_{CS}$  é a correção para características da seção (**Tabela 17-11b**)

$\Delta_A$  é a correção para os pontos de acesso (**Tabela 17-11c**)

Ajuste para o espaçamento  $L_s$  entre semáforos:  $\tilde{V}_f = f_L \cdot \tilde{V}_{FL}$ , onde

$$f_L = 1.02 - 4,7 \cdot \frac{\tilde{V}_{FL} - 19,5 \text{ mi/h}}{\max\{L_s; 400 \text{ ft}\}} \geq 1,0 \quad (f_L = 1.02 - 0,9 \cdot \frac{\tilde{V}_{FL} - 31,2 \text{ km/h}}{\max\{L_s; 122 \text{ m}\}} \geq 1,0)$$

⇒ **Tempo de viagem no segmento:** incluindo o trecho e a interseção no limite

$$\bar{V} = \frac{L}{t_R + d_t} \text{ onde } d_t \text{ é o atraso na interseção limite para o fluxo direto com}$$

$$t_R = \frac{\tau_0 - t_0}{\gamma \cdot L} \cdot f_x + \frac{L}{V_f} \cdot f_Q + \sum_k^{N_a} d_{ap,k} + d_o, \gamma = 0,0025 / \text{ft} = 0,00282 / \text{m}, \tau_0 = 6,0 \text{s}$$

$$f_Q = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{Q_m / N_{ft}}{52,8 \cdot \tilde{V}_{FL} (\text{mi/h})}\right)^{0,21}} = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{Q_m / N_{ft}}{33,0 \cdot \tilde{V}_{FL} (\text{kmi/h})}\right)^{0,21}} \text{ (fator de "proximidade")}$$

$$t_0 = \begin{cases} 2,0 \text{s em semáforos} \\ 2,5 \text{s com PARE (R1) ou} \\ \text{DÊ PREFERÊNCIA (R2)} \end{cases} \quad (\text{de partida}), f_x = \begin{cases} 1 \text{ para aproximação com semáforo ou R1} \\ 0 \text{ para aproximação preferencial com R1/R2} \\ \min\{Q_t / C_t; 1\} \text{ para aproximação com R2} \end{cases}$$

$d_{apk}$ : atraso nos pontos de acesso k (s);  $d_o$ : outros atrasos intermediários (s)

**TABELA 17-11a. Velocidade Básica de Fluxo Livre em Vias Urbanas no HCM/2010**

Limite de Velocidade $V_L$	Constante da Velocidade $\tilde{V}_{FL0}$ *
25mi/h (40km/h)	37,4mi/h (59,8km/h)
30mi/h (48km/h)	39,7mi/h (63,5km/h)
35mi/h (56km/h)	42,1mi/h (67,4km/h)
40mi/h (64km/h)	44,4mi/h (71,0km/h)
45mi/h (72km/h)	46,8mi/h (74,9km/h)
50mi/h (80km/h)	49,1mi/h (78,6km/h)
55mi/h (88km/h)	51,5mi/h (82,4km/h)

$$* \tilde{V}_{FL0} = 25,6 + 0,47.V_L \text{ (mi / h)} = 40,1 + 0,47.V_L \text{ (km / h)}$$

**TABELA 17-11b. Correção pela Seção Transversal em Vias Urbanas no HCM/2010**

Tipo de Canteiro Central	Porcentagem da Extensão com Restrição	Correção $\Delta_{CS}$ *	
		Sem Guia	Com Guia
Restritivo	20	0,3mi/h (0,48km/h)	0,9mi/h (1,44km/h)
	40	0,6mi/h (0,96km/h)	1,4mi/h (2,24km/h)
	60	0,9mi/h (1,44km/h)	1,8mi/h (2,88km/h)
	80	1,2mi/h (1,92km/h)	2,2mi/h (3,52km/h)
	100	1,5mi/h (2,40km/h)	2,7mi/h (4,32km/h)
Não Restritivo	-	0mi/h (0km/h)	0,5mi/h (0,80km/h)
Sem Canteiro Central	-	0mi/h (0km/h)	0,5mi/h (0,80km/h)

$$* \Delta_{CS} = 1,5.p_{rm} - 0,47.p_{guia} + 3,7.p_{rm}.p_{guia} \text{ (mi / h)} = 2,4.p_{rm} - 0,75.p_{guia} + 5,9.p_{rm}.p_{guia} \text{ (km / h)}$$

$p_{rm}$  : proporção da extensão do trecho com restrição (como guias elevadas, excluindo aberturas);

$p_{guia}$  : proporção da extensão do trecho com guia (à direita, incluindo entradas e saídas)

**TABELA 17-11c. Correção pelos Pontos de Acesso em Vias Urbanas no HCM/2010**

Densidade de Acessos $D_A$	Correção $\Delta_A$ *			
	1 fx	2 fxs	3 fxs	4 fxs
0/mi (0,0/km)	0mi/h (0km/h)	0mi/h (0km/h)	0mi/h (0km/h)	0mi/h (0km/h)
2/mi (1,25/km)	0,2mi/h (0,32km/h)	0,1mi/h (0,16km/h)	0,1mi/h (0,16km/h)	0mi/h (0km/h)
4/mi (2,50/km)	0,3mi/h (0,48km/h)	0,2mi/h (0,32km/h)	0,1mi/h (0,16km/h)	0,1mi/h (0,16km/h)
10/mi (6,25/km)	0,8mi/h (1,28km/h)	0,4mi/h (0,64km/h)	0,3mi/h (0,48km/h)	0,2mi/h (0,32km/h)
20/mi (12,5/km)	1,6mi/h (2,56km/h)	0,8mi/h (1,28km/h)	0,5mi/h (0,80km/h)	0,4mi/h (0,64km/h)
40/mi (25,0/km)	3,1mi/h (4,96km/h)	1,6mi/h (2,56km/h)	1,0mi/h (1,60km/h)	0,8mi/h (1,28km/h)
60/mi (37,5/km)	4,7mi/h (7,52km/h)	2,3mi/h (3,68km/h)	1,6mi/h (2,56km/h)	1,2mi/h (1,92km/h)

$$* \Delta_A = 0,078 \cdot \frac{D_A}{N_{ft}} \text{ (mi / h)} = 0,2 \frac{D_A}{N_{ft}} \text{ (km / h)}, D_A = \frac{N_{ap,s} + N_{ap,o}}{L - W_i \text{ (ft)}} \cdot 5280 \text{ mi / ft} = \frac{N_{ap,s} + N_{ap,o}}{L - W_i \text{ (m)}} \cdot 1000 \text{ km / m}$$

onde  $D_A$  é a densidade de pontos de acesso no trecho,  $N_{ft}$  é o número de faixas que permitem fluxo adiante no trecho,  $L - W_i$  é a extensão do trecho (sem a largura da interseção),  $N_{ap,s}$  é o número de pontos de acesso à direita no sentido analisado e  $N_{ap,o}$  é o número de pontos de acesso à direita no sentido oposto ao analisado (admitindo que podem acessar o sentido analisado); os pontos de acesso correspondem às aproximações para saída de veículos ( se a interseção que delimita o trecho não é semaforizada, a aproximação da via transversal também é contada como ponto de acesso).

- ⇒ **Demanda e atraso nos pontos de acesso:** entre outras interferências  
 demanda intermediária ( $Q_m$ , v/h): inclui demanda dos pontos de acesso locais ...  
 as demandas nos pontos de acesso intermediários devem ser medidas  
 os atrasos nos pontos de acesso ou outros atrasos devem ser medidos  
 para os atrasos nos pontos de acesso, pode-se também utilizar a **TABELA 17-13**

**TABELA 17-13. Atraso pelas Conversões nos Pontos de Acesso em Vias Urbanas no HCM/2010**

Demanda Intermediária $Q_m/N_t$ (v/h/fx)	Atraso por Veículo Direto $d_{apk}$ (s/ponto) *		
	1 fx	2 fxs	3 fxs
200	0,04	0,04	0,05
300	0,08	0,08	0,09
400	0,12	0,15	0,15
500	0,18	0,25	0,15
600	0,27	0,41	0,15
700	0,39	0,72	0,15

\* Valores de atraso por veículo adiante com 10% conversões à direita e 10% conversões à esquerda, sem baía de conversão, do segmento para o acesso (senão, adotar valor proporcional que excede a baía de conversão) ... ??

