

Procedimento do U.S.HCM2000

⇒ calcula fluxo de saturação (e capacidade) por grupo de faixas (fluxo básico de saturação revisado 1900 veq/hv), considerando também o efeito da largura da faixa e da declividade, entre os fatores geométricos, do HCM/97

Ver Tabela 16-7 e 10-23

⇒ considera separadamente os efeitos de movimentos de estacionamento (função do número de movimentos por hora), das paradas de ônibus (função do número de movimentos por hora), além de outros efeitos de interferência caracterizados por tipo de local, distinguindo fatores equivalentes por tipo de veículo apenas para caminhões, do HCM/97

Ver Tabela 16-7

⇒ trata a influência de movimentos de pedestres (com prioridade) sobre os fatores equivalentes dos movimentos de conversão, sem fluxo oposto veicular, a partir do bloqueio de faixas com método diferente do HCM/97

Ver Tabela 16-7, bloqueio de pedestres

⇒ trata a dependência entre fator equivalente e capacidade para os movimentos de conversão permitidos (de forma simplificada) e a interação entre movimentos permitidos e protegidos (mesmo com movimentos em ambos os estágios, permitido e protegido)

Ver Tabela 16-7, conversões à esquerda

⇒ adota o atraso médio de controle como medida de eficácia para estabelecer níveis de serviço (fórmula dinâmica com período de pico igual a 15 minutos ou ao período de saturação); incorpora de forma simplificada o efeito do tipo de controlador semafórico e da coordenação semafórica sobre os atrasos e calcula fila média e para diversos percentis.

Ver Tabelas 16-2,11,12,13, 16-G5

EXHIBIT 16-5. TYPICAL LANE GROUPS FOR ANALYSIS



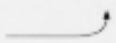
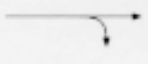
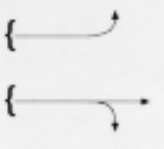
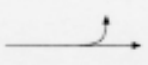
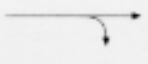
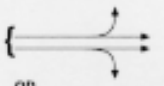
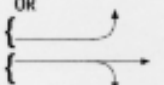

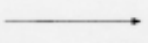
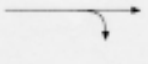
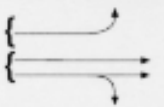
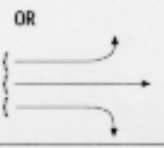
Number of Lanes	Movements by Lanes	Number of Possible Lane Groups
1	LT + TH + RT 	①  (Single lane approach)
2	EXC LT  TH + RT 	② 
2	LT + TH  TH + RT 	①  OR ② 
3	EXC LT  TH  TH + RT 	②  OR ③ 

TABELA 16-2. Nível de Serviço para Interseções Semaforizada- HCM/2000

Nível de Serviço	Atraso de Controle por Veículo (seg)
A	≤10
B	>10 e ≤20
C	>20 e ≤35
D	>35 e ≤55
E	>55 e ≤80
F	>80

$d_a = d_r + d_s$ onde $d_r = PF \cdot d_1$ e $d_1 = \frac{(1-u)^2}{2 \cdot (1-u \cdot X_q)} \cdot t_c$, com $X_q \leq 1$ (0,5.r para $X \geq 1$, pois $X_q = 1$)

$$PF = \frac{(1-P_g) \cdot f_p}{1-u}, P_g = \frac{q_g \cdot g}{\bar{q} \cdot t_c}, R_p = \frac{P_g}{u} \text{ medidos (para } f_p, \text{ ver TABELA 16-12)}$$

(na ausência de dados, adotar $AT=4$ para fluxos diretos e $AT=3$ para conversões ou estimar P_g através de R_p , ponderando pelos volumes de tráfego se preciso)

$d_s = d_2 + d_3$ com $d_2 = 900 \cdot T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{8 \cdot \kappa \cdot I \cdot X}{C \cdot T}} \right]$, sendo

κ (κ): fator de atraso incremental (função do tipo de controle, ver TABELA 16-13)

I (I): fator de ajustamento por regulação à montante, com valor $I = 1,0 - 0,91 \cdot X_u^{2,68}$

(em função de X_u do semáforo à montante) ou 1,0 para semáforos isolados

$$d_3 = \frac{1+f_3}{2} \cdot \frac{n_0 \cdot T_0}{C \cdot T_p} \text{ e } f_3 = 1 - \frac{C \cdot T_p}{n_0 \cdot X_q} \text{ e } T_0 = T_p \text{ para } n_f = (X_H - 1) \cdot C \cdot T_p > 0$$

$$(X = \frac{Q}{C}, X_q = \frac{q}{C} \text{ e } X_H = \frac{VH}{C}), \text{ caso contrário } n_f = 0 \text{ e } T_0 = \frac{n_0}{C-Q} < T_p$$

d_3 é o efeito (determinístico) da fila inicial no período (ou sub-período anterior)

fila média: $n_a = n_r + n_s$, $n_r = PF' \cdot n_1$ e $d_1 = \frac{q_m \cdot (1-u)^2}{2 \cdot (1-u \cdot X_q)} \cdot t_c$, com $X_q \leq 1$ (0,5.C.r para $X \geq 1$)

