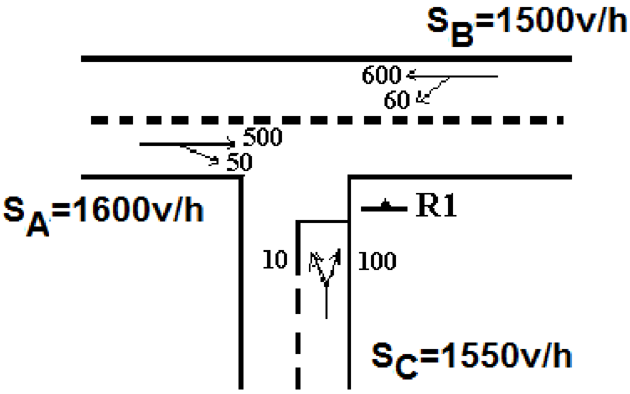
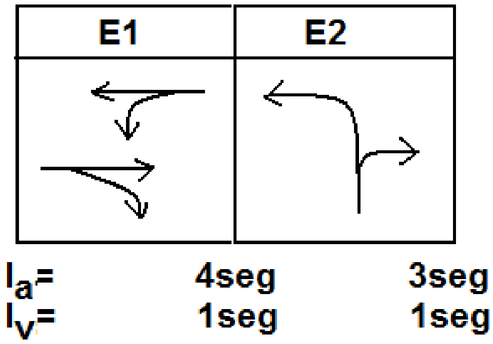
EXERCÍCIO: SEMAFORIZAR OU NÃO-SEMAFORIZAR





1) Semáforo para $q_{ce} = 150 v/h$.

2) Interação em B?

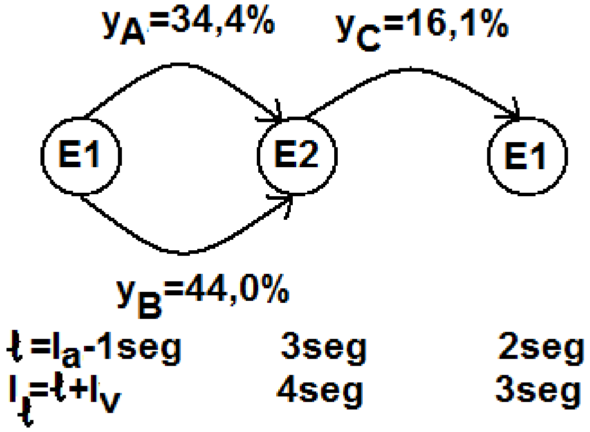
3) Permitir conversões de A em E2?

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO:

1) com os fluxos de saturação fornecidos, tem-se:

$$y_A = \frac{550}{1600} = 0{,}3438, \quad y_B = \frac{660}{1500} = 0{,}4400, \quad y_C = \frac{250}{1550} = 0{,}1613$$

Com o plano simples de dois estágios, o diagrama de movimento é



$$Y = 44{,}0 + 16{,}1 = 60{,}1\%, \quad t_P = 4 + 3 = 7\text{seg}, \quad t_C = \frac{1{,}5.7 + 5}{1 - 0{,}601} = 39\text{seg}$$

$$G_{ef} = 39 - 7 = 32\text{seg}, \quad g_{ef}^{E1} = \frac{0{,}440}{0{,}601}.32 = 23\text{seg} \Rightarrow g_{E1} = 32 + 3 - 4 = 22\text{seg}$$

$$g_{ef}^{E2} = \frac{0{,}161}{0{,}601}.32 = 9\text{seg} \Rightarrow g_{E1} = 9 + 3 - 4 = 8\text{seg}$$

Avaliando capacidades e graus de saturação:

$$C_A = \frac{23}{39}.1600 = 943{,}6\text{v/h}, \quad X_A = \frac{550}{943{,}6} = 0{,}5829(58{,}3\%)$$

$$C_B = \frac{23}{39}.1500 = 884{,}6\text{v/h}, \quad X_B = \frac{660}{884{,}6} = 0{,}7461(74{,}6\%)$$

$$C_C = \frac{9}{39}.1550 = 357{,}7\text{v/h}, \quad X_C = \frac{250}{357{,}7} = 0{,}6989(69{,}9\%)$$

2) A interação em B determina S_B (variável com os tempos semafóricos)

