



## SOLUÇÃO:

Plano com 2 estágios:

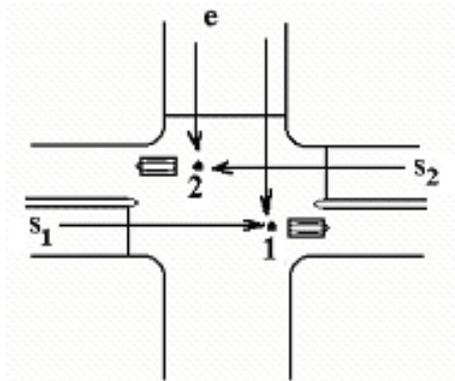
est. mov.	1	2	
1	sim	-	} GT1 } GS1
2	sim	-	
3	sim	-	
4	-	sim	} GT3 } GS2
5	-	sim	
6	-	sim	

E1/E2: determinação dos tempos de entreverdes

1. amarelo:  $I_{ar1} = t_r + \frac{V}{2b} = 1 + \frac{70}{2 \cdot 10} = 4,5\text{seg}$  (via 1),  $I_{ar2} = t_r + \frac{V}{2b} = 1 + \frac{50}{2 \cdot 10} = 3,5\text{seg}$  (via 2)  
 recomendado  $I_a = 5\text{seg}$  para GS1 (necessidade crítica).

2. vermelho total:  $I_{rv} = \frac{z_s + l_v}{V_s} - \frac{z_e}{v_e}$

análise dos pontos de conflito: com velocidades similares, os casos mais críticos são os com maior  $z_s$  e menor  $z_e$  (mas  $V_s$  maior na via 1).



2 é mais crítico

$$z_s = 1 + 3,5 + 3,5/2 = 6,25\text{m}$$

$$z_e = 1 + 1,0\text{m} = 2,0\text{m (ou 0)}$$

$$I_{rv} = \frac{6,25 + 6,0}{50/3,6} - \frac{2,0}{30/3,6} = 0,6420\text{s}$$

$$\therefore I_v \cong 1\text{seg para GS1}$$

A Res.483/2014 recomenda  $b=3\text{m/s}^2$  como valor usual, adota  $z_s=L_v$ , a largura da via, e  $z_e=0$ , obtendo-se em geral os mesmos resultados (deve-se verificar casos especiais). Estes comentários aplicam-se a todos os casos a seguir e não serão repetidos.

Para velocidades maiores, a Res.483/2014 recomenda manter  $I_a = 5\text{seg}$  e adicionar a eventual redução no valor em relação ao calculado no vermelho de segurança. No entanto, a Res.483 recomenda também cuidados especiais na implantação de semáforos em vias com velocidades superiores a 70km/h (casos em que isso ocorre).

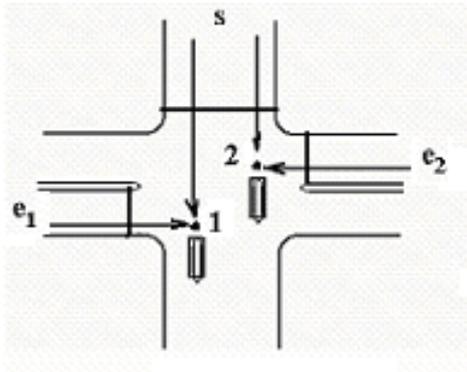
E2/E1: determinação dos tempos de entreverdes

$$1. \text{ amarelo: } I_{ar} = t_r + \frac{V}{2b} = 1 + \frac{30}{2 \cdot 10} = 2,5\text{seg}$$

$$I_a = 3\text{seg para GS2.}$$

$$2. \text{ vermelho total: } I_{rv} = \frac{z_s + \ell_v}{V_s} - \frac{z_e}{v_e}$$

análise dos pontos de conflito: com velocidades iguais, os casos mais críticos são os com maior  $z_s$  e menor  $z_e$  (mas  $V_e$  maior na via 1).



