

SP 01/93

NT 159/93

Algumas considerações sobre segurança em cruzamentos com e sem semáforos

Núcleo de Estudos de Tráfego

1. Introdução

Há poucos casos em que uma análise exclusiva de fluidez justifica a colocação de semáforo. Quase sempre a fila média do dia inteiro aumenta após a colocação de semáforo. A justificativa maior geralmente é uma melhoria de conforto do usuário, e principalmente na esperada redução de acidentes.

Neste trabalho, procurou-se analisar teoricamente quais os riscos de acidentes, com e sem semáforo.

2. Acidentes em Cruzamentos Sem Semáforo

A investigação de comportamentos e índices de acidentes em cruzamentos (especificamente colisões) é complexa. De forma genérica, num cruzamento simples de duas vias de mão única sem preferência declarada, o índice de acidentes pode ser expresso por:

$$I_a = F_1 \cdot F_2 \cdot K \quad (1)$$

onde

$$I_a = \text{índice de acidentes} = \frac{\text{acidentes ocorridos num período}}{\text{duração do período}}$$

F1 e F2 = volumes das aproximações

K = constante que depende do comportamento dos motoristas na aproximação e de fatores locais.

Caso os veículos não tomassem nenhum cuidado, o índice de acidentes seria expresso por:

$$I_{ma} = F_1 \cdot F_2 \left(\frac{d_1 + h_2}{V_1} + \frac{d_2 + h_1}{V_2} \right) \quad (2)$$

onde d_1, h_1 = comprimento e largura média dos carros da aproximação 1

d_2, h_2 = comprimento e largura dos carros da aproximação 2

V_1, V_2 = velocidade média das aproximações 1 e 2

O primeiro termo refere-se às colisões onde os veículos 2 batem em 1 e o 2º vice versa.

Por exemplo: para $d_1 = d_2 = 4,5\text{m}$, $h_1 = h_2 = 1,5\text{m}$ e $V_1 = V_2 = 45.000\text{m/h}$ (45km/h) obteremos:

$$I_{ma} = \frac{F1 \cdot F2}{3750}$$

O que numa aproximação de 100 x 100 veículos por hora, já daria um índice de acidentes de 2,7 acidentes por hora.

I_{ma} = índice máximo de acidentes.

2.1. Influência da visibilidade

Se o veículo puder ver o outro e frear (ou desviar), as chances de colisão caem para os seguintes fatores:

a) o veículo que está mais atrasado (e que iria bater na lateral do outro) pode frear e desviar, chegando ao local da colisão mais tarde.

b) o veículo que está mais adiantado pode acelerar ou desviar, passando mais cedo pelo local da colisão.

c) o veículo que está mais atrasado pode breicar e parar antes de chegar ao ponto de colisão.

Os processos **a** e **b** são complexos e embora reduzam as chances de acidentes, estas continuam bem elevadas e os índices seriam ainda gigantesco.

O mecanismo **c** é o único seguro, que reduz a zero a chance de colisão, e é usado na prática.

Em geral, uma das ruas é considerada ou definida como preferencial, e seus veículos não tomam cuidado ao cruzar, deixando esta tarefa aos veículos da transversal, normalmente regulamentada pela placa PARE, com eventuais reforços visuais de sinalização horizontal e PISCANTE.

Se todos os veículos obedecessem à regulamentação, o índice de acidentes seria quase zero.

Entretanto, para economizar tempo, muitos motoristas, ao invés de parar, aguardar uma brecha e cruzar, preferem já se aproximar em certa velocidade, e já próximo o cruzamento, observando que não há carros na principal, cruzar direto.

Os parâmetros mais importantes nesta dinâmica são:

a) distância para parar expressa por:

$$dp = v \cdot tr + \frac{v^2}{fr} \quad (3)$$

onde

tr = tempo de reação que vai desde que o fato gerador acontece, até que o motorista perceba, raciocine, pise no freio e este comece a funcionar.