- ⇒ **Curva de operação implícita:** no trecho antes da interseção no limite

antes da interseção: capacidade no trecho:  $\tilde{C}_t = 1800 \cdot (N_t - 1 + p_{oj}^*)$ ,

$$p_{oj}^* = 1 - (1 - p_{oj}) \left( 1 + \frac{X_{tr}^{n_L+1}}{1 - X_{tr}} \right)^{\frac{1}{n_L+1}}, \text{ com } p_{oj} = 1 - \frac{Q_e}{C_e} \text{ e } X_{tr} = \frac{Q_t}{S_t} + \frac{Q_d}{S_d}$$

onde conversões à esquerda  $Q_e$  em baias com  $n_L$  vagas da via principal bloqueiam fluxos diretos (t) e conversões à direita (d) ao transbordar a baía

velocidade no trecho:  $\tilde{V} = \frac{\tilde{V}_{FL}}{f_Q}$  (de fluxo) e  $\tilde{V}_R = \frac{L}{t_R}$  (de percurso)

$$\tilde{V} = \frac{\tilde{V}_{FL}}{2} \cdot \left( 1 + \left( 1 - \frac{\tilde{Q}_m/N_{ft}}{52,8 \cdot \tilde{V}_{FL} \text{ (mi/h)}} \right)^{0,21} \right) = \frac{\tilde{V}_{FL}}{2} \cdot \left( 1 + \left( 1 - \frac{\tilde{Q}_m/N_{ft}}{33,0 \cdot \tilde{V}_{FL} \text{ (km/h)}} \right)^{0,21} \right)$$

$\tilde{Q}_m$  é a demanda (veq/h) no trecho entre interseções (meio-de-quadra)

$N_{ft}$  é o número de faixas que permitem fluxo direto (adiante) no trecho

- ⇒ **Tempo de viagem no segmento:** incluindo o atraso adiante na interseção limite

avaliação em função de características das interseções semaforizadas  
 (assume que via é preferencial em interseções com PARE/DÊ PREFERÊNCIA)

- ⇒ **Atraso na interseção limite do segmento:** considerado apenas para o fluxo direto  
 da análise da interseção semaforizada:  $\bar{d}_a = \bar{d}_r + \bar{d}_s$ , com  $\bar{d}_s = \bar{d}_1$  (regular) e  
 $\bar{d}_s = \bar{d}_2 + \bar{d}_3$  (sobre-atraso e adicional gerado pela fila inicial)  
 (segundo o procedimento tradicional do HCM, que avalia por grupo de faixas,  
 não por grupo de tráfego, o fluxo direto pode aparecer em diversos grupos).

⇒ **Avaliação da qualidade de serviço percebida:** aspecto complementar para autos

$I_{a,seg} = 1 + P_{BCDEF} + P_{CDEF} + P_{DEF} + P_{EF} + P_F$  é a nota de qualidade percebida

onde os  $P_{BCDEF}, P_{CDEF}, P_{DEF}, P_{EF}, P_F$  são as proporções de usuários que qualificariam a condição de operação analisada como uma dada faixa no nível de qualidade; os valores são acumulados para os níveis de A a F (portanto,  $P_A = 1 - P_{BCDEF}$ ) e

$I_{a,seg}$  dá implicitamente peso 0 para nível A, peso 1 para nível B, ..., peso 5 para nível F

Previsão da avaliação dos usuários de auto:  $P_N = \frac{1}{1 + e^{\theta_0^N + \theta_H \cdot H + \theta_B \cdot P_B}}$  para notas nível N

onde  $H_s$  é a taxa de paradas por veículo e extensão no segmento s;

( $H_s = \frac{\bar{h}_a + \bar{h}_o}{L}$ , paradas na interseção  $\bar{h}_a$  e outras paradas  $\bar{h}_o$  no trecho)

$p_B$  é a proporção das interseções com baias/faixas de conversão

Nota de Nível de Serviço Atribuída pelos Usuários	Coeficientes para Estimativa da Qualidade Percebida para Autos *		
	$\theta_0$	$\theta_H$	$\theta_B$
BCDEF	-1,1614	-0,253	+0,3434
CDEF	0,6234	-0,253	+0,3434
DEF	1,7389	-0,253	+0,3434
EF	2,7047	-0,253	+0,3434
F	3,8044	-0,253	+0,3434

⇒ **Taxa média de paradas por veículo:** considerado apenas para o fluxo direto da análise da interseção semaforizada:  $\bar{h}_a = \bar{h}_r + \bar{h}_s$ , com  $\bar{h}_s = \bar{h}_1$  (regular) e

$\bar{h}_s = \bar{h}_2 + \bar{h}_3$  (sobre-atraso e adicional gerado pela fila inicial)

onde  $\bar{h}_1 = \frac{n_{b1}}{X_q \cdot s_{ft} \cdot g_{ef}}$  e  $\bar{h}_s = \frac{n_{b2} + n_{b3}}{Q_{ft}/N_{ft} \cdot t_c}$  com  $X_q = \min \left\{ 1; \frac{Q_{ft}/N_{ft}}{s_{ft} \cdot g_{ef}/t_c} \right\} = \frac{q_{ft}/N_{tf}}{s_{ft} \cdot g_{ef}/t_c}$ ,

( $n_{b1}, n_{b2}, n_{b3}$  são os componentes da fila máxima média, por faixa)

(segundo o procedimento tradicional do HCM, que avalia por grupo de faixas, não por grupo de tráfego, o fluxo direto pode aparecer em diversos grupos).

## Análise (Simplificada) para Autos no U.S.HCM/2000

⇒ Tempo de viagem no segmento:  $\bar{V} = \frac{L}{t_R + d_t}$  onde  $d_t$  é o atraso na interseção limite

**TABELA 10-3. Classes Arteriais Segundo sua Função e Categoria de Projeto- HCM/2000**

Categoria de Projeto	Categoria Funcional	
	Artéria Principal	Artéria Secundária
Alta Velocidade	I	-
Suburbano Típico	II	II
Intermediário	II	III ou IV
Urbano Típico	III ou IV	IV

**TABELA 10-4. Classificação de Auxílio para Definir Vias Arteriais- HCM/2000**

Critério	Categoria Funcional			
	Artérias Principais		Artérias Menores	
Função Mobilidade	Muito importante		Importante	
Função Acesso	Muito menor		Substancial	
Pontos Conectados	vias expressas, centros de atividades importantes, geradores de tráfego principais		Artérias principais	
Viagens Predominantes	viagens relativamente longas entre os pontos		Viagens com comprimento moderado em áreas geográficas relativamente pequenas	
Servidas	conectados e viagens através, entrando, deixando e cruzando a cidade.			
Critério	Categoria de Projeto			
	Alta Velocidade	Suburbano	Intermediário	Urbano
Densidade de Acessos	densidade muito baixa	baixa densidade	densidade moderada	alta densidade
Seção Transversal	múltiplas faixas, pistas divididas ou não	múltiplas faixas com canteiro; pista simples com múltiplas faixas ou 2 faixas com acostamento	múltiplas faixas com ou sem canteiro; via de sentido único; pista simples com 2 faixas	pista simples com sentido único; sentido duplo com 2 ou mais faixas
Estacionamento	sem estacionamento	sem estacionamento	algum estacionamento	estacionamento usual
Faixas Separadas de Conversão à Esquerda (LT)	sim	sim	usual	Algum
Semáforos (nº/km)	0,3-1,2	0,6-3,0	2-6	4-8
Limites de Velocidade	75-90	65-75 km/h	50-65 km/h	40-55 mph
Interferências de Pedestres	muito pouca	pouca	alguma	Usual
Ocupação ao Redor da Via	baixa densidade	baixa a média densidade	densidade média/moderada	densidade alta