1 é mais crítico:

$$z_s = 1 + 7 + 1 + 3,5 + 3,5/2 = 14,25\text{m}$$

$$z_e = 1 + 1,0 = 2,0\text{m (ou 0)}$$

$$I_{rv} = \frac{14,25 + 6,0}{\frac{30}{3,6}} - \frac{2,0}{\frac{70}{3,6}} = 2,327\text{ls}$$

$$\therefore I_v \cong 2\text{ou } 3\text{seg para GS2}$$

(valor alto; verificar em campo).

Note que, sem focos de pedestres, o dimensionamento do entreverdes ignora os conflitos com pedestres nas travessias paralelas aos movimentos veiculares, o que corresponde a admitir que há poucos pedestres e que a maior parte das travessias ocorre no início do estágio com os movimentos veiculares paralelos (e que, em caso contrário, haveria foco de pedestres). Esta suposição deve ser verificada em campo (ou, em caso contrário, opcionalmente deveriam ser considerados os conflitos com pedestres que iniciam a travessia no verde e devem concluí-la no amarelo e no vermelho de segurança do estágio com os movimentos veiculares paralelos).

Algumas observações sobre os critérios da Res.483/2014: a recomendação oficial corresponde a sempre adotar  $z_e=0$ , o que tem pouca justificativa prática e um conteúdo dúbio, visto que não há recomendações precisas para definir os pontos de conflito (no caso admitiu-se a trajetória de saída pelo eixo da faixa e a distância ao ponto de conflito a 1,0m dentro da faixa); a recomendação oficial sugere que o condutor aplica uma força de frenagem habitual correspondente a uma desaceleração em nível com  $b_0=3,0\text{m/s}^2$ , produzindo uma desaceleração efetiva  $b_i=3,0\text{m/s}^2 \pm i \cdot g$  em um aclive  $i$ , onde  $g=9,78\text{m/s}^2$  é a aceleração gravitacional ( $g=9,78\text{m/s}^2$ ), e solicitando um coeficiente de aderência pneu-pavimento  $f=3,0/9,78=0,3067$  constante, enquanto a forma utilizada admite que o condutor busca uma desaceleração habitual  $b_i=10\text{km/h/s}$  ( $b_i=2,78\text{m/s}^2$ ) e solicita um coeficiente de aderência pneu-pavimento  $f=0,2840 \pm i$  (maior no declive e menor no aclive). Neste segundo aspecto, a regra oficial pode ser preferida embora haja evidência empírica favorável à hipótese adotada. O ponto relevante da hipótese adotada é, no entanto, a necessidade de verificar a condição de aderência do pavimento, em condições de pavimento molhado, nos declives mais fortes (o que pode indicar uma condição inadequada mesmo com o coeficiente fixo oficial), devendo-se então reduzir a velocidade e/ou prover maior aderência.

Plano com 3 estágios:

est. mov.	1	2	3		
1	sim	-	-	} GT1	} GS1
2	sim	-	-		
3	sim	-	-		
4	-	sim	-	} GT3	} GS2
5	-	sim	-		
6	-	sim	-		
P1	-	-	sim	} GT4	} GS3
P2	-	-	sim		
P3	sim	-	sim		
P4	-	-	sim		

E1/E2: determinação dos tempos de entreverdes

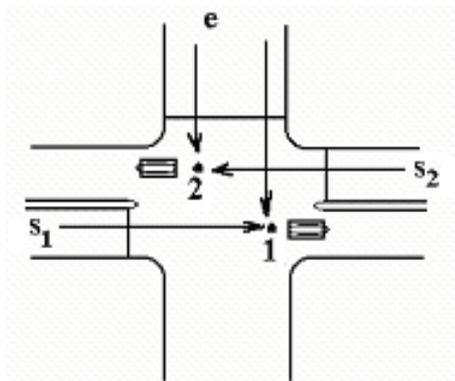
1. amarelo: : igual ao anterior  $I_a = 4\text{seg}$  para GS1 mas

piscante:  $I_{pr} = \frac{L}{V_p} = \frac{7}{1,4} = 5\text{seg}$  (na via 3, etapa mínima=integral)

recomendado  $I_p = 5\text{seg}$  para GS4.