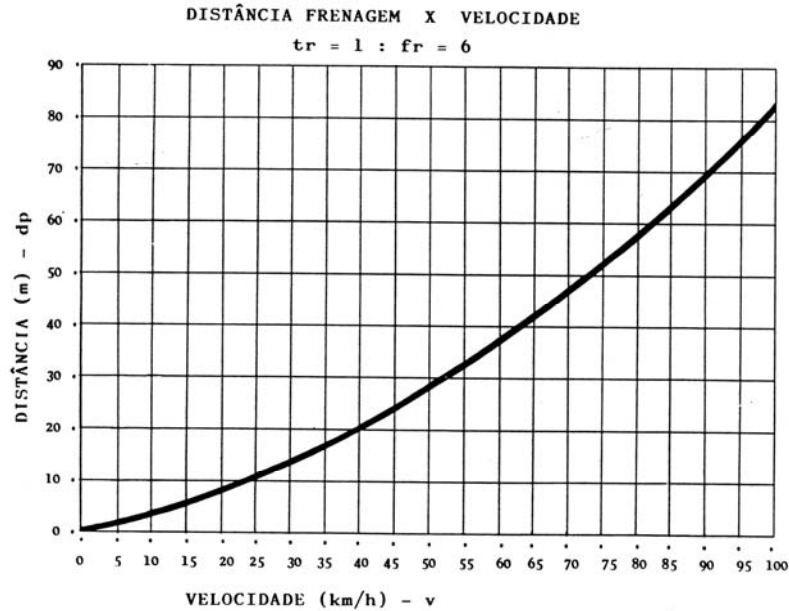
fr = desaceleração do carro

Valores usuais: tr = 1 s fr = 6 m/s²

O gráfico abaixo mostra a relação entre **dp** e **v** com tr = 1 e fr = 6 m/s².

Distância Frenagem X Velocidade

$$\underline{Tr = 1 : fr = 6}$$



A distância de visibilidade depende da geometria local. Em casos mais simples de vias retas, ela se exprime razoavelmente através da equação:

$$d1 = \frac{d2 \cdot R1}{d2 - R2} \quad (4)$$

onde

$d2$ e $d1$ são as distâncias dos carros ao potencial ponto de colisão e $R1$ e $R2$ as distâncias onde a visibilidade se torna ilimitadas. Numa via, estas distâncias devem ser calculadas nas condições mais desfavoráveis.

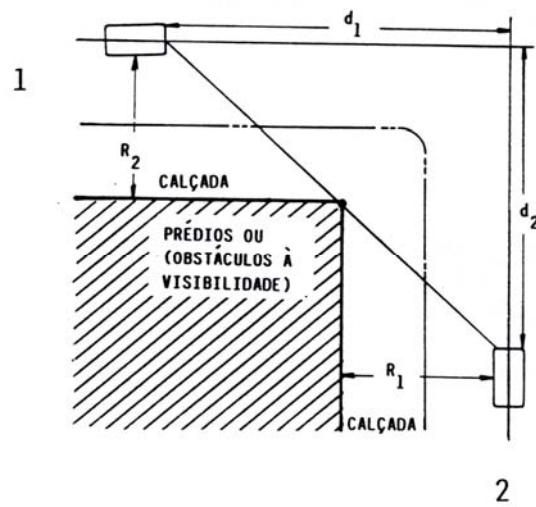


Figura 1

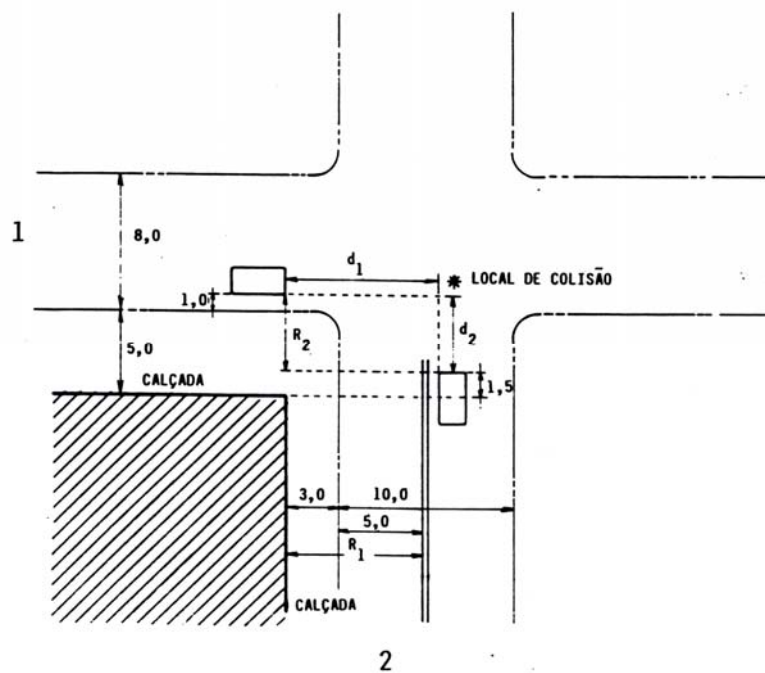


Figura 2

No exemplo acima, supondo que a rua 1 seja mão única, e que um veículo circule a 1 m da guia e o veículo 2 junto à linha divisória, verificamos que o veículo 2 tem visibilidade ilimitada quando o motorista estiver no alinhamento de construção.