$$PF' = \frac{(1-P_g) \cdot (1-y)}{(1-u) \cdot (1-R_p \cdot y)}, P_g = \frac{q_g \cdot g}{\bar{q} \cdot t_c}, R_p = \frac{P_g}{u}, \text{ medidos (ou } P_g = R_p \cdot u), q_m = \frac{q + n_0/T_p}{m}$$

$$n_s = n'_2 \text{ com } n'_2 = 900 \cdot c_m \cdot T_p \cdot \left[(x_m - 1) + \sqrt{(x_m - 1)^2 + \frac{8 \cdot \kappa \cdot x_m}{c_m \cdot T} + \frac{16 \cdot \kappa \cdot n_{om}}{(c_m \cdot T)^2}} \right], \text{ onde}$$

$$x_m = \frac{q_m}{c_m}, n_{om} = \frac{n_0}{m}, \kappa = 0,12 \cdot I \cdot \left(\frac{s_m \cdot g}{3600} \right)^{0,7} \text{ em tempo fixo, } \kappa = 0,10 \cdot I \cdot \left(\frac{s_m \cdot g}{3600} \right)^{0,6} \text{ atuado}$$

fila do percentil $z\%$: $n_{az\%} = f_{z\%} \cdot n_a$ com $f_{z\%} = p_1 + p_2 \cdot e^{-n_a/p_3}$ (p_1, p_2, p_3 da Tabela 16-G5)

Tabela 16-11. Relação entre Tipo de Chegada e Razão de Pelotão (R_p)- HCM/2000

Tipo de Chegada	Faixa da Razão de Pelotão, R _p	Valor Padrão, R _p	Qualidade de Progressão
1	≤0,50	0,333	Muito pobre
2	>0,50 e ≤0,85	0,667	Desfavorável
3	>0,85 e ≤1,15	1,000	Chegada aleatória
4	>1,15 e ≤1,50	1,333	Favorável
5	>1,50 e ≤2,00	1,667	Muito favorável
6	>2,00	2,000	Excepcional

Obs.: A relação entre a razão de pelotão e a porcentagem do fluxo que chega no verde é $R_p = P_g/u$ onde u é a taxa de verde.

TABELA 16-12. Fator de Ajustamento (PF) para Atraso Uniforme (d₁)- HCM/2000

Fator de Ajustamento de Progressão (PF)						
PF=(1-P) f _p / (1-u), u=g/t _c (ver observação)						
Taxa de Verde (g/t _c)	Tipo de Chegada (AT)					
	AT-1	AT-2	AT-3	AT-4	AT-5	AT-6
0,20	1,167	1,007	1,000	1,000***	0,833	0,750
0,30	1,286	1,063	1,000	0,986	0,714	0,571
0,40	1,445	1,136	1,000	0,895	0,555	0,333
0,50	1,667	1,240	1,000	0,767	0,333	0,000
0,60	2,001	1,395	1,000	0,576	0,000	0,000
0,70	2,556	1,653	1,000	0,256	0,000	0,000
f _p	1,000	0,930	1,000	1,150	1,000	1,000
R _p	0,333	0,667	1,000	1,333	1,667	2,000
Progressão	muito ruim	ruim	chegada aleatória	boa	muito boa	excepcional

Obs: * Tabulação é baseada em valores de atraso de f_p e R_p. **P= R_p. u (não deve exceder 1.0). *** PF não deve exceder 1.0 para AT-3 até AT-6.

TABELA 16-13. Fator de Atraso Incremental (k) por Tipo de Controlador (d₂)- HCM/2000

Extensão de Verde (UE, seg.)	Grau de Saturação (X)					
	≤0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	≥1,0
≤2,0	0,04	0,13	0,22	0,32	0,41	0,50
2,5	0,08	0,16	0,25	0,33	0,42	0,50
3,0	0,11	0,19	0,27	0,34	0,42	0,50
3,5	0,13	0,20	0,28	0,35	0,43	0,50
4,0	0,15	0,22	0,29	0,36	0,43	0,50
4,5	0,19	0,25	0,31	0,38	0,44	0,50
5,0*	0,23	0,28	0,34	0,39	0,45	0,50
Tempos Fixos	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

Obs: Para um dado UE e seu valor k_{min} em X=0,5, a fórmula para k é $(1-2.k_{min}).(X-0,50)+k_{min}$, com $k_{min} \leq k \leq 0,5$.

