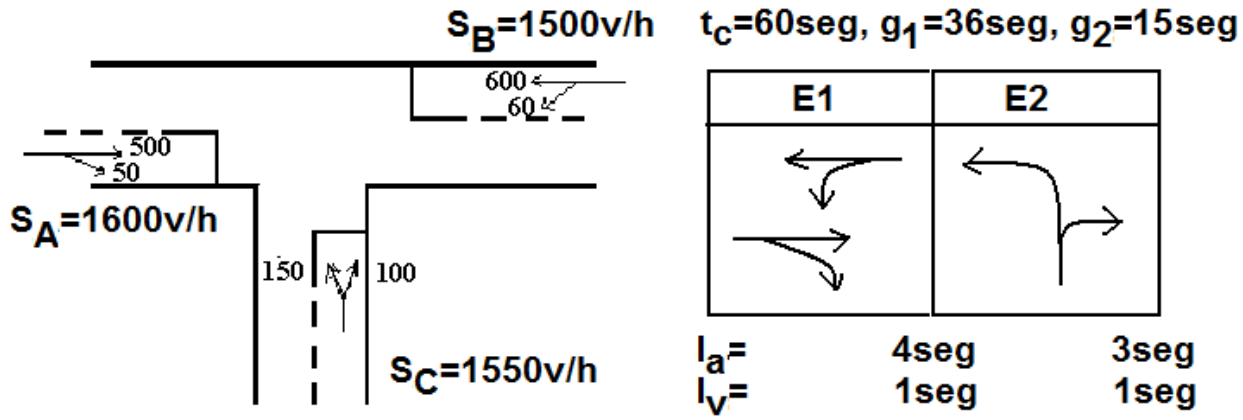
EXERCÍCIO: ESTIMATIVA DE FLUXO DE SATURAÇÃO



1) Verificar estimativa de fluxo de saturação.

2) Como considerar valores medidos em B?

3) Verifica o efeito de autorizar conversões de A em E2.

Admitir: - largura de 5m em todas as aproximações;

- estacionamento permitido, exceto a 20m da retenção em C;

- raios de giro de 10m à direita e 15m à esquerda;

- fluxos de pedestres reduzidos nos períodos considerados;

- aproximações em nível, exceto C (aclive de 2%).

Composição de tráfego: A,B: 82%autos, 12%pesados, 4%motos, 2%bics;

C: 94%autos, 2%pesados, 2%motos, 2%bics.

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO:

1) Em princípio, será utilizado o método de Webster&Cobbe/66 (recomendado pelo DENATRAN/1979 e admitido pela Res.483/2014 do CONTRAN):

$$S = \tilde{S}_b.f_i.f_{est}.f_{loc}.f_{vp}.f_{cd}.f_{ce}$$

A tabela a seguir resume os valores obtidos:

Fator\Aproximação	A	B	C
$\tilde{S}_b$	2587,50	2587,50	2587,50
f_i	1,00	1,00	0,94
f_{est}	0,66	0,66	0,80
f_{loc}	1,00	0,90	0,95
$\tilde{S} = \tilde{S}_b.f_i.f_{est}.f_{loc}.$	1718,1	1546,3	1856,6
f_{vp}	0,93	0,93	1,01
f_{cd}	1,00	1,00	0,93
f_{ce}	1,00	0,94	0,89
$S = \tilde{S}.f_{vp}.f_{cd}.f_{ce}$	1595,0	1344,7	1557,6

O fluxo básico de saturação $\tilde{S}_b = 2587{,}5\text{veq/h}$ é obtido interpolando na tabela fornecida por Webster&Cobbe/66, para L=5m em todas as aproximações (A,B,C).

O fator de declividade é $f_i = \frac{100 - 3.2}{100} = 0{,}94$ apenas para C (aclive de 2%). Para as demais aproximações o fator é 1 (em nível).

O estacionamento é proibido apenas a 20m da retenção em C (que opera em E2 com $g_{ef} = g + I_a - \ell = 15 + 3 - 2 = 16\text{seg}$, admitindo $\ell = I_a - 1\text{seg} = 2\text{seg}$), portanto:

$$p = 1{,}68 - 0{,}90.\frac{20 - 7{,}6}{16} = 0{,}98\text{m} \Rightarrow f_{est} = \frac{5 - 0{,}98}{5} = 0{,}80$$

(admitindo que o veículo estacionado é normalmente um automóvel comum).

Nas demais aproximações, o estacionamento é permitido $(z = 0)$ e pode-se adotar $p = 1{,}68\text{m}$, portanto:

$$f_{est} = \frac{5 - 1{,}68}{5} = 0{,}66$$

(admitiu-se que o veículo estacionado é um automóvel comum e que as faixas de estacionamento não são demarcadas).

O fator de localização, definido em função das interferências nas aproximações, deve considerar os seguintes aspectos principais:

- em A: além das manobras de estacionamento e da presença de poucos pedestres, há a influência das conversões à direita com raio reduzido (10m), mas o alinhamento retilíneo da aproximação é favorável (adotar fator entre 0,95 e 1,05);
- em B: além das manobras de estacionamento e da presença de poucos pedestres, há a influência mais importante das conversões à esquerda permitidas (apesar do raio de giro melhor), mas o alinhamento retilíneo é favorável (adotar fator de 0,90 a 0,95);
- em C, além da presença de poucos pedestres, todas as manobras são de conversão tem raio restrito (10m à direita e 15m à esquerda) mas as manobras de estacionamentos são mais afastadas (adotar um fator entre 0,90 e 1,00).