**TABELA 15-3. Tempo de Percurso por Quilômetro no Segmento- HCM/2000**

Classe Arterial	I			II			III		IV		
Velocidade Fluxo Livre (km/h)	90	80	70	70	65	55	55	50	55	50	40
Comprimento Médio no Segmento (m)	Tempo de Percurso por Km (seg/km)										
100	c	c	c	c	c	c	-	-	-	129	159
200	c	c	c	c	c	c	88	91	97	99	125
400	59	63	67	66	68	75	75	78	77	81	96
600	52	55	61	60	61	67	d	d	d	d	d
800	45	49	57	56	58	65	d	d	d	d	d
1000	44	48	56	55	57	65	d	d	d	d	d
1200	43	47	54	54	57	65	d	d	d	d	d
1400	41	46	53	53	56	65	d	d	d	d	d
1600	40 <sup>b</sup>	45 <sup>b</sup>	51 <sup>b</sup>	51 <sup>b</sup>	55 <sup>b</sup>	65 <sup>b</sup>	d	d	d	d	d

a-É melhor ter uma estimativa da velocidade fluxo livre. Se, entretanto, não houver, então usar a tabela assumindo os valores seguintes:

Para a Classe Velocidade Fluxo Livre (km/h)

I	80
II	65
III	55
IV	45

b- Para segmentos de comprimento muito grande de artérias de Classe I e II (1600 metros ou maior), a velocidade de fluxo livre pode ser usada para calcular o tempo de percurso por milha. Estes tempos estão mostrados nas entradas para segmentos de 1600 metros de comprimento.

c- Se um segmento de via arterial com Classe I ou II tem extensão menor que 400 metros, o usuário deve: (a) reavaliar a classificação; (b) se o segmento for mantido como distinto, usar os valores tabelados para 400 metros.

d- Da mesma forma, um segmento de via arterial com Classe III e IV tem extensão maior que 400 metros deve primeiro ser reavaliado (isto é, a classificação deve ser confirmada). Se necessário, então os valores tabelados podem ser extrapolados.

e- Embora, a tabela não mostre a dependência do tempo de percurso no segmento do fluxo de tráfego, é lógico que existe esta dependência; entretanto, a dependência do atraso na interseção do fluxo de tráfego é mais forte e domina o cálculo da velocidade média.

## Análise para Pedestres no U.S.HCM/2010

⇒ Unidade de Análise: trechos (unidirecionais, "homogêneos") da via arterial/coletora (aplica-se aos percursos adjacentes às vias urbanas, com ou sem calçada)

**Tabela 16-5,17-3. Critério de Nível de Serviço para Pedestres em Segmento de Vias Urbanas (Arteriais/Coletoras) no HCM2010**

Nota de Nível de Serviço para Pedestres	Espaço Médio por Pedestre em Circulação					
	>60ft <sup>2</sup> /ped (5,6m <sup>2</sup> /ped)	>40-60 ft <sup>2</sup> /ped (3,7-5,6m <sup>2</sup> /ped)	>24-40 ft <sup>2</sup> /ped (2,2-3,7m <sup>2</sup> /ped)	>15-24 ft <sup>2</sup> /ped (1,4-2,2m <sup>2</sup> /ped)	>8-15 ft <sup>2</sup> /ped (0,75-1,4m <sup>2</sup> /ped)	<=8* ft <sup>2</sup> /ped (0,75m <sup>2</sup> /ped)
<=2,00	A	B	C	D	E	F
>2,00-2,75	B	B	C	D	E	F
>2,75-3,50	C	C	C	D	E	F
>3,50-4,25	D	D	D	D	E	F
>4,25-5,00	E	E	E	E	E	F
>5,00	F	F	F	F	F	F

\*Com fluxos cruzados de pedestres, limite E/F é 13ft<sup>2</sup>/ped(1,2m<sup>2</sup>/ped)

Avalia operação do fluxo paralelo à via (avaliação complementar das travessias)

⇒ **Procedimento de Análise:** combina qualidade percebida e espaço em circulação

Nota de qualidade de serviço percebida:  $I_{p,seg} = F_{cd} \cdot I_{p0,seg}$  onde

$$I_{p0,seg} = 1,606 + 0,318 \cdot I_{p,link} + 0,220 \cdot I_{p,int} \quad (\text{trecho e interseção})$$

$$F_{cd} = 1,0 + \frac{0,10 \cdot d_{px} - I_{p0,seg}}{7,5} \begin{cases} \geq 0,80 \\ \leq 1,20 \end{cases} \quad \text{onde } d_{px} = \min\{d_{pd}; d_{pw}; 60s\}$$

com  $d_{pd} = e$   $d_{pw} =$

onde  $I_{p,link}$  é a nota de qualidade de serviço no trecho (entre interseções) e

$I_{p,int}$  é a nota de qualidade de serviço na travessia da interseção limite determinado na análise da interseção (ver adiante)

$F_{cd}$  é o fator de dificuldade de travessia (de meio de quadra, entre interseções)

Em via sem calçada, o espaço em circulação não é analisado (admite não restritivo)

Em via com calçada: espaço em circulação por pedestre:  $A_p = \frac{V_p}{Q_{pu}}$ ,  $Q_{pu} = \frac{Q_p}{W_L}$

onde  $Q_p$  é o fluxo de pedestre (velocidade  $V_p$ ) na calçada e

$W_L$  é a largura útil para circulação na calçada

Aspecto complementar: espaço em espera (não está incorporado na análise ...)



⇒ **Velocidade de fluxo livre:** critérios similares a caminhos de pedestres(segregados)

em caminhos de pedestres:  $V_{Fped} = 4,0\text{ft/s}(1,2\text{ m/s})$  para 20% ou menos idosos

$V_{Fped} = 3,3\text{ft/s}(1,0\text{ m/s})$  para mais de 20% de idosos (65 anos ou mais), em nível

efeito do active: menos  $0,3\text{ft/s}(0,1\text{m/s})$  para cada 10% de active

ao longo da via, em calçadas: velocidade maior  $V_{ped} = 5,0\text{ft/s}(1,5\text{m/s})$  ...

⇒ **Velocidade de fluxo:** função do fluxo de pedestres por unidade de largura útil,  $Q_{pu} = \frac{Q_p}{W_L}$

$$V_{ped} = \left(1 - \beta_{ped} 0,00078 \cdot Q_{pu}^2\right) V_{Fped} \geq 0,5 \cdot V_{Fped}, \text{ com } \beta_{ped} = 0,00078 \text{ft}^2 \cdot \text{min}^2 = 0,0000725 \text{m}^2 \cdot \text{min}^2$$

⇒ **Largura útil (efetiva) para fluxo de pedestres:** exclui obstruções aos pedestres

$W_L = W_T - \Delta_{o,i} - \Delta_{o,o} - \Delta_{s,i} - \Delta_{s,o} \geq 0$ , onde  $W_T$  é a largura total disponível,

$\Delta_{s,i}, \Delta_{s,o}$  são as distâncias de afastamento lateral (*shy distance*, interno, externo)

$\Delta_{s,i} = \max\{W_b, 1,5\text{ft}(0,45\text{m})\}$ , onde  $W_b$  é a largura entre calçada e guia

$\Delta_{s,o} = \beta_w \cdot p_w + \beta_b \cdot p_b + \beta_f \cdot p_f$  onde  $p_w, p_b, p_f$  é a proporção da extensão do trecho com janelas, edificações e cercas adjacentes com

$\beta_w = 3,0\text{ft} = 0,9\text{m}$ ,  $\beta_b = 2,0\text{ft} = 0,6\text{m}$  e  $\beta_f = 1,5\text{ft} = 0,45\text{m}$

$\Delta_{o,i}, \Delta_{o,o}$  são as larguras adicionais obstruídas por objetos fixos (interno, externo)

$\Delta_{o,i} = w_{o,i} - \Delta_{s,i} \geq 0$  e  $\Delta_{o,o} = w_{o,o} - \Delta_{s,o} \geq 0$  (pode haver  $\Delta_{o,m} = w_{o,m}$ )

( $w_o$ : mesmos critérios aplicados a caminhos/calçadas segregadas)

⇒ **Espaço em circulação:** inverso da densidade média no fluxo de pedestres

fluxo de pedestres por unidade de largura útil:  $Q_{pu} = \frac{Q_p}{W_L}$

espaço por pedestres em circulação:  $A_p = \frac{V_p}{Q_{pu}}$  (unidades consistentes)

⇒ **Análise do Trecho:**  $I_{p,link} = 6,0468 + \Delta_w + \Delta_Q + \Delta_v$  onde