* para EU>5,0 seg, extrapolar o valor de k mantendo $k \leq 0,5$

TABELA G16-5. Parâmetros de fila para percentil 70, 85, 90, 95, 98- HCM/2000

	Tempos fixos			Atuado		
	p ₁	p ₂	p ₃	p ₁	p ₂	p ₃
f _{70%}	1,2	0,1	5	1,1	0,1	40
f _{85%}	1,4	0,3	5	1,3	0,3	30
f _{90%}	1,5	0,5	5	1,4	0,4	20
f _{95%}	1,6	1,0	5	1,5	0,6	18
f _{98%}	1,7	1,5	5	1,7	1,0	13

Parâmetros que afetam a operação de interseções semaforizadas – HCM/2000

Símbolo	Definição
Geometria	
CBD, Outros	Tipo de Área
N	Número de faixas
L (W)	Largura média das faixas, em metros
%i (%G)	Declividade, em porcentagem (+ é aclive, - é declive)
L _s	Existência de faixas exclusivas para conversão (S/N) à direita CD (RT) ou esquerda CE (LT)
	Extensão de armazenamento na baía de conversão à direita ou esquerda, em metros
	Existência de estacionamento lindeiro à via (S/N)
Tráfego	
Q (V)	Demanda de tráfego, por movimento, em v/h
S _b (s ₀)	Fluxo de saturação básico (ideal), em veq/hv.fx
FHP (PHF)	Fator de hora-pico
%VP (%HV)	Porcentagem de veículos pesados
Q _{ped} (V _{ped})	Fluxo de pedestres (conflitante), em ped/h
N _b	Número de paradas de ônibus na área da interseção, em manobras/h (*)
N _m	Número de movimentos de estacionamento na área da interseção, em manobras/h (*)
AT	Tipo de chegada (1 a 6)
P _g (P)	Proporção de chegadas no verde
V _A (S _A)	Velocidade na aproximação, em km/h
Semáforo	
t _c (C)	Tempo de ciclo da operação do semáforo, em seg.
g (G)	Tempo de verde, em seg.
I (Y)	Tempo de entreverdes (amarelo mais vermelho de limpeza), em seg.
	Tipo de operação do semáforo (P/A, programado a tempos fixos ou atuado pelo tráfego)
	Existência de atuação (por botão) para pedestres (S/N)
g _{p,min} (G _p)	Tempo de verde mínimo para pedestres, em seg.
	Tipo de plano de operação semafórica
T _p (T)	Duração do período de análise, em h

*Área da Interseção é tomada como a extensão de 75 m da linha de retenção de cada aproximação.

$$S = \tilde{S}_b \cdot N \cdot f_L \cdot f_{VP} \cdot f_i \cdot f_{est} \cdot f_{bus} \cdot f_{loc} \cdot f_u \cdot f_{cd} \cdot f_{ce} \cdot f_{pd} \cdot f_{pe}, \text{ onde}$$

S _b (s ₀)	fluxo básico de saturação, usualmente 1900 veq/hv.fx
f _L (f _w)	fator de correção devido à largura (Tabela 16-7)
f _{VP} (f _{HV})	fator de correção devido aos veículos pesados (Tabela 16-7)
f _i (f _g)	fator de correção devido à declividade (Tabela 16-7)
f _{est} (f _p)	fator de correção devido às manobras de estacionamento (Tabela 16-7)
f _{bus} (f _{bb})	fator de correção devido às paradas de ônibus (Tabela 16-7)
f _{loc} (f _a)	fator de correção devido ao tipo de local (Tabela 16-7)
f _u (f _{LU})	fator de correção devido à diferença de utilização das faixas (f _u = (q/N)/q _{f,max})
f _{cd} (f _{RT})	fator de correção devido às conversões à direita (Tabela 16-7)
f _{ce} (f _{LT})	fator de correção devido às conversões à esquerda (Tabela 16-7)
f _{pd} (f _{Rpb})	fator de correção devido a pedestres e bicicletas na conversão à direita (Tabela 16-7)
f _{pe} (f _{Lpb})	fator de correção devido a pedestres na conversão à esquerda (Tabela 16-7)