2. vermelho total:  $I_{vr} = \frac{z_s + l_v}{V_s} - \frac{z_e}{v_e} \geq I_{v\min}$  também com pedestre saindo ...

análise dos pontos de conflito:  $I_{v\min} = 1\text{seg}$  (da Res.483/2014)



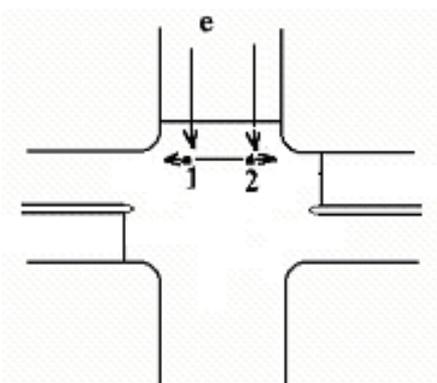
2 é mais crítico

$$z_s = 5,5 + 3,5 + 3,5/2 = 10,75\text{m}$$

$$z_e = 5,5 + 1,0\text{m} = 6,5\text{m (ou 0)}$$

$$I_{vr} = \frac{10,75 + 6,0}{50/3,6} - \frac{6,5}{30/3,6} = 0,4260\text{s}$$

$\therefore I_v \cong 1\text{seg}$  para GS1



1 ou 2 igualmente críticos

$$z_s = 0\text{m, após piscante}$$

$$z_e = 1,5\text{m} = 1,5\text{m (ou 0)}$$

$$I_{vr} = -\frac{1,5}{30/3,6} = -0,18\text{s}$$

$\therefore I_v \cong 1\text{seg}$  para GS4

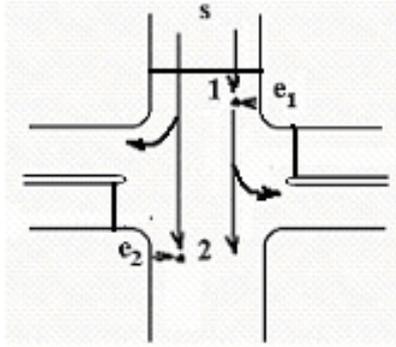
Na Res.483/2014 a velocidade de pedestres usual é 1,2m/s (verificar no local).

E2/E3: determinação dos tempos de entreverdes:

1. amarelo: igual ao anterior  $I_a = 3\text{seg}$  para GS2.

2. vermelho total:  $I_{vr} = \frac{z_s + l_v}{V_s} - \frac{z_e}{v_e} + \delta_{seg}$  com pedestre entrando

análise dos pontos de conflito:  $\delta_{seg} = 1\text{seg}$  (da Res.483/2014)



2 é mais crítico:

$$z_s = 5,5 + 7 + 1 + 7 + 1 + 3 = 24,5\text{m}$$

$$z_e = 1,0\text{m (ou 0)}$$

$$I_{vr} = \frac{24,5 + 6,0}{\frac{30}{3,6}} - \frac{1,0}{\frac{4}{3,6}} + 1 = 3,7720\text{s}$$

$$\therefore I_v \cong 4\text{ou } 3\text{seg para GS2}$$

(valor alto; verificar em campo).

considerar também conversões quando forem críticas.

Note que a análise do estágio E2 (e o plano semafórico adotado) tem algumas suposições implícitas que vale discutir (embora suas implicações maiores sejam relacionadas ao dimensionamento dos tempos de pedestre, isto é, seu verde e piscante). No plano semafórico adotado, o estágio E2 não autorizou a travessia parcial até o canteiro central (sem conflitos). Esta decisão seria justificada pela largura reduzida do canteiro (1m), como área de espera para os pedestres (com baixos fluxos de pedestres, a decisão oposta seria igualmente aceitável). Na forma adotada, não seria necessário utilizar focos de pedestres no canteiro central da via principal e teria de ser verificada a travessia integral, sempre, na análise da via principal.