$$R_2 = 5 + 1 - 1,5 = 4,5 \text{ m, enquanto } R_1 = 3 + 5 = 8 \text{ m.}$$

Quando um caminhão pára na esquina, R2 pode ser negativo, significando que não há forma de cruzar, pois para obter visibilidade, já se invade a frente do veículo na possível região de colisão. Para que o veículo se decida a cruzar com segurança, tendo uma visibilidade expressa pela equação anterior, devemos ter:

$$tc2 < tc1 \quad (5)$$

onde $tc2 = f(d2 + l0)$ e $tc1 = f(d1)$

onde, tc2 tc1 são, respectivamente, os tempos necessários para passar e chegar ao ponto de colisão dos carros da segunda e do eventual carro que surja na principal. Estes tempos são funções das velocidades (V2 e V1), das taxas de aceleração e desaceleração e dos tempos de reação.

$l0 = \text{comprimento} + \text{largura usual dos veículos} \approx 6 \text{ metros.}$

Simplificando o problema a favor da segurança e supondo que as velocidades permaneçam constantes, obtemos simplesmente:

$$\frac{d2 + l0}{V2} < \frac{d1}{V1} \quad (6)$$

Com a equação (4) nos dá:

$$V2 \geq \frac{(d2 + l0)(d2 - R2)}{d2 \cdot R1} V1 \quad (7)$$

As equações (3) e (7) definem duas condições de travessia segura.

Assim, o dilema de quem cruza a preferencial é parecido com o do semáforo: a cada instante, enquanto o veículo se aproxima da via preferencial, aumenta a visibilidade e diminui a distância. Se surgir um veículo, o motorista tem que decidir se freia ou passa. Se frear, o veículo deve estar compatível com a distância, e se acelerar, deve atravessar o cruzamento antes que o carro da transversal chegue ao cruzamento.

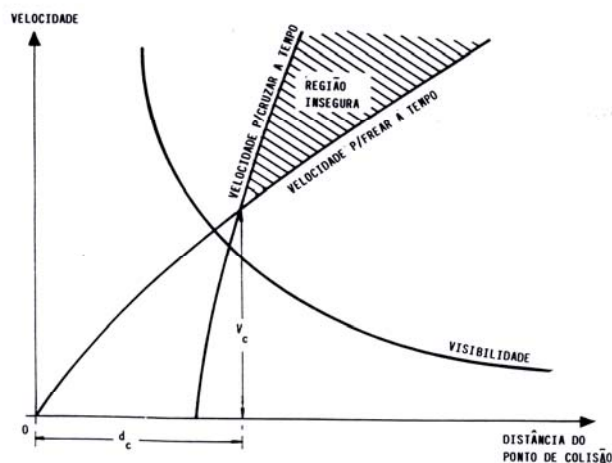


FIGURA 3

Figura 3

O gráfico (Fig.3) mostra quais os pontos velocidade x distância “inseguros”. As tabelas anexas mostram o ponto delimitador (dc,vc) que indica a região de perigo.

As tabelas permitem verificar diretamente pela geometria do local e pelas velocidades de aproximação dos veículos, se está havendo probabilidade de acidentes, e nesse caso quais as providências possíveis para melhorar a segurança, que consistem basicamente em:

- a) Aumentar R1 e/ou R2
- b) Diminuir V1 e/ou V2

Para reduzir a velocidade, a solução usual é a minirrotatória ou a lombada.

Para melhorar a visibilidade, eventualmente acerta-se a geometria, e mais comumente se proibe estacionamento (junto às esquinas), medida que só traz algum resultado se combinado com a fiscalização.

No caso de se usar um redutor de velocidade na via secundária, este deverá ser colocado na distância de dilema do ponto de colisão, conforme valor das tabelas anexas. Quando o redutor de velocidade for na principal, este deverá estar a $2/3$ da distância de colisão d_2 , dada pela fórmula (4), onde d_1 é a distância das tabelas anexas.