Tabela 16-7. Fator de Ajustamento para Fluxo de Saturação - HCM/2000

Fator	Fórmula	Variáveis	Observações
Largura de Faixa Média f_L (f_w)	$f_L = 1 + (L - 3,6)/9,0$	L: largura da faixa, em metros	para $L \geq 2,4m$, (se $L > 4,8m$, a análise com 2 faixas pode ser considerada).
Veículos Pesados f_{VP} (f_{HV})	$f_{VP} = \frac{100}{100 + \%VP \cdot (e_{VP} - 1)}$	%VP: porcentagem de veículos pesados	$0 \leq \%VP \leq 100$, onde $e_{VP} = 2,0$ passageiro de carro por veículos pesados.
Rampas f_i (f_g)	$f_i = 1 - \%i/200$	%i: porcentagem de aclive (negativo para declive)	$-6 \leq \%i \leq +10$
Manobras de Estacionamento f_{est} (f_p)	$f_{est} = \frac{N - 0,1 - 18 N_m/3600}{N}$	N: no.de faixas N_m : manobras/hora de estacionamento	$0 \leq N_m \leq 180$ $0,050 \leq f_{est}$
Manobras de Obstrução de Ônibus f_{bus} (f_{bb})	$f_{bus} = \frac{N - 14,4 N_b/3600}{N}$	N: no.de faixas N_b : manobras/hora de ônibus (parada)	$0 \leq N_b \leq 250$ $0,050 \leq f_{bus}$
Tipo de Área f_{loc} (f_a)	0,900 para CBD (centro) 1,000 para outras áreas		ver Tabela 10-23
Utilização de Faixa f_u (f_{LU})	$f_u = \frac{q_t}{q_{m_i} \cdot N}$	q_t : fluxo total, sem ajuste, nas faixas q_{m_i} : fluxo, sem ajuste, na faixa com maior volume N: no.de faixas	
Conversões à Esquerda f_{ce} (f_{LT})	para estágios protegidos $f_{ce} = 0,95$ em faixas exclusivas $f_{ce} = \frac{1}{1 + 0,05 \cdot P_{ce}}$ com faixa compartilhada	P_{ce} : proporção de conversões à esquerda	para estágios com conversões permitidas ver Tabela C16-1
Conversões à Direita f_{cd} (f_{RT})	para faixas exclusivas $f_{cd} = 0,85$ para faixas compartilhadas $f_{cd} = 1 - 0,15 \cdot P_{cd}$ ou, para faixa simples, $f_{cd} = 1 - 0,135 \cdot P_{cd}$	P_{cd} : proporção de conversões à direita	$0,050 \leq f_{cd}$
Bloqueio por Pedestres e Ciclistas	para conversão à esquerda $f_{pe} = 1 - P_{ce} \cdot (1 - A_{pbe}) \cdot (1 - P_{ceA})$ para conversão à direita $f_{pd} = 1 - P_{cd} \cdot (1 - A_{pbd}) \cdot (1 - P_{cdA})$	P_{ce}, P_{cd} : proporção de conversões à esquerda e à direita A_{pbe}, A_{pbd} : bloqueio de pedestre em conversões à esquerda e à direita P_{ceA}, P_{cdA} : proporção de conversões à esquerda e à direita protegidas	$A_{pb} = f(\text{ocupância nas faixas dos pedestres, número de faixas de saída e entrada das conversões veiculares})$

TABELA 10-23. Valores Padrão de Fatores de Utilização de Faixa- HCM/2000

Movimento de Grupo de Faixas	Número de faixas no grupo de faixa	Porcentagem de tráfego na faixa para com uso mais intenso	Fator de utilização f_u (f_{LU})
Direto ou compartilhada	1	100,0	1,000
	2	52,5	0,952
	3*	36,7	0,908
Conversão à esquerda (LT) exclusiva	1	100,0	1,000
	2*	51,5	0,971
Conversão à direita (RT) exclusiva	1	100,0	1,000
	2*	56,5	0,885

* Se o grupo de faixas tem mais faixas que o número de faixas mostrado na tabela, é recomendável que uma pesquisa seja feita ou que o maior fator de utilização f_u (f_{LU}) seja usado para o tipo de grupo de faixa.

Bloqueio de pedestres no HCM-2000

- tem preferências sobre conversão (exceto em estágios com conversão protegido)

- ocupância das faixas de tráfego pelos pedestres em travessia:

$$O_p = \begin{cases} q_{pg}/2000, & \text{para } q_p \leq 1000 \text{ ped/h} \\ 0,4 + q_{pg}/10000, & \text{para } q_p > 1000 \text{ ped/h} \end{cases}, \quad q_p \leq 5000 \text{ ped/h} \quad \text{e } O_p \leq 0,9$$

onde $q_{pg} = \frac{q_p}{u_{pef}}$ é o fluxo de pedestres no verde ($u_{pef} = \frac{g_{pef}}{t}$, $g_{pef} = g - \frac{L}{V_p}$)

para conversões à direita: $O_d = O_p$

$$\text{para conversões à esquerda: } O_e = \begin{cases} 0, & \text{se } g_{pef} \leq g_{s0} \\ O_u \cdot e^{-5 \cdot q_0 / 3600}, & \text{c.c.} \end{cases}$$

onde $g_s = G_s - t \leq g_{ef}$, $G_s = \frac{q_0 \cdot r}{S_0 - q_0}$, $O_u = O_p \cdot \left(1 - 0,5 \cdot \frac{g_s}{g_p}\right)$

- efeito de bloqueio no estágio com conversões permitidas (preferência dos pedestres)

se $N_{saida} = N_{entrada}$ (faixas de saída e entrada das conversões): $A_p = 1 - O_c$

se $N_{saida} > N_{entrada}$ (veículos contornam os pedestres): $A_p = 1 - 0,6 \cdot O_c$

- fator de correção (conjunto com estágio protegido para as conversões, se houver):

para conversões à direita $P_{cdA} = \frac{g_{dA}}{g_d}$ e $f_{pd} = 1 - P_{cd} \cdot (1 - A_{pd}) \cdot (1 - P_{cdA})$

(proporção de pedestres no estágio protegido de conversões à direita P_{cdA})

para conversões à esquerda $P_{ceA} = \frac{1 - f_{LTP}}{0,95}$ e $f_{pe} = 1 - P_{ce} \cdot (1 - A_{pe}) \cdot (1 - P_{ceA})$