$\Delta_w = -1,2276 \cdot \ln[\gamma_Q \cdot W_Q + \gamma_l \cdot W_l + \gamma_k \cdot p_k + \gamma_b \cdot W_b + \gamma_{aA} \cdot W_{aA}]$  é o efeito de largura com  $\gamma_Q = 1/\text{ft} = 3,28/\text{m}$  e  $W_Q$  é a largura efetiva da faixa externa (faixa direta, mas incluindo ciclo-faixa e acostamento, se existentes)

com  $\gamma_l = 0,5/\text{ft} = 1,64/\text{m}$  e  $W_l$  é a largura efetiva da ciclo-faixa e acostamento com  $\gamma_k = 50$  e  $p_k$  é a proporção da extensão com estacionamento na via ocupado com  $\gamma_b = 1/\text{ft} = 3,28/\text{m}$  e  $W_b$  é a distância entre calçada e guia (*buffer*)

exceto com separador alto e contínuo entre calçada e guia  $\gamma_b = 5,37/\text{ft} = 17,6/\text{m}$  (alto se mais de  $3\text{ft}=0,9\text{m}$ ; contínuo se menos de  $2\text{ft}=0,6\text{m}$  espaçados)

com  $\gamma_{aA} = 6,0 - \beta_{aA} \cdot W_{aA}$  e  $W_{aA} = \min\{W_A; 10\text{ft}(3,0\text{m})\}$  é a largura disponível efetiva onde  $\beta_{aA} = 0,3/\text{ft} = 0,9/\text{m}$ ,  $W_A = W_T - W_b$ : largura de calçada (0=ausente)

$\Delta_Q = 0,0091 \cdot \frac{Q_m}{4 \cdot N_{ft}}$  é o efeito do tráfego  $Q_m$  (nas faixas diretas  $N_{ft}$  do trecho)

$\Delta_v = 4 \cdot \left( \beta_R \cdot \frac{V_R}{100} \right)^2$  é o efeito da velocidade de percurso do tráfego ( $V_R = \frac{L}{t_R}$ )

$$\beta_R = \frac{3600\text{s/h}}{5280\text{ft/mi}} = \frac{3600\text{s/h}}{1600\text{m/mi}} \quad (\text{transforma } V_R \text{ em mi/h})$$

avaliação das larguras: se  $p_k = 0$ , então  $W_t = w_{ol} + w_{bl} + w_{os}^*$  senão  $W_t = w_{ol} + w_{bl}$

se  $Q_m > 160\text{v/h}$  ou há canteiro então  $W_Q = W_t$  senão  $W_Q = W_t \cdot (2 - 0,005 \cdot Q_m)$

se  $p_k < 0,25$  ou demarcado então  $W_l = w_{bl} + w_{os}^*$  senão  $W_l = 10\text{ft}(3\text{m})$

onde  $w_{ol}$  é a largura da faixa direta externa,  $w_{bl}$  é a largura da ciclo-faixa

(se existente  $w_{bl} = 0$ ),  $w_{os}$  é a largura do acostamento externo e

$w_{os}^* = w_{so} - 1,5\text{ft}(0,45\text{m})$  se há guia (senão  $w_{os}^* = w_{so}$ ) é a largura ajustada

⇒ **Análise da Interseção:** normalmente apenas para interseções semaforizadas (em geral, nas interseções com sinalização de prioridade, arterial/coletora é preferencial)

⇒ **Análise das Travessias Intermediárias:** paralela, deslocada ou local (meio de quadra)

$d_{pp}$  (paralela): normalmente será nula (travessias sem semáforo na direção preferencial) exceto na interseção limite (semaforizada)

$d_{pd}$  (deslocada):  $d_{pd} = \frac{D_d}{V_p} + d_{pc}$ , onde  $d_{pc}$  é o atraso na travessia próxima

$D_d = 2 \cdot D_c$  é o percurso do deslocamento da travessia ( $D_c$ ) (pode-se assumir 2/3 da extensão do trecho se for indefinida)

$d_{pc}$  (local): normalmente travessia próxima será semaforizada

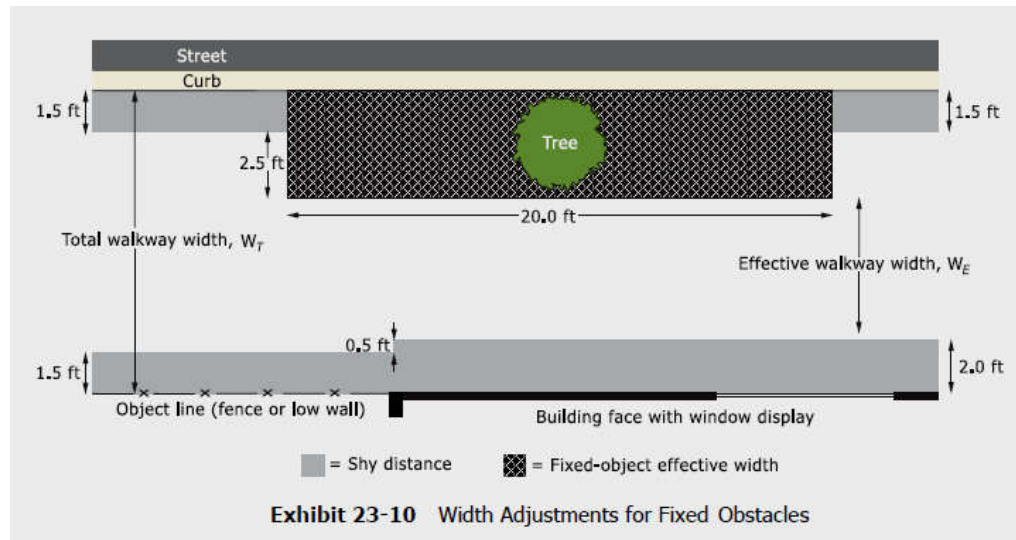
(em geral, travessia próxima ocorre na interseção limite)

⇒ **Velocidade Média no Segmento:**  $\bar{V}_{p,seg} = \frac{L}{L/V_p + d_{pp}} \begin{cases} > 4\text{ft/s}(1,2\text{m/s}) & \text{desejável} \\ < 2\text{ft/s}(0,6\text{m/s}) & \text{indesejável} \end{cases}$

## Critérios para Largura Efetiva de Caminho ou Calçada Segregados:

Largura efetiva:  $W_E = W_T - W_O$  (largura total menos obstruções)

extensão da obstrução efetiva: cerca de 5 vezes a largura efetiva



Fixed Object	Effective Width (ft)
<b>Street Furniture</b>	
Light pole	2.5–3.5
Traffic signal poles and boxes	3.0–4.0
Fire alarm boxes	2.5–3.5
Fire hydrants	2.5–3.0
Traffic signs	2.0–2.5
Parking meters	2.0
Mail boxes (1.7 ft x 1.7 ft)	3.2–3.7
Telephone booths (2.7 ft x 2.7 ft)	4.0
Trash cans (1.8 ft diameter)	3.0
Benches	5.0
Bus shelters (on sidewalk)	6.0–7.0
<b>Public Underground Access</b>	
Subway stairs	5.5–7.0
Subway ventilation gratings (raised)	6.0+
Transformer vault ventilation gratings (raised)	6.0+
<b>Landscaping</b>	
Trees	3.0–4.0
Planter boxes	5.0
<b>Commercial Uses</b>	
Newsstands	4.0–13.0
Vending stands	Variable
Advertising and store displays	Variable
Sidewalk cafés (two rows of tables)	7.0
<b>Building Protrusions</b>	
Columns	2.5–3.0
Stoops	2.0–6.0
Cellar doors	5.0–7.0
Standpipe connections	1.0
Awning poles	2.5
Truck docks (trucks protruding)	Variable
Garage entrance/exit	Variable
Driveways	Variable

Source: Pushkarev and Zupan (9).