3. Acidentes em Cruzamentos com Semáforos

O semáforo de volumes relativamente baixos, em São Paulo, funciona, para parte dos motoristas, como uma placa PARE reversível. Entretanto, como geralmente os semáforos são colocados em locais de volumes “grandes”, quase todos os motoristas tomam cuidado antes de passar no vermelho, isto é, respeitam o “PARE” do semáforo, e pelo menos observam a transversal antes de cruzar. É razoável, portanto, usar o semáforo para forçar uma obediência ou um cuidado quando outras medidas não surtem efeito.

Entretanto, além dos efeitos “positivos”, de maior respeito, a dinâmica de um semáforo causa alguns tipos extras de acidentes dos quais se destacam:

a) Maior risco em caso de desobediência.

Da mesma forma que o vermelho impõe mais respeito, o motorista do verde tem mais certeza de poder passar tranqüilo quando algum motorista, por falta de atenção, visibilidade, ou “compulsão de jogador” invade o vermelho sem olhar a transversal, as chances de acidentes são maiores do que num cruzamento sem semáforo.

b) Colisão traseira

Ao mudar, o semáforo de verde para vermelho os veículos devem frear para parar antes da linha de retenção. Quando o veículo de trás não percebe a tempo, acontecem colisões traseiras.

c) Colisões laterais na mudança de estágio

É comum os veículos de fim de verde aproveitarem o amarelo e o início do vermelho para cruzarem a via, evitando a espera de todo o vermelho. É comum também os veículos da fase verde que se inicia saírem apressadamente assim que dá o verde, ou até no amarelo do outro lado.

Estes dois comportamentos propiciam colisões.

No caso de semáforo de baixos volumes, existe uma chance maior de colisões, quando o vermelho não formou uma fila de veículos que ocupe toda a linha de retenção e assim seja possível haver um veículo que esteja chegando no início do verde, sem breicar e continuar a sua velocidade de cruzeiro. Este veículo leva muito menos tempo (que os parados) para chegar à região de conflito do cruzamento, com chances bem maiores de colisão com o veículo aproveitador do início de vermelho na transversal.

Embora um entreverde maior possa ser usado para amenizar o problema, há veículos que, percebendo a extensão maior de entreverde prolongam sua invasão no amarelo e vermelho, ou antecipam sua saída, e a situação de perigo permanece.

O número médio de carros que estão parados na linha de retenção pode ser calculado pelas equações usuais de ciclos ótimos, tempos verdes e filas.

Sendo:

F1 e S1 = volume e capacidade da via principal

F2 e S2 = volume e capacidade da via secundária

Ta = tempo de amarelo

TM1 e TM2 = tempos mínimos de verde

O número de carros parados vale:

$M1 = TR1 \cdot F1$

$M2 = TR2 \cdot F2$

TC = tempo de ciclo
 TR = tempo de vermelho + amarelo (TR = TC – TV)
 TV = tempo de verde

Assim o número médio de carros parados na linha de retenção depende da temporização de semáforos.

Normalmente os semáforos de volume baixo (que correspondem à maioria dos novos semáforos) as fórmulas de Webster de ciclo ótimo e proporção de verde não são aplicáveis. O ciclo ótimo adotado costuma ser simplesmente o mínimo no caso de volumes equilibrados; ou proporcional à raiz quadrada da relação de volumes no caso de volumes desequilibrados, porém com o tempo de verde sempre igual ao mínimo para o movimento 2 (de menor volume).

Conhecendo-se M2 (carros médios na fila no fim de vermelho) e n2, número de faixas, podemos calcular a fração de ciclos em que o número de carros na fila é menor que n2, que corresponde a situações perigosas.

$$P_p = \sum_{i=1}^{n2-1} e^{-M2} \frac{M2^i}{i!} \quad (8)$$

(admitida distribuição de Poisson para o número de carros)

Pp = probabilidade de “perigo”

As tabelas anexas mostram o valor de Pp, para diferentes volumes e diferentes capacidades das vias, bem como (na segunda linha) o número de vezes por hora que esta situação ocorre.

Para cada capacidade de via, mostra-se, numa matriz F1 x F2, valores para o lado 2 (Tabela “A”) e para a soma dos lados 1 e 2 (Tabela “B”)

Exemplo:

F1 = 500 veículos/hora

F2 = 100 veíc./h

Aproximação 1: 1 faixa - capacidade = 1800 veíc./h

Aproximação 2: 1 faixa - capacidade = 1800 veíc./ h

Em 37,2% (Tabela A1 – 1ª linha) dos ciclos, a fila na aproximação 2 será menor que o número de faixas (isto é, para o presente exemplo, em 37,2% dos casos a fila de aproximação 2 será nula).