(proporção de pedestres no estágio protegido de conversões à esquerda P_{ceA} , fator de conversões à esquerda no estágio de conversões permitidas f_{LTP})

- critérios similares são utilizados para avaliar o efeito de bloqueio de ciclistas

TABELA 16-C2. Fator de Ajustamento para Conversões à Esquerda f_{ce} (f_{LT})- HCM/2000

Caso	Tipo de grupo de faixa	Fator de Conversão à Esquerda
Faixa exclusiva de conversão à esquerda (LT)		
1	Operação protegida	0,95
2	Operação permitida	Procedimento Especial
3	Operação protegida + permitida	Aplicar caso 1 para operação protegida Aplicar caso 2 para operação permitida
Faixa de conversão à esquerda compartilhada (LT)		
4	Operação protegida	$f_{ce} = \frac{1}{1 + 0,05 \cdot P_{ce}}$ Proporção de Conversões à Esquerda, P_{ce}
5	Operação permitida	Procedimento Especial
6	Operação protegida + permitida	Aplicar caso 1 para operação protegida Aplicar caso 2 para operação permitida

TABELA 16- C3. Fatores Equivalente Diretos (E_{L1}) para Conversões à Esquerda Permitidas contra Fluxo Oposto Normal- HCM/2000

Tipo de Faixa de Conversão	Fluxo Oposto Efetivo ($q_{oef} = q_o/f_{uo}$)						
	1	200	400	600	800	1000	1200 ^a
compartilhada	1,4	1,7	2,1	2,5	3,1	3,7	4,5
exclusiva	1,3	1,6	1,9	2,3	2,8	3,3	4,0

Obs: ^a Para fluxo oposto efetivo maior que 1200 usar a fórmula:
para faixas compartilhadas $E_{L1} = s_T/s_E - 1$ e para faixas exclusivas $E_{L1} = s_T/s_E$
onde s_T é o fluxo de saturação normal direto e
 s_E é o fluxo de saturação do movimento permitido à esquerda

calculado por
$$S_E = \frac{e^{-q_{oc}\alpha}}{1 - e^{-q_{oc}\beta}} \cdot q_{oc}$$
 com brecha crítica $\alpha(t) = 4,5$ seg e intervalo de seguimento

$\beta(t) = 2,5$ seg para faixas exclusivas e $\beta(t) = 4,5$ seg para faixas compartilhadas

Conversão à esquerda no HCM-2000

tempo perdido na dissipação da fila do fluxo oposto: $g_s = G_s - \ell \leq g_{cf}$ e $g_u = g - g_s$

$$\text{onde } G_s = \frac{q_{mf0} \cdot P_{r0} \cdot t_c}{S_{m0} - q_{mf0} \cdot \frac{P_{g0}}{u_0}} \text{ ou } G_s = 4,943 \cdot (q_{m0})^{0,762} \cdot (P_{r0} \cdot t_c)^{1,061} \text{ para faixa simples}$$

$$\text{com } q_{m0} = \frac{q_0}{N_0}, q_{mf0} = \frac{q_{m0}}{f_u}, S_{m0} = \frac{S_0}{N_0} \cong 0,5 \text{ v/s e } P_{g0} = 1 - P_{r0} \text{ (} P_{g0} = R_P \cdot u \text{)}$$

tempo com fluxo direto (sem bloqueio pela conversão): $g_f = G_f - \ell \leq g_s$ e $g_n = g_s - g_f$

$$\text{com } G_f = g \cdot e^{-0,882 \cdot N_{CE}^{0,717}} \text{ ou } G_f = g \cdot e^{-0,860 \cdot N_{CE}^{0,629}} \text{ para pista simples (} N_{CE} = p_E \cdot Q \cdot t_c \text{)}$$

conversão à esquerda no verde útil: $e_{CEu} \cong \frac{\tilde{S}_T}{C_{Eu}}$ e $n_u = C_{Eu} \cdot g_u$ com $C_{Eu} = \frac{e^{-q_{mf0} \cdot \alpha_0}}{1 - e^{-q_{mf0} \cdot \beta_{20}}} \cdot q_{mf0}$

$$e_{CEu} = E_{L1} \cdot vt / vu \text{ com fluxo oposto } q_{mf0} \text{ e } \tilde{S}_T = 1900vd / hv \text{ (ver Tabela 16- C3)}$$

conversão à esquerda com movimento oposto bloqueado em via de faixa simples:

$$e_{CEb} = E_{L2} \cdot vt / vb \text{ onde } E_{L2} = \frac{1 - p_{T0}^m}{p_{L0}}, m = S_m \cdot (g_s - g_f), S_m = 0,5 \text{ v/s e } p_{T0} = 1 - p_{L0}$$

períodos de operação na faixa lateral esquerda: no verde efetivo $g = G - \ell$ (G de foco)!