- $\alpha = 6seg, \beta = 3seg$ para as conversões à esquerda permitidas
- no fluxo oposto (A): $g_{so} = \frac{q_o}{S_o - q_o}.r_o = \frac{550}{1600-550}.9 = 4{,}7seg$
- no fluxo analisado (B): $g_u = 23 - 4{,}7 = 18{,}3seg$ com $S_u = \frac{e^{-\frac{550}{3600}.6}}{1-e^{-\frac{550}{3600}.3}}.550 = 598v/h$
- admitindo $S_T = 1800v/h$ para os fluxos diretos;
- $e_{CE} = \frac{1800}{598} = 3$ para as conversões à esquerda;
- $y_T = \frac{600}{1800} = 0{,}3333$ para os fluxos diretos;
- $y_{CE} = \frac{60}{598} = 0{,}1003$ para as conversões à esquerda permitidas;
- $S_T = \frac{Q}{\sum y} = \frac{660}{0{,}3333 + 0{,}1003} = 1522v/h$ para o fluxo misto;

O valor é razoavelmente próximo do assumido ($S_B = 1500v/h$).

O dimensionamento anterior pode ser mantido.

Verificação da capacidade para as conversões à esquerda permitidas:

- $C_{CE} = \frac{g_u}{t_c}.S_u + \frac{n_f}{t_c} = \frac{18{,}3}{39}.598 + 1.\frac{3600}{39} = 280{,}6 + 92{,}3 = 372{,}9v/h > 60v/h$ (ok).

3) A interação em A determina novo S_A (variável com os tempos semafóricos)

Em E2, as conversões à direita serão bloqueadas pelo primeiro veículo direto:
- admitindo $S_{CD} = 1500 v/h$ para as conversões à direita;
- em E2, $m_{CD} = \frac{1500}{3600}.9 = 3{,}75 \cong 4v$ (máximo);
- $p_{CD} = \frac{50}{550} = 0{,}0909 (9{,}1\%)$ são conversões à direita;
- então $\bar{n}_{CD} = \frac{p}{1-p}.\left(1-p^m\right) = \frac{0{,}091}{1-0{,}091}.\left(1-0{,}091^4\right) = 0{,}1v$ (média);
- acréscimo considerado em E1 $S'_A = S_A + \frac{\bar{n}_{CD}}{g_{ef}^{E1}} = 1600 + 0{,}1.\frac{3600}{23} = 1615{,}7 v/h$;

(fluxo de saturação no grupo de faixas de A; pode ser analisado por grupo de tráfego)

O valor é razoavelmente próximo do assumido ($S_A = 1600 v/h$)

O dimensionamento anterior pode ser mantido, novamente.

Se necessário, o dimensionamento teria de ser reiterado até convergir.

Um procedimento similar é utilizado quando a conversão pode bloquear o fluxo direto (usando a probabilidade complementar ou $\bar{n}_t = \frac{1-p}{p}.\left(1-(1-p)^m\right)$ para os veículos que seguem em frente antes do bloqueio por uma conversão com proporção p no fluxo).

No caso de conversões, a existência de um canteiro central ou baia de conversão com n vagas pode fazer com que o bloqueio ocorra somente com a chegada de $(n+1)$ veículos de conversão (não do primeiro). A avaliação deste caso pode ser feito de forma numérica ou com um procedimento heurístico aproximado. Se passam $\bar{n}_t$ até a primeira chegada e esta não bloqueia o fluxo direto, ainda haverá mais $m_1 = m - \bar{n}_t - 1$ oportunidades a seguir. De forma similar, então, tem-se $\bar{n}_{t1} = \frac{1-p}{p}.\left(1-(1-p)^{m1}\right)$. Se o segundo veículo de conversão ainda não bloqueia, a aproximação pode ser repetida até a conversão $(n+1)$ e obter $\bar{n}_{tT} = \bar{n}_t + \bar{n}_{t1} + \ldots$ diretos (e ajustar o fluxo de saturação).

Alternativamente, pode-se representar o mesmo efeito mantendo o fluxo de saturação e avaliando um verde efetivo livre e bloqueado (como $g_f = \frac{\bar{n}_{tT}}{S}$ e $g_b = g_{ef} - g_f$), ao invés de manter o verde efetivo e ajustar o fluxo de saturação (como feito acima). Este procedimento alternativo é utilizado pelo HCM, entre outros.

Numa aproximação de uma faixa em que as conversões permiitidas estão presentes no sentido oposto, o verde bloqueado da aproximação analisada é um período favorável (dado que o fluxo direto considerado, bloqueado, é o fluxo oposto das conversões permitidas do sentido oposto).