**Exhibit 23-11** Typical Fixed-Object Effective Widths

## Procedimento para QoS de Pedestres em Travessia Semaforizada:

**TABELA 18-5. Nível de Serviço para Modo Pedestre e Bicicleta em Interseções Semaforizada- HCM/2010**

Nível de Serviço	Nota de Nível de Serviço
A	$\leq 2,0$
B	$> 2,0, \leq 2,75$
C	$> 2,75, \leq 3,5$
D	$> 3,5, \leq 4,25$
E	$> 4,25, \leq 5,0$
F	$> 5,0$

Nota de Nível de Serviço (*LS Score*) para pedestres:  $I_{ped} = 0,5997 + \Delta_N + \Delta_Q + \Delta_V + \Delta_D$

$\Delta_N = 0,682 \cdot N_c^{0,514}$ , onde  $N_c$  é número de faixas atravessadas

$$\Delta_Q = 0,00569 \cdot \frac{Q_{Dverm} + Q_{Eperm}}{5} - N_{IcD} \cdot \left( 0,0027 \cdot \frac{Q_{H,M}}{4 \cdot N_c} - 0,1946 \right),$$

onde  $Q_{Dverm} + Q_{Eperm}$  é a soma dos fluxos de conversão na travessia (conversões à direita no vermelho e conversões à esquerda permitidas)

$N_{IcD}$  é o número de ilhas de canalização na conversão à direita

$Q_{H,M}$  é o fluxo total de veículos que cruzam a travessia da via

$$\Delta_V = 0,00013 \cdot \frac{Q_{H,M}}{4 \cdot N_c} \cdot \frac{V_{85,M}}{1,6}, \text{ onde } V_{85,M} \text{ é a velocidade (em km/h) na via}$$

correspondente ao do percentil 85 (85% dos veículos)

$$\Delta_D = 0,0401 \cdot \ln[d_{ped}], \text{ onde } d_{ped} \text{ é o atraso médio por pedestre na travessia}$$

$$d_{ped} = p_d \cdot \bar{d}_p = \frac{(t_c - g_{pede})^2}{2 \cdot t_c}, \text{ onde } g_{pede} \text{ é o verde efetivo para pedestres}$$

- com foco de pedestre de tempo fixo ou com botoeira:  $g_{pede} = g_{ped} + 4\text{seg}$

- sem foco de pedestre de tempo fixo ou com botoeira:  $g_{pede} = g_{veic}$  ou  $\bar{g}_{veic}$

$$\text{fluxo de pedestres uniforme: } p_d = \frac{t_c - g_{pede}}{t_c}, \bar{d}_p = \frac{(t_c - g_{pede})}{2}, N_{pd} = p_d \cdot q_p \cdot t_c = q_p \cdot (t_c - g_{pede})$$

(também deve ser analisado o espaço na área de espera das esquinas)

$$\text{- tempo de dissipação da fila na travessia } t_{ps} = \begin{cases} t_s + \frac{L_{ped}}{V_{ped}} + 0,27 \cdot \frac{N_{pd}}{W/W_b}, & W > W_b \\ t_s + \frac{L_{ped}}{V_{ped}} + 0,27 \cdot N_{pd}, & W \leq W_b \end{cases}$$

largura básica da faixa:  $W_b = 10\text{ft} \approx 3,0\text{m}$ ; tempo de início:  $t_s = 3,2\text{seg}$

(incorpora o efeito de formação de pelotão de pedestres na travessia)

## Procedimento para Pedestres em Áreas de Espera e Circulação:

- deveria considerar espaço disponível ( $m^2/ped$ ) e grau de mobilidade permitido;
- critério proposto considera qualitativamente o espaço disponível por pedestre;

**TABELA 18-24. Nível de Serviço para Pedestres em Áreas de Circulação- HCM/2010**

Espaço por Pedestre	Descrição Qualitativa do Espaço para Pedestres
> 60 ft <sup>2</sup> /ped (5,6m <sup>2</sup> /ped) * > 530 ft <sup>2</sup> /ped (49m <sup>2</sup> /ped)	Habilidade de mover-se no caminho desejado, sem necessidade de alterar movimento
> 40-60 ft <sup>2</sup> /ped (3,7-5,6 m <sup>2</sup> /ped) * > 90-530 ft <sup>2</sup> /ped (8,4-49 m <sup>2</sup> /ped)	Necessidade ocasional de ajustar caminho para evitar conflito
> 24-40 ft <sup>2</sup> /ped (2,2-3,7 m <sup>2</sup> /ped) * > 40-90 ft <sup>2</sup> /ped (3,7-8,4 m <sup>2</sup> /ped)	Necessidade frequente de ajustar caminho para evitar conflito
> 15-24 ft <sup>2</sup> /ped (1,4-2,2 m <sup>2</sup> /ped) * > 23-40 ft <sup>2</sup> /ped (2,1-3,7 m <sup>2</sup> /ped)	Restrição à velocidade e à habilidade de ultrapassar pedestres mais lentos
> 8-15 ft <sup>2</sup> /ped (0,7-1,4 m <sup>2</sup> /ped) * > 11-23 ft <sup>2</sup> /ped (1,0-2,1 m <sup>2</sup> /ped)	Restrição à velocidade; habilidade muito limitada de ultrapassar pedestres mais lentos
≤ 8 ft <sup>2</sup> /ped (0,7 m <sup>2</sup> /ped) * ≤ 11 ft <sup>2</sup> /ped (1,0 m <sup>2</sup> /ped)	Velocidade severamente limitada; contato frequente com outros usuários

\* apenas para segmentos curtos, com fluxo de pedestres em pelotão (das Tabelas 16-11,17-16)

- estimativa do espaço por pedestre com base no conceito espaço-tempo (Fruin):  
avalia probabilidade de estar na área=%do espaço-tempo ocupando a área!
- com semáforo, circulação na área de espera:
  - . total disponível:  $TS = t_c (W_a \cdot W_b - 0,215 \cdot r^2)$ ,  $r = \min\{R, W_a, W_b\}$ , no ciclo semafórico
  - . tempo demandado na espera: pedestres saindo  $q_{poi}$  por travessia ( $i=1,2,\dots$ )  

$$T_{ep} = T_{e1} + T_{e2}, T_{qi} = N_{pd} \cdot d_{pi}, N_{pd} = p_{di} \cdot q_{poi} \cdot t_c, p_{di} = \frac{t_c - g_{pede}^i}{t_c}, d_{pi} = \frac{t_c - g_{pede}^i}{2}$$
  - . disponível p/circulação:  $TS_{cp} = TS - a_p \cdot T_{ep}$ , no ciclo semafórico,  $a_p = 5 \frac{ft^2}{p} \cong 0,5 \frac{m^2}{p}$
  - . espaço por pedestre circulante:  $M_{cp} = \frac{TS_{cp}}{q_{pc,tot} \cdot t_c \cdot t_{pc}}$  (ver na Tabela 18-24)  
 $q_{pc,tot}$ : soma dos fluxos de pedestres circulando;  $t_{pc} = 4s$ : tempo circulando
- com semáforo, circulação na travessia da via:
  - . total disponível:  $TS = L_{ped} \cdot W_e \cdot t_{pc}$ , por ciclo semafórico
  - . disponível efetivo para pedestre:  $TS_{cw} = TS - TS_{tv}$ , com  $TS_{tv} \cong t_{tv} \cdot N_{tv} \cdot W_e$   
 $(t_{tv} \cong w_{sw} \cdot t_{sw} = 40ft \cdot s \cong 12m \cdot s, \text{ com } w_{sw} = 2,4m \text{ e } t_{sw} = 5seg, N_{tv}: \text{ conversões/ciclo})$
  - . tempo demandado:  $T_{dp} = (q_{qo} + q_{qi}) \cdot t_c \cdot t_{ps}$ , pedestres saindo  $q_{po}$  e chegando  $q_{pi}$
  - . espaço por pedestre atravessando:  $M_{cw} = \frac{TS_{cw}}{T_{dp}}$  (ver na Tabela 18-24)
- sem semáforos, ambos os aspectos são ignorados.