- 1: opera q_T com s_T durante $g_f = G_f - \ell \leq g_s$ ($g_f = 0$ em faixas exclusivas)
- 2: movimento direto oposto bloqueado $g_n = g_s - g_f$ (0 se $G_s < G_f$) com E_{L2}
- 3: operam ambos os movimentos $g_u = g - g_s$ ($g - g_f$ se $G_s > G_f$) com E_{L1}

$$\therefore f_L = \frac{g_f}{g} + \frac{g_u}{g} \cdot f_{CE}^1 + \frac{g_n}{g} \cdot f_{CE}^2, \text{ onde } f_{CE} = \frac{1}{1 + p_L \cdot (e_{CE} - 1)} \text{ com } E_{L1} \text{ ou } E_{L2}$$

onde f_L é o fator de aproveitamento da faixa esquerda da aproximação !

conversões no final do verde: $n_{CE} > n_{\min} = n_f, n_f \cong 1 + p_L \Rightarrow f_L \geq \frac{(1 + p_L)}{g}$

fator de composição para conversão à esquerda em N faixas: $f_{LT} = \frac{f_L + 0,91 \cdot (N - 1)}{N}$

(considerando o fator de utilização relativo de 0,91 para as demais faixas)

repartição dos fluxos: equilíbrio entre faixas, estágios (interativo, incremental)

faixa lateral: conversões $p_{LT} \cdot q = p_L \cdot q_m$ (p_{LT} em q , p_L em q_m na faixa lateral)

equilíbrio: $\frac{\tilde{q}}{N}$ igual em todas as faixas $\therefore p_L = p_{LT} \cdot [1 + \frac{N-1}{f_E}]$ onde $\bar{e}_E = \frac{1}{f_E}$

aproximação: $f_E = \frac{g_f}{g} + \frac{1}{E_{L1}} \cdot \frac{g_u}{g} + \frac{4,24}{g} = \frac{1}{\bar{e}_E}$ (para múltiplas faixas não há E_{L2} !)

no fluxo oposto: assume-se $\frac{S_0}{N_0} \cong 1800 \text{ v/hv} = 0,5 \text{ v/sv}$ (para evitar cálculo recíproco)

com um estágio protegido (antes ou depois), assume-se $X_{\text{antes}} = 100\%$, X_{depois} residual
instante de referência de cada período tem de ser revisado (ver Figura 16-C4)
procedimento especial de estimativa de atraso com seqüência protegido/permitido