Com a composição de tráfego fornecida e os fatores equivalentes fornecidos em Webster&Cobbe/66, os fatores de composição por tipo de veículo são:

- em A,B (admitindo que os pesados são ônibus e caminhões médios):

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 12.(2-1) + 4.(0{,}33-1) + 2.(0{,}20-1)} = 0{,}93$$

- em C (admitindo que os pesados são caminhões médios apenas):

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 2.(1{,}75-1) + 2.(0{,}33-1) + 2.(0{,}20-1)} = 1{,}01$$

(para ônibus e caminhões médios, adotou-se o fator equivalente médio).

Em C ambas as conversões ocorrem sem fluxo oposto (em Webster&Cobbe/66 $e_{so} = 1{,}25$ se $\%p_{so} > 10\%$), tendo-se $p_{cd} = \frac{100}{100+150} = 40\% > 10\%$, portanto $f_{cd} = \frac{100}{100 + (40-10).(1{,}25-1)} = 0{,}93$, e $p_{ce} = \frac{150}{100+150} = 60\% > 10\%$, portanto $f_{cd} = \frac{100}{100 + (60-10).(1{,}25-1)} = 0{,}89$, ignorando a influência dos pedestres.

Em A, as conversões à direita ocorrem sem fluxo oposto (em Webster&Cobbe/66 $e_{so} = 1{,}25$ se $\%p_{so} > 10\%$), ignorando a influência dos pedestres, e podem também ser ignoradas porque $p_{cd} = \frac{50}{500+50} = 9\% < 10\%$, portanto $f_{cd} = 1{,}00$.

Em B há conversões permitidas com fluxo oposto (em Webster&Cobbe/66 $e_{co} = 1{,}75$), tendo-se $p_{ce} = \frac{60}{600+60} = 9\%$, portanto $f_{ed} = \frac{100}{100 + 9.(1{,}75-1)} = 0{,}94$, mas deve-se verificar a capacidade para atender as conversões à esquerda permitidas (ver adiante).

A análise da capacidade para as conversões em B de Webster&Cobbe/66 é:

- em E1: $g_{ef} = g + I_a - \ell = 36 + 4 - 3 = 37seg \Rightarrow r_{ef} = 60 - 37 = 23seg$

- no fluxo oposto (A): $g_{so} = \frac{q_o}{S_o - q_o}.r_o = \frac{550}{1600 - 550}.23 = 12seg$

- no fluxo analisado (B): $g_u = 37 - 12 = 25seg \text{ com } S_u = 660v/h$

Verificação da capacidade para as conversões à esquerda permitidas:

- $C_{CE} = \frac{g_u}{t_c}.S_u + \frac{n_f}{t_c} = \frac{12}{60}.660 + 1.\frac{3600}{60} = 132 + 60 = 192v/h > 60v/h$ (ok).

A interação entre as conversões permitidas e as demais manobras é ignorada por Webster&Cobbe/66 (e deveria revisar o fator equivalente das conversões permitidas).

2) Os valores obtidos são próximos dos adotados mas variam significativamente em função do valor admitido para o fator de localização.

Sempre que uma estimativa de fluxo de saturação for crítica (isto é, em semáforos saturados), uma maior precisão pode ser obtida com medições em campo.

Mesmo quando as condições adotadas forem diferentes das existentes no local, as medições de campo podem ser utilizadas para calibrar o fator de localização (de forma aproximada, o mesmo pode ser feito com base em dados de locais similares).

No caso da aproximação B, um fator de localização de 0,90 levou a uma estimativa de cerca de 1345v/h para o fluxo de saturação. Se o valor adotado de 1500v/h foi medido em campo, o fator de localização calibrado é 1500/1345*0,90=1,00 (admitindo que os demais fatores utilizados na estimativa são adequados).

Novas análises para o semáforo deveriam, então, utilizar os fatores de localização calibrados (cuidando naturalmente de ponderar o efeito de mudanças que afetem o fator de localização e devem alterar o fator calibrado).

3) A interação em A decorrente de permitir a conversão à direita em E2 não pe considerada em Webster&Cobbe/66. Portanto, deve-se adotar um método teórico para suplementar o método originalmente proposto (o que é bastante comum).

Agora, A opera (de forma distinta, naturalmente) em E1 e E2 e pode-se adotar diferentes métodos de análise (fluxos de saturação distintos em E1 e E2, um fluxo de saturação médio no ciclo ou um fluxo de saturação referido a E1, onde a maior parte da demanda é atendida). Em todos os casos, os fluxos de saturação dependerão do dimensionamento, que determinam novo S_A (variável com os tempos semafóricos).

Os métodos teóricos usuais avaliam o total de conversões feitas antes de um bloqueio por fórmulas probabilísticas como $\bar{n}_t = \frac{p}{1-p}.\left(1-p^m\right)$, onde p é a proporção dos veículos autorizados e m é o máximo número de veículos escoado no período.

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).

Esta é a informação provida pelo método teórico. Se a análise decidir revisar a estimativa do fluxo de saturação referido a E1 adicionando esta contribuição tem-se
- 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 ($S_A = 1600 v/h$). Se necessário, o dimensionamento teria de ser reiterado até convergir.