EXHIBIT 18-10. INTERSECTION CORNER GEOMETRY AND PEDESTRIAN MOVEMENTS

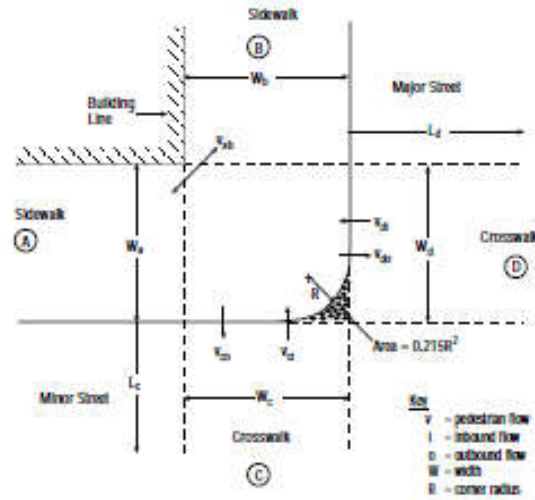


EXHIBIT 18-11. CONDITION 1: MINOR-STREET CROSSING

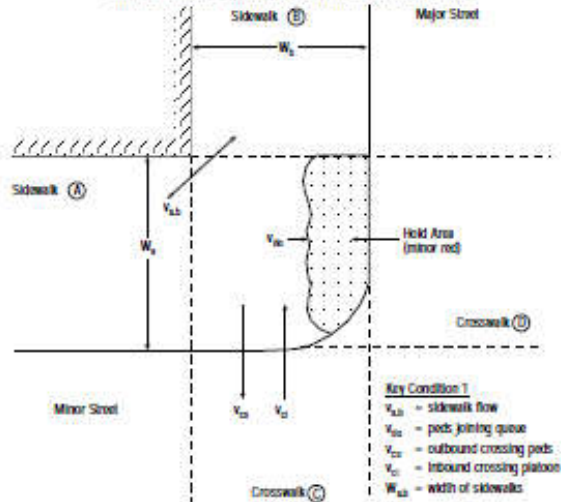
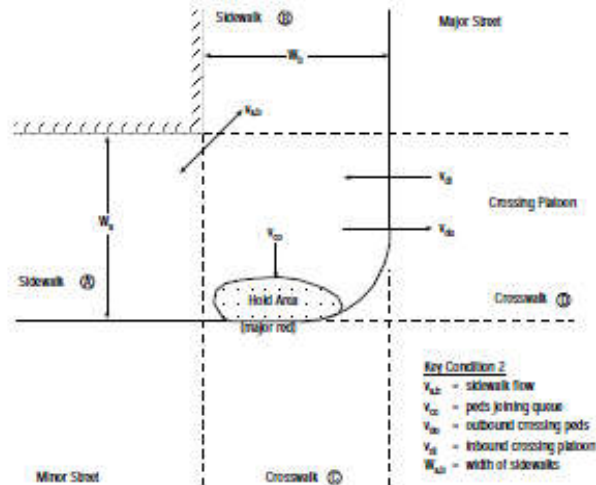


EXHIBIT 18-12. CONDITION 2: MAJOR-STREET CROSSING



## Procedimento para QoS Travessias de Pedestres Não-Semaforizadas:

- baseado no atraso médio por pedestre com chegadas uniformes:

$$d_{\text{ped}} = \frac{1}{q_o} \left( e^{q_o \cdot t_{\text{ped}}} - q_o \cdot t_{\text{ped}} - 1 \right) \text{ e } d_{\text{pedp}} = \frac{d_{\text{ped}}}{P_{\text{pedp}}}, P_{\text{pedp}} = 1 - \left( 1 - P_{\text{bped}} \right)^N$$

com brecha requerida baseada em tempo requerido (não comportamental)

$$t_{\text{ped}} = t_d + (N_p - 1)t_f, \text{ com } t_d = \frac{L_{\text{ped}}}{V_{\text{ped}}} + t_s \text{ para travessia, e } P_{\text{bped}} = 1 - e^{-q_o \cdot t_{\text{ped}}/N}$$

onde  $t_s$  é o tempo de início da partida e  $t_f$  é o tempo em pelotão (2seg.)

$$\text{com } N_{\text{ped}} = \frac{q_{\text{ped}} \cdot e^{q_{\text{ped}} \cdot t_d} + q_o \cdot e^{-q_o \cdot t_d}}{(q_{\text{ped}} + q_o) \cdot e^{(q_{\text{ped}} - q_o) \cdot t_d}} \text{ pedestres atravessando por brecha em}$$

$$N_p = \text{INT} \left[ \frac{N_{\text{ped}} - 1}{W_E / 2,44} \right] + 1 \text{ linhas de pedestres em pelotão (fila) na travessia}$$

onde normalmente são considerados os pedestres de ambos os sentidos (pressupõe fluxo oposto veicular  $q_o$  com chegadas poissoniadas)

(passou a adotar largura efetiva de 2,44m (8ft) por fila bidirecional de pedestres)

(também deve ser analisado o espaço na área de espera das esquinas)

$$\text{Conceito de capacidade implícito: } C_{\text{ped}} = \frac{W_E}{2,44} \cdot \frac{e^{-q_o \cdot t_d}}{1 - e^{q_o \cdot t_f}} \cdot q_o \text{ (poissoniana)}$$

## Efeito da Cessão da Preferência nas Travessias de Pedestres:

- HCM2010: nos EUA os motoristas não obedecem a preferência dos pedestres !
- modelo básico assume travessia de pedestres nas brechas (manobra secundária)
- efeito de cessão de preferência nas travessias de pedestres: redução do atraso ...

. procedimento numérico de estimativa: passos  $n_h = \frac{d_{pedp}}{\delta_h}$ ,  $\delta_h = \bar{h}_f = \frac{N}{q_t}$

$$d_{ped} = \sum_{i=1}^{n_h} \delta_h \cdot (i - 0,5) \cdot P[Y_i] + d_{pedp} \cdot P[nY], P[nY] = P_{pedp} - \sum_{i=0}^{n_h} P[Y_i]$$

$$P[Y_0] = 0, P[Y_{\geq i}] = \left( P_{pedp} - \sum_{j=0}^{i-1} P[Y_j] \right), P[Y_i] = P[Y_{\geq i}] \cdot \frac{P[G_i]}{P_{pedp}}$$

$$p/1fx : P[G_i] = P_{pedp} \cdot M_y, P[Y_i] = P[Y_{\geq i}] \cdot \frac{P[G_i]}{P_{pedp}} = P_{pedp} \cdot (1 - M_y)^{i-1} \cdot M_y,$$

$$p/2fxs : P[G_i] = 2 \cdot (1 - P_{bped}) \cdot (P_{bped} \cdot M_y) + (P_{bped} \cdot M_y)^2,$$

$$p/3fxs : P[G_i] = 3 \cdot (1 - P_{bped})^2 \cdot (P_{bped} \cdot M_y) + 3 \cdot (1 - P_{bped}) \cdot (P_{bped} \cdot M_y)^2 + (P_{bped} \cdot M_y)^3,$$

$$p/4fxs : P[G_i] = 4 \cdot (1 - P_{bped})^3 \cdot (P_{bped} \cdot M_y) + 6 \cdot (1 - P_{bped})^2 \cdot (P_{bped} \cdot M_y)^2 + 4 \cdot (1 - P_{bped}) \cdot (P_{bped} \cdot M_y)^3 + (P_{bped} \cdot M_y)^4, \dots$$

. taxa média de cessão de preferência aos pedestres:  $M_y$

(proporção dos motoristas que cedem preferência, função da sinalização)

Crossing Treatment	Staged Pedestrians		Unstaged Pedestrians	
	Number of Sites	Mean Yield Rate, %	Number of Sites	Mean Yield Rate, %
Overhead flashing beacon (push button activation)	3	47	4	49
Overhead flashing beacon (passive activation)	3	31	3	67
Pedestrian crossing flags	6	65	4	74
In-street crossing signs (25–30 mi/h)	3	87	3	90
High-visibility signs and markings (35 mi/h)	2	17	2	20
High-visibility signs and markings (25 mi/h)	1	61	1	91
Rectangular rapid-flash beacon	N/A	N/A	17	81

Source: Fitzpatrick et al. (NCHRP R562) and Shurbutt et al. (JTRB 2140).