EXHIBIT C16-4. CASE 1 - PERMITTED TURNS: THE STANDARD CASE

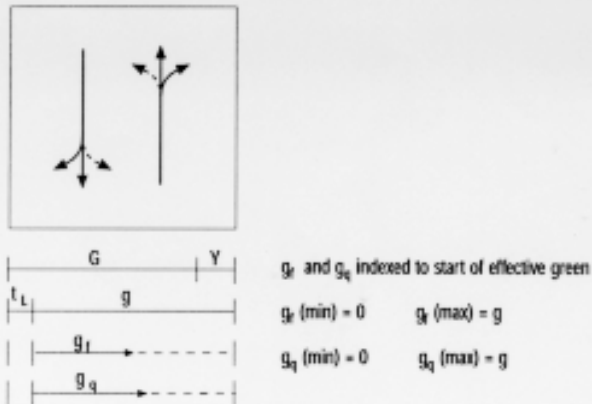
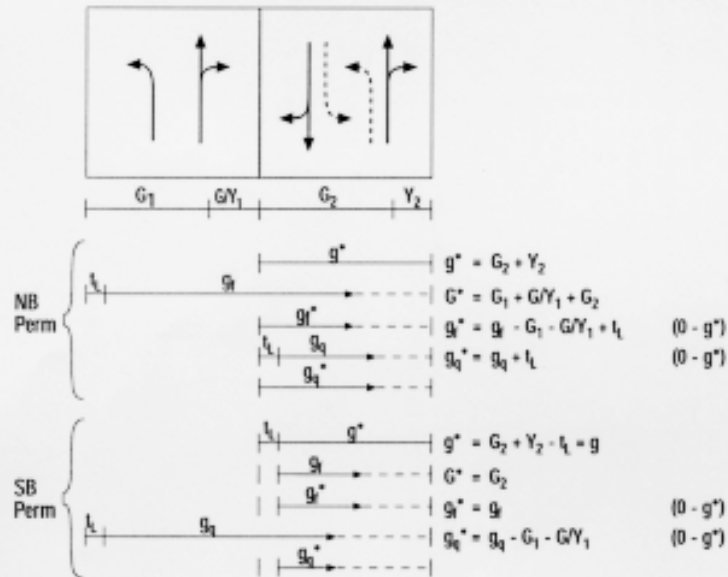
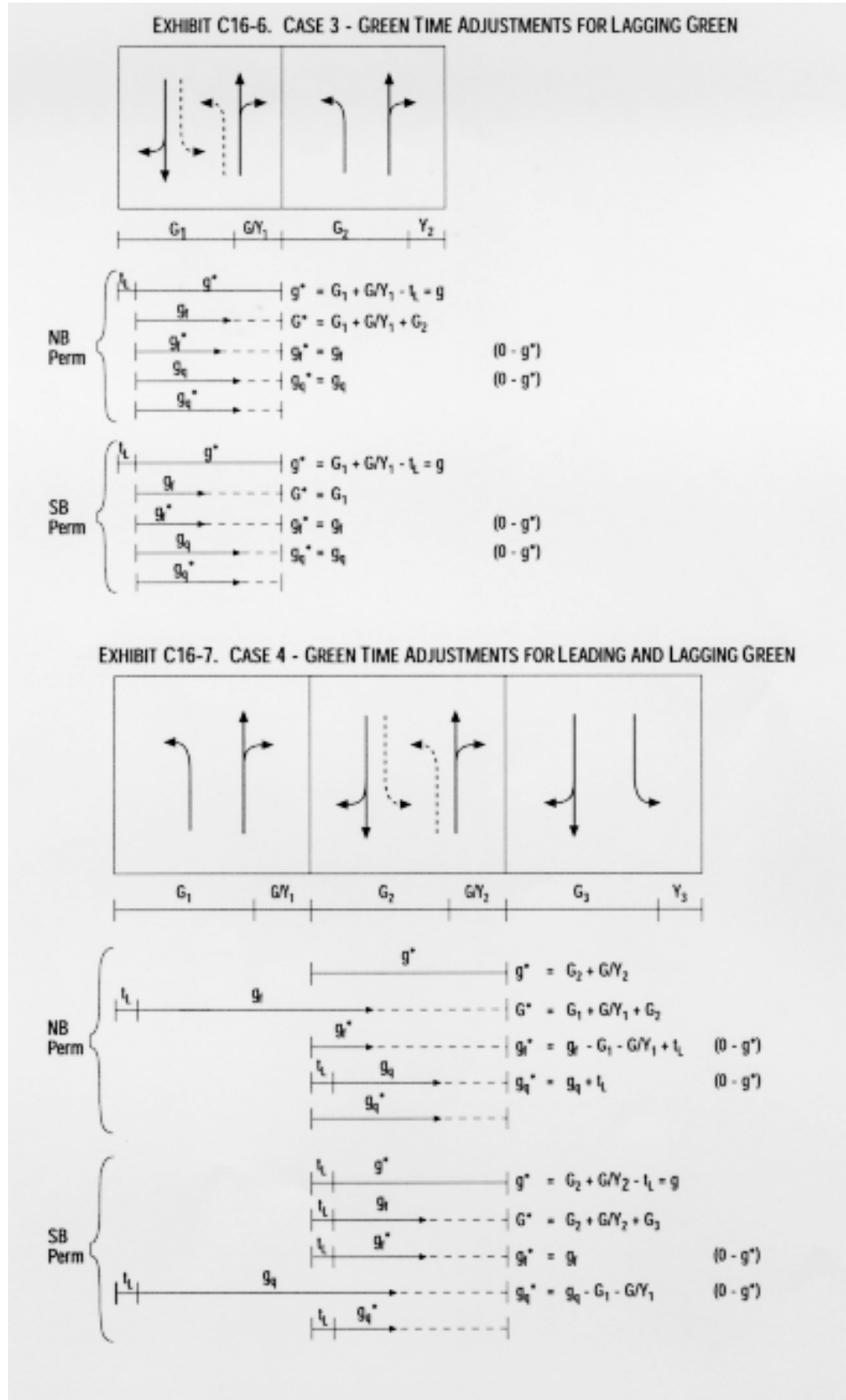
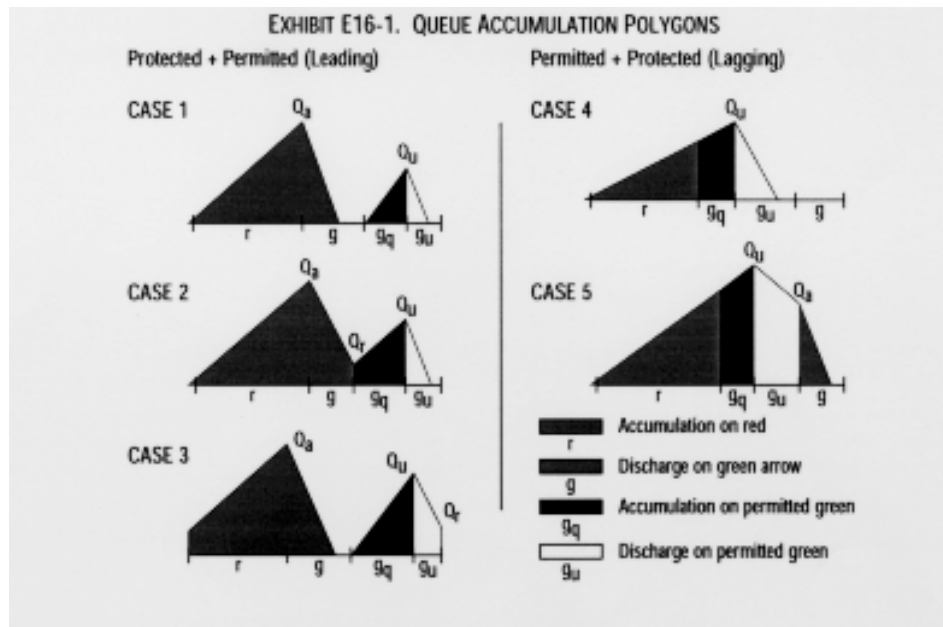
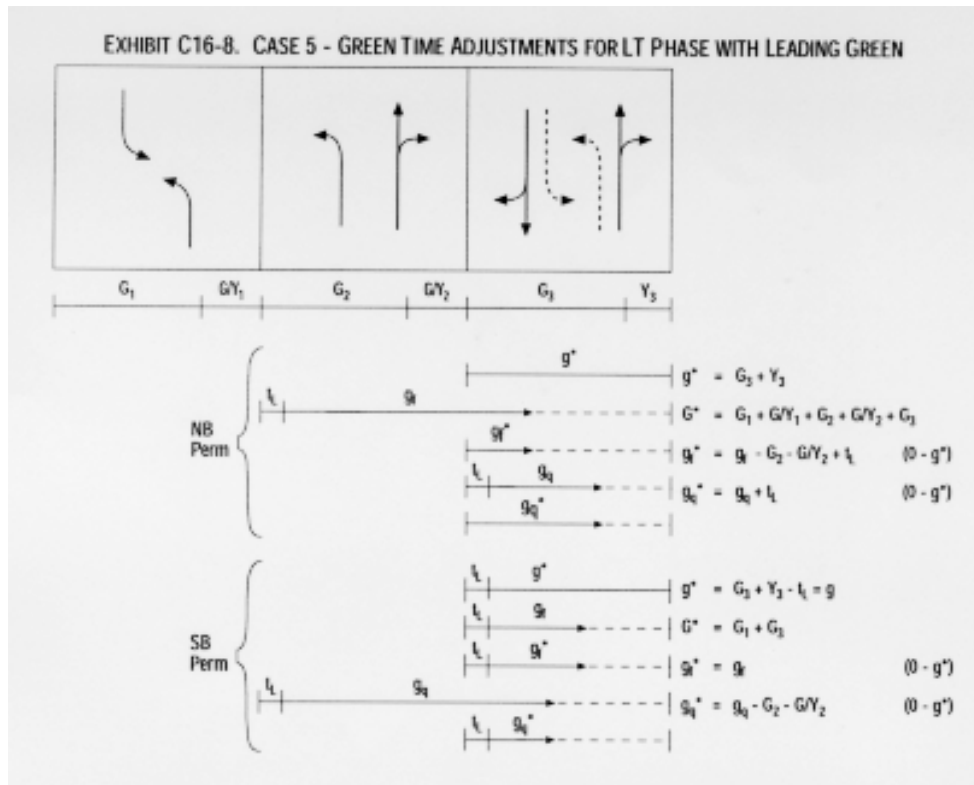