Numa aproximação de diversas faixas, por outro lado, o efeito tem de ser incorporado a um procedimento de estimativa da distribuição dos fluxos entre faixas (por um critério de equilíbrio que iguala x ou y entre as faixas) pois a avaliação tem de ser aplicada com a condição da faixa com a interação que está sendo analisada (isto é, compartilhada pelo fluxo direto e de conversão).

Note-se que o procedimento discutido pressupõe uma análise por grupo de tráfego e a avaliação ajusta os parâmetros dos grupos de tráfego (eventualmente repartindo o fluxo de saturação em proporção à composição das manobras, se ambas compartilham a mesma faixa). O HCM adota uma tradição alternativa e faz a análise por grupo de faixas, utilizando os resultados obtidos para estimar fatores equivalentes para as manobras que interagem no grupo de faixas (pela razão inversa dos fluxos de saturação específicos, em cada sub-período de operação).

Neste esquema de análise, o HCM/2010 introduziu uma inovação interessante: um modelo de mudança de faixas que minora a estimativa do efeito dos bloqueios ($E_m = 1 + P_{\ell c}.(E_b - 1)$, com probabilidade de mudança de faixa $P_{\ell c}$, avaliada com o modelo de Bonneson). É uma inovação que pode ser avaliada em outros contextos.

O problema de capacidade foi eliminado pela introdução do semáforo mas este não é o único aspecto a avaliar. A decisão sobre semaforizar ou não semaforizar, teria de comparar o custo das intervenções alternativas e o impacto nos usuários da via (atraso, em particular). No entanto, a saturação da interseção sem semáforo é um indicador de que outras variáveis de operação também indicarão operação ruim e poderão ser melhoradas com a semaforização (e ajustadas ao longo do dia). O semáforo também permite obter uma situação mais equitativa e flexível, além de potencialmente melhor do ponto de vista da segurança de tráfego. A única vantagem decisiva da operação com sinalização de prioridade é favorecer a via principal.

Taxa de saturação global com semáforo na situação atual (caso 1):

$$X_g = \frac{Y}{U}; Y = 0{,}601; U = \frac{G_{ef}}{t_c} = \frac{32}{39} = 0{,}82 \Rightarrow X_g = \frac{Y}{U} = \frac{0{,}601}{0{,}82} = 0{,}73(73\%)$$

(aproximadamente igual ao X dos movimentos críticos B e C)

Reserva de capacidade global com semáforo (caso 1, com ciclo máximo de 120seg):

$X_g = \frac{Y}{U} = Y\frac{t_c}{G_{ef}} = Y.\frac{t_c}{t_c - t_p} \Rightarrow Y_{máx} = X_{máx}.\frac{t_{cmáx} - t_p}{t_{cmáx}} = 1.\frac{120 - 7}{120} = 0{,}94(94\%)$ **.** Atualmente: $R_Y = Y_{máx} - Y = 0{,}94 - 0{,}601 = 0{,}34(34\%)$ e $R_Q = \frac{R_Y}{Y} = \frac{0{,}34}{0{,}601} = 0{,}566(56{,}6\%)$. Mesmo com crescimento de demanda menor, o tempo de ciclo ótimo pode ser impraticável. Neste caso ou com crescimento de demanda maior, pode-se proteger a via principal com o critério do tempo de ciclo prático.

Exemplo: demanda 60% maior.

$$y_A = \frac{1{,}6.550}{1600} = 0{,}5500,\ y_B = \frac{1{,}6.660}{1500} = 0{,}7040,\ y_C = \frac{1{,}4.250}{1550} = 0{,}2581$$

$$Y = 70{,}4 + 25{,}8 = 84{,}2\%,\ t_C = \frac{1{,}5.7 + 5}{1 - 0{,}962} = 408seg > t_{cmáx} = 120seg$$

Adotando $t_{cmáx} = 120seg$ e $X_{máx} = 0{,}95(95\%)$ para a via principal, tem-se:

$$\tilde{y}_{E1} = \frac{y_{E1}}{X_{máx}} = \frac{0{,}704}{0{,}95} = 0{,}741; u_{E1} = \tilde{y}_{E1} \Rightarrow g_{ef}^{E1} = 0{,}741.120 = 89seg; g_{E1} = 89 + 3 - 4 = 88seg,$$

e, como resíduo, $g_{ef}^{E2} = 120 - 7 - 89 = 24seg; g_{E2} = 24 + 3 - 4 = 23seg$ $\left(u_{E2}^{E} = \frac{24}{120} = 0{,}20\right)$.