Obs.: pedestres treinados (staged pedestrians); população geral (unstaged pedestrians)



## Análise para Ciclistas no U.S.HCM/2010

⇒ Unidade de Análise: trechos (unidirecionais, "homogêneos") da via arterial/coletora

**Tabela 16-6,17-4. Critério de Nível de Serviço para Ciclistas em Segmento de Vias Urbanas (Arteriais/Coletoras) no HCM2010**

Nota de Nível de Serviço para Ciclistas	Nível de Serviço
$\leq 2,00$	A
$> 2,00-2,75$	B
$> 2,75-3,50$	C
$> 3,50-4,25$	D
$> 4,25-5,00$	E
$> 5,00$	F

⇒ **Procedimento de Análise:** analisa qualidade percebida apenas

Nota de qualidade de serviço percebida:  $I_{p,seg} = 2,85 + 0,160 \cdot I_{p,link} + 0,011 \cdot F_{bi} \cdot e^{I_{bi,int}} + \Delta_{ba}$

onde  $F_{bi} = 1$  se a interseção limite é semaforizada (0 se é preferencial)

$\Delta_{ba} = 0,035 \cdot \frac{N_{ap,s}}{L(mi)} = 0,056 \cdot \frac{N_{ap,s}}{L(km)}$  é a correção pela densidade de acessos

( $N_{ap,s}$  é o número de pontos de acesso no sentido analisado)

⇒ **Análise do Trecho:**  $I_{p,link} = 0,760 + \Delta_w + \Delta_Q + \Delta_v + \Delta_p$  onde

$\Delta_w = -\gamma_w \cdot W_e^2$  onde  $W_e$  é a largura efetiva da faixa externa direta

com  $\gamma_w = 0,005 / ft^2 = 0,0005 / m^2$

$\Delta_Q = 0,507 \cdot \ln \left[ \frac{Q_{ma}}{4 \cdot N_t} \right]$  onde  $Q_{ma}$  tráfego ajustado (nas faixas diretas  $N_t$ )

com  $Q_{ma} = Q_m$  ou  $Q_{ma} = 4 \cdot N_t$  se  $Q_m < 4 \cdot N_t$

$\Delta_v = 0,199 \cdot (0,8103 + 1,1199 \cdot \ln[V_{Ra} - 20 \text{mi/h}]) \cdot (1 + 0,1038 \cdot P_{HVa})^2$

com velocidade de percurso ajustada  $V_{Ra} = V_R$  ( $V_R \cong 15 \text{mph} = 24 \text{km/h}$ )

ou  $V_{Ra} = 21 \text{mi/h} = 33,6 \text{km/h}$  se  $V_R > 21 \text{mi/h} = 33,6 \text{km/h}$  (?)

e porcentagem ajustada de veículos pesados  $P_{HVa} = P_{HV}$

ou 50% se  $P_{HV} > 50\%$  e  $Q_m \cdot (1 - 0,01 \cdot P_{HV}) < 200v/h$

$\Delta_p = \frac{7,066}{P_c^2}$  onde  $P_c$  é o índice de condição do pavimento (**TABELA 17-7**)

avaliação das larguras: se  $p_k = 0$ , então  $W_t = w_{ol} + w_{bl} + w_{os}^*$  senão  $W_t = w_{ol} + w_{bl}$

se  $Q_m > 160v/h$  ou há canteiro então  $W_Q = W_t$  senão  $W_Q = W_t \cdot (2 - 0,005 \cdot Q_m)$

se  $w_{bl} + w_{os}^* < 4 \text{ft}(1,2 \text{m})$  então  $W_e = W_Q - 10 \text{ft} \cdot p_k = W_Q - 3 \text{m} \cdot p_k$

senão  $W_e = W_Q + w_{bl} + w_{os}^* - 20 \text{ft} \cdot p_k = W_Q + w_{bl} + w_{os}^* - 6 \text{m} \cdot p_k \geq 0$

onde  $w_{ol}$  é a largura da faixa direta externa,  $w_{bl}$  é a largura da ciclo-faixa

(se existente  $w_{bl} = 0$ ),  $w_{os}$  é a largura do acostamento externo e

$w_{os}^* = w_{so} - 1,5 \text{ft}(0,45 \text{m})$  se há guia (senão  $w_{os}^* = w_{so}$ ) é a largura ajustada

⇒ **Análise da Interseção:** normalmente apenas para interseções semaforizadas  
(em geral, nas interseções com sinalização de prioridade, arterial/coletora é preferencial)

⇒ **Velocidade Média no Segmento:**  $\bar{V}_{b,seg} = \frac{L}{t_{bR} + d_{bc}} \begin{cases} > 10 \text{mi/h}(16 \text{km/h}) \text{ desejável} \\ < 5 \text{mi/h}(8 \text{km/h}) \text{ indesejável} \end{cases}$

**Tabela 17-7. Índice de Condição do Pavimento no HCM2010**

Índice de Condição do Pavimento	Descrição do Pavimento	Qualidade do Percurso e Velocidade de Viagem para Autos
4,0-5,0	Novo ou quase novo pavimento superior. Livre de trincas e remendos.	Bom percurso.
3,0-4,0	Pavimentos flexíveis podem começar a mostrar evidência de trilhos e trincas finas. Pavimentos rígidos podem começar a mostrar evidência de trincas menores.	Bom percurso.
2,0-3,0	Pavimentos flexíveis podem mostrar trilhos e remendos. Pavimentos rígidos podem ter algumas juntas com fratura, falha ou trinca.	Percurso aceitável para tráfego de baixa velocidade mas liminarmente tolerável para tráfego de alta velocidade
1,0-2,0	Defeitos ocorrem em 50% ou mais da superfície. Pavimentos flexíveis podem ter buracos grandes e trincas profundas. Defeitos nos pavimentos rígidos incluem fragmentação, remendos e trincas nas juntas.	Deterioração do pavimento afeta a velocidade do tráfego em fluxo livre. Qualidade de percurso não aceitável.
0,0-1,0	Defeitos ocorrem em 75% ou mais da superfície. Grandes buracos e trincas profundas presentes.	Passável apenas em velocidade reduzida e considerável desconforto no percurso.

## Procedimento para QoS de Ciclistas em Aproximações de Semáforos:

**TABELA 18-5. Nível de Serviço para Modo Pedestre e Bicicleta em Interseções Semaforizada- HCM/2010**

Nível de Serviço	Nota de Nível de Serviço
A	$\leq 2,0$
B	$> 2,0, \leq 2,75$
C	$> 2,75, \leq 3,5$
D	$> 3,5, \leq 4,25$
E	$> 4,25, \leq 5,0$
F	$> 5,0$

Nota de Nível de Serviço (*LS Score*) para ciclistas:  $I_{bic} = 4,1324 + \Delta_W + \Delta_Q$

$\Delta_W = 0,0153.W_{cd} - 0,2144.W_{ot}$  onde,

$W_{ol} = w_{ol} + w_{bl} + I_{pk}.W_{os}^*$  é a largura externa disponível  
(da faixa externa, da ciclo-faixa adjacente e do acostamento pavimentado)  
sendo  $I_{pk} = 1$  se não há estacionamento adjacente (0 caso contrário)

$W_{os}^* = w_{os} - \delta_{wos}$  é a largura ajustada do acostamento  
com  $\delta_{wos} = 1,5m$  se há guia adjacente (0 caso contrário)

$W_{cd}$  é a largura total do cruzamento (de meio-fio a meio-fio)

$\Delta_Q = 0,0066 \cdot \frac{Q_t + Q_D + Q_E}{4.N_t}$ , onde

$Q_D$  é o fluxo de veículos na conversão à direita

$Q_E$  é o fluxo de veículos na conversão à esquerda

$Q_t$  é o fluxo de veículos adiante (fluxo direto)

$N_t$  é o número de faixas exclusivas para fluxo adiante (diretas)

Recomenda analisar a operação com os modelos simplificados ...

“faixas” com 4ft(1,2m) a 6ft(1,8m) por sentido, fluxo de saturação de 2000bic/h/fx com tráfego de bicicletas segregado (não há recomendação se compartilhado)

$$C_b = \frac{g_{bef}}{t_c} . S_b, \quad g_{bef} = g_{cf} \quad (\text{veicular correspondente})$$

$$d_b = \frac{t_c (1 - g_{bef}/t_c)^2}{2(1 - y_q)}, \quad y_b = \min \left\{ 1; \frac{Q_b}{S_b} \right\} \cdot \frac{g_{bef}}{t_c}$$

$$(\text{atraso regular com } y_b = \frac{q_b}{S_b}, q_b = \min \{ Q_b; C_b \})$$

**Procedimento para QoS Ciclistas em Interseções Não-Semaforizadas:**

- capacidade: recomenda fórmula poissoniana mas não fornece brechas críticas  
alguns valores (sumários) nos estudos referidos  
exemplo: brecha crítica de 3,2 seg. na travessia de 2 faixas, sentido único  
(menor que a observada para movimentos veiculares)
- atraso: recomenda usar as mesmas expressões adotadas para veículos
  - . adverte que ciclistas não formam fila nas aproximações;  
(fora de interseções, assume 1,2m como largura da faixa “efetiva”)
  - . recomenda desprezar atrasos nas conversões à direita;
  - . adverte sobre as manobras com entrelaçamento com veículos.
  - . recomenda usar critério de nível de serviço de interseção semaforizada.