EXHIBIT C16-5. CASE 2 - GREEN TIME ADJUSTMENTS FOR LEADING GREEN







Controle Atuado no HCM-2000

- previsão dos tempos médios e análise de desempenho: processo iterativo

. valores iniciais calculados com os tempos mínimos (g_{ef0}, r_{ef0});

.. duração dos estágios: mínimo $g_{\min} + e_0 + I$, máximo $g_{\max} + I$

.. valores iniciais: $g_0 = g_{\min} + e_0$, $g_{ef0} = g_0 - l$, $r_{ef0} = t_c - g_{ef0}$

. para cada estágio atuado, dado o tempo de vermelho anterior:

.. tempo médio de dissipação da fila acumulada:

$$g_s = f_q \cdot \frac{q_r \cdot r_{ef0}}{S - q_g} \quad \text{com } f_q = 1,08 - 0,10 \cdot \left(\frac{g_{ef0}}{g_{\max}} \right)^2$$

.. tempo médio até o fim do verde: $h > e_0 + t_0$ com $t_0 = \frac{l_v + l_d}{V}$

$$\text{Cowan: } g_e = \frac{e^{\lambda \cdot (e_0 + t_0 - \tau)}}{\theta_L \cdot q} - \frac{1}{\lambda} \quad \text{para unidade de extensão } e_0$$

onde l_v, l_d são as extensões do veículo e do detector

e pode-se estimar $\theta_L \cong e^{-\beta \cdot q \cdot \tau}$ com valores usuais de β, τ

.. cálculo e verificação dos tempos efetivos e de foco:

duração $g + I$ com $g = l_0 + g_s + g_e$ ($l_f = I_a, l = l_0 + I_a, l_0 \cong 0$)

se $g < g_{\min} = g_{in} + e_0$ fazer $g = g_{\min}$, se $g > g_{\max}$ fazer $g = g_{\max}$

se estágio fixo $g = g_{\min} = g_{\max}$ e ciclo fixo redistribuir g

. reiterar se os tempos não são compatíveis com os adotados (g_{ef0}, r_{ef0})

- calcular filas e atrasos (fórmulas usuais com parâmetros adequados)

Comentários sobre o Procedimento do U.S.HCM/2000

VER EXERCÍCIO FLUXO DE SATURAÇÃO-HCM/2000