Esta decisão tem implicação para o entreverdes de E3 (a seguir). A consideração da etapa mínima de travessia da via principal como travessia parcial até o canteiro ou a partir do canteiro ainda poderia ser assumida pelo piscante como condição de exceção que se aplica somente a pedestre que eventualmente iniciou a travessia no final do verde de pedestre. Mas os verdes mínimos de pedestre da travessia da via principal deveriam ser estimados sempre com a travessia integral (no exemplo, esta consideração é independente da decisão discutida porque não há outro estágio para concluir uma travessia parcial, a menos de dimensionar-se o semáforo para travessias parciais em ciclos semafóricos sucessivos). No caso em que um estágio corresponde apenas a uma travessia parcial (uma das etapas), os conflitos no entreverdes podem ignorar as demais etapas. Normalmente, as travessias de linha de retenção podem ocorrer em mais estágios e este critério aplica-se a um estágio de pedestres exclusivo em que ocorre a travessia detendo as conversões veiculares paralelas (para evitar os conflitos de um esquema com travessias concorrentes). A Res.483/2014 não discute estes aspectos especificamente mas pode-se limitar o uso do piscante para a etapa mínima apenas nos casos em que há grupos focais específicos de pedestres em cada etapa (como exige, por exemplo, U.S.MUTCD/2009) ou admiti-la de forma mais geral.

E3/E1: determinação dos tempos de entreverdes

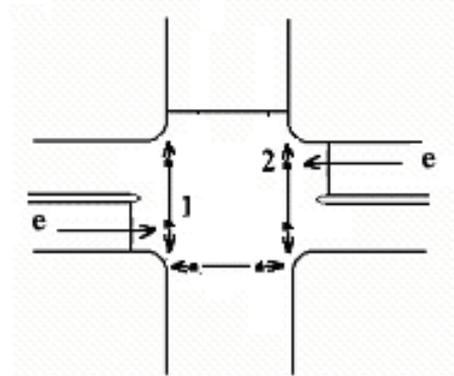
1. piscante:  $I_{pr} = \frac{L}{V_p} = \frac{7}{1,4} = 5\text{seg}$  (etapa mínima nas vias 1 e 2; integral na via 3)

recomendado  $I_p = 5\text{seg}$  para GS3.

(com travessia integral, seria necessário diferenciar P4, em GS5, de P1 e P2).

2. vermelho total:  $I_{vr} = \frac{z_s + l_v}{V_s} - \frac{z_e}{v_e} \geq I_{v\min}$  com pedestre saindo ...

análise dos pontos de conflito:  $I_{v\min} = 1\text{seg}$  (da Res.483/2014).



1 ou 2 igualmente críticos

$$z_s = 0\text{m, após piscante}$$

$$z_e = 1,5\text{m (ou 0)}$$

$$I_{vr} = -\frac{1,5}{70/3,6} = -0,0771\text{s}$$

$$\therefore I_v \cong 1\text{seg para GS3.}$$

considerar também conversões quando forem críticas.

Na Res.483/2014 a velocidade de pedestres usual é 1,2m/s (verificar no local).

Em geral, os critérios da Res.483/2014 são conservativos. A margem de segurança  $\delta_{seg} = 1\text{seg}$  normalmente seria necessária apenas quando se inicia um movimento de pedestre exclusivo (sem movimentos veiculares paralelos). O vermelho de segurança mínimo  $I_{v\min} = 1\text{seg}$  não seria em geral necessário após o piscante do pedestre quando dimensionado como tempo normal de travessia (o critério da Res.483/2014) porque o valor requerido é normalmente negativo (o que fornece uma margem de segurança em geral suficiente com fila veicular). Um critério alternativo (introduzido, por exemplo, no U.S.MUTCD/2009) é o de utilizar um vermelho fixo de 3seg ou mais após o piscante na parte final do tempo normal de travessia (deduzido, então, do piscante normal).

Os mesmos comentários feitos anteriormente (na discussão sobre os entreverdes veiculares) aplicam-se na discussão dos entreverdes com pedestres. Embora os critérios da Res.483/2014 possam ser considerados conservativos, haveria pouca justificativa para evita-los em função do real risco de acidentes (e da potencial gravidade) nos conflitos entre veículos e pedestres e do pequeno impacto na fluidez decorrente (muito menor que decorreria de estágios exclusivos de pedestres ou conflitos no movimento concorrente entre veículos e pedestres). A única justificativa para questionar os critérios recomendados parece ser a dúvida sobre seu impacto efetivo na segurança e/ou conforto dos pedestres. Como existe pouco conhecimento acumulado sobre este aspecto, convém vistoriar em campo as condições reais obtidas.