## Nível de Serviço em Redes de Vias Urbanas no HCM/2010

⇒ Mesmos critérios e variáveis da análise de segmentos de vias urbanas ...  
agregação ponderada pela extensão (médias aritméticas ou harmônicas)

⇒ **Autos:**  $\bar{V}_{FL} = \frac{\sum_s L_s}{\sum_s L_s / \bar{V}_{FLs}}$  (livre),  $\bar{V}_M = \frac{\sum_s L_s}{\sum_s L_s / \bar{V}_s}$  (de viagem) e  $\bar{H}_M = \frac{\sum_s H_s \cdot L_s}{\sum_s L_s}$

**Tabela 16-4. Nível de Serviço para Autos em Redes Vias Urbanas no HCM2010**

Velocidade de Viagem como % da Velocidade Básica de Viagem Livre	Razão Demanda/Capacidade* (%)	
	<=100%	>100%
>85	A	F
>67-85	B	F
>50-67	C	F
>40-50	D	F
>30-40	E	F
<=30	F	F

\*Considerando a maior relação Demanda/Capacidade entre as aproximações das interseções, para os fluxos diretos.

⇒ **Pedestres:**  $\bar{A}_p = \frac{\sum_s L_s}{\sum_s L_s / \bar{A}_{ps}}$  e  $\bar{I}_{ped} = \frac{\sum_s I_{ps} \cdot L_s}{\sum_s L_s}$ ,  $\bar{V}_p = \frac{\sum_s L_s}{\sum_s L_s / \bar{V}_{ps}} \begin{cases} > 4 \text{ ft/s (1,2m/s) desejável} \\ < 2 \text{ ft/s (0,6m/s) indesejável} \end{cases}$

**Tabela 16-5. Nível de Serviço para Pedestres em Redes Urbanas no HCM2010**

Nota de Nível de Serviço para Pedestres	Espaço Médio por Pedestre em Circulação					
	>60ft <sup>2</sup> /ped (5,6m <sup>2</sup> /ped)	>40-60 ft <sup>2</sup> /ped (3,7-5,6m <sup>2</sup> /ped)	>24-40 ft <sup>2</sup> /ped (2,2-3,7m <sup>2</sup> /ped)	>15-24 ft <sup>2</sup> /ped (1,4-2,2m <sup>2</sup> /ped)	>8*-15 ft <sup>2</sup> /ped (0,75-1,4m <sup>2</sup> /ped)	<=8* ft <sup>2</sup> /ped (0,75m <sup>2</sup> /ped)
<=2,00	A	B	C	D	E	F
>2,00-2,75	B	B	C	D	E	F
>2,75-3,50	C	C	C	D	E	F
>3,50-4,25	D	D	D	D	E	F
>4,25-5,00	E	E	E	E	E	F
>5,00	F	F	F	F	F	F

\*Com fluxos cruzados de pedestres, limite E/F é 13ft<sup>2</sup>/ped(1,2m<sup>2</sup>/ped)

⇒ **Ciclistas:**  $\bar{I}_{bic} = \frac{\sum_s I_{bs} \cdot L_s}{\sum_s L_s}$ ,  $\bar{V}_b = \frac{\sum_s L_s}{\sum_s L_s / \bar{V}_{bs}}$  ...  $\begin{cases} > 10 \text{ mi/h (16km/h) desejável} \\ < 5 \text{ mi/h (8km/h) indesejável} \end{cases}$  ...

**Tabela 16-6. Nível de Serviço para Ciclistas em RedesUrbanas no HCM2010**

Nota de Nível de Serviço para Ciclistas	Nível de Serviço
<=2,00	A
>2,00-2,75	B
>2,75-3,50	C
>3,50-4,25	D
>4,25-5,00	E
>5,00	F

## Análise de Corredores e Áreas no U.S.HCM/2000

- ⇒ corredor: vias e modos paralelos e competidores entre os mesmos pontos.  
 procedimento: análise em períodos de 1 hora (ao invés de 15 minutos);  
 divisão em trechos mais longos (mais de um segmento);  
 suposição de fila local (ignora o bloqueio à montante).
- ⇒ ajuste da demanda: análise dos nós pela posição relativa às entradas de fluxo;  
 processamento pelo posto na posição relativa às entradas  
 e pelo grau de saturação  $X=Q/C$  na via:  
 ajusta fluxo à capacidade e calcula filas;  
 reduz demanda manifesta à jusante  $\hat{Q}$ ;  
 transfere fila residual entre períodos;  
 procedimento melhor que ajuste para sistemas expressos;
- ⇒ análise de desempenho: análise independente dos trechos, com demanda ajustada  
 $T_a = f[\hat{Q}_a]$  utilizando os métodos usuais do HCM  
 e fila (atraso) acumulado  $A = \frac{T_p}{2} \cdot (n_0 + (\hat{Q}_a - C_a) T_p)$ ;  
 medidas de utilização: PKM (ou VKM) e PHT (ou VHT)  
 extensão (quilômetros totais)  $PKM = \sum (AVO \cdot Q_a \cdot L_a)$   
 e operação (horas totais)  $PHT = \sum (AVO \cdot Q_a \cdot T_a)$   
 (VKM e PHT com ocupação do veículo  $AVO = 1$ )  
 medidas de desempenho:  $\bar{V}$  (velocidade) e  $\bar{d}$  (atraso)  
 intensidade de congestionamento:  $\bar{V} = \frac{PHT}{PKM}$   
 (tempo médio de viagem  $\bar{t} = \frac{PHT}{Q_{OD}}$ ,  $Q_{OD}$ : total O/D)  
 atraso médio por viagem  $\bar{d} = \frac{PHT - PHT_f}{Q_{OD}}$  com  
 $PHT_f = \sum (AVO \cdot Q_a \cdot T_{fa})$ ,  $T_{fa}$  em fluxo livre  
 medidas de congestionamento ( $X=Q/C$  maior que 100%)  
 extensão  $L_{nt} = \sum L_{aX_t > 100\%}$ ,  $H_n = \sum (N_{X_t > 100\%} \cdot T_{Pt})$   
 fila em veículos  $Q_{nt} = \sum \frac{(\hat{Q}_a - C_a) T_{Pt}}{N_f \cdot K_n}$  (fila local)

**TABELA 19-6. Valores Padrão de Densidade em Fila- HCM/2000**

Subsistema	Densidade em Fila (v/km/fx)	Espaçamento entre Veículos (m)
Vias expressas	75	13,3
Rodovias de pista simples	130	7,5
Vias urbanas	130	7,5

- ⇒ medidas de qualidade: variabilidade e acessibilidade, além da velocidade de tráfego

## Comentários sobre os Procedimentos do U.S.HCM/2010

- ⇒ abandona o procedimento básico do HCM/97,2000 para corredor arteriais;
- ⇒ melhor exemplo do novo enfoque multimodal incorporado pelo HCM/2010
  - detalha a influência de diversos fatores locais relevantes ...  
(estacionamento permitido, acessos lindeiros, qualidade do pavimento, ...)
  - no entanto, o procedimento é ainda incipiente e pouco validado ...
  - introduz as notas de qualidade percebida como métrica comum
  - mas adota formulações empíricas, sem uma base conceitual forte ...
- ⇒ detalha influência de alguns tratamentos de circulação relevantes ...
  - (canalização dos fluxos de pedestres,  
retornos e conversões permitidas/proibidas, ...)
- ⇒ considera efeito do fluxo sobre a velocidade operacional
  - no entanto, os dados existentes ainda são sumários e pouco confiáveis ...
- ⇒ método considera os diversos modos de forma heterogênea
  - para autos, nível de serviço pondera velocidade e capacidade  
(nota de qualidade percebida é um aspecto complementar)
  - para pedestres, nível de serviço pondera espaço e qualidade percebida
  - para ciclistas, somente qualidade percebida é considerada  
(opta por incorporar a velocidade na percepção de qualidade);
- ⇒ restrições físicas e proibições afetam indiretamente o nível de serviço.
- ⇒ abandonou procedimentos para análise integrada de corredores e áreas maiores;