Essa situação (fila menor que o número de faixas) ocorre 28,2 (tabela A1 – 2ª linha) vezes por hora na aproximação 2.

22,7 (Tabela B1 – 1ª linha) das situações em que ocorrem a troca de estágios correspondem a situações perigosas no cruzamento, enquanto que elas (as situações perigosas) ocorrem 34,4 (Tabela B1 – 2ª linha) vezes por hora.

Cálculo da situação de perigo em semáforos
 TABELA A 3
 Índice de situações de perigo na aproximação 2
 Porcentagem de passagem livre na aproximação 2 (Pp)

ESTÁGIO	TM1	AMARELO	CAPACIDADE	Nº DE FAIXAS
1	12	3	5 400	3
2	12	3	1 800	1

(Ciclo máximo = 120)

F1	F2																
	10	20	40	60	80	100	120	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900
100	87.9	84.6	81.9	74.1	67.0	60.7	54.9	47.2	36.8	28.7	22.3	13.5	8.2	5.0	3.0	1.8	1.1
	54.0	72.7	98.2	88.9	80.4	72.8	65.9	56.7	44.1	31.6	22.4	11.5	6.1	3.3	1.8	1.0	0.5
200	82.2	77.1	71.4	68.1	67.0	60.7	54.9	47.2	36.8	28.7	22.3	13.5	8.2	5.0	3.0	1.8	1.1
	35.8	47.1	60.8	70.0	80.4	72.8	65.9	56.7	44.1	34.4	26.8	15.8	8.4	4.6	2.5	1.3	0.7
300	77.9	71.5	64.4	60.2	57.3	55.2	54.9	47.2	36.8	28.7	22.3	13.5	8.2	5.0	3.0	1.8	1.1
	27.5	35.6	45.0	51.1	55.7	59.5	65.9	56.7	44.1	34.4	26.8	16.2	9.9	5.5	3.0	1.6	0.9
400	74.4	67.0	58.9	54.0	50.6	48.2	46.3	47.2	36.8	28.7	22.3	13.5	8.2	5.0	3.0	1.8	1.1
	22.6	28.7	35.5	39.7	42.8	45.3	47.5	56.7	44.1	34.4	26.8	16.2	9.9	5.8	3.1	1.7	0.9
500	74.1	63.2	4.2	48.9	45.2	42.5	40.5	38.1	36.8	28.7	22.3	13.5	8.2	5.0	3.0	1.8	1.1
	22.2	24.0	29.1	32.0	34.1	35.8	37.2	39.1	44.1	34.4	26.8	16.2	9.9	5.8	3.1	1.7	0.9
600	74.1	59.8	50.2	44.5	40.7	37.8	35.6	33.2	30.4	28.7	22.3	13.5	8.2	5.0	3.0	1.8	1.1
	22.2	20.6	24.4	26.5	27.9	29.0	29.9	31.0	32.8	34.4	26.8	16.2	9.9	5.8	3.1	1.7	0.9
700	74.1	56.7	46.6	40.7	36.7	33.8	31.6	29.0	26.2	28.7	22.3	13.5	8.2	5.0	3.0	1.8	1.1
	22.2	17.9	20.8	22.3	23.2	23.8	24.4	25.1	26.2	34.4	26.8	16.2	9.9	5.8	3.1	1.7	0.9
800	74.1	54.9	43.4	37.4	33.3	30.3	28.1	25.5	22.7	20.9	22.3	13.5	8.2	5.0	3.0	1.8	1.1
	22.2	16.5	18.0	18.9	19.5	19.9	20.2	20.5	1.1	21.8	26.8	16.2	9.9	5.8	3.1	1.7	0.9
900	74.1	54.9	40.5	34.4	30.3	27.3	25.0	22.5	19.7	18.0	16.8	13.5	8.2	5.0	3.0	1.8	1.1
	22.2	16.5	15.6	16.3	16.6	16.7	16.8	17.0	17.2	17.6	18.1	16.2	9.9	5.8	3.1	1.7	0.9
1000	74.1	54.9	37.9	31.7	27.6	24.6	22.4	19.9	17.2	15.4	14.3	13.5	8.2	5.0	3.0	1.8	1.1
	22.2	16.5	13.7	14.1	14.1	14.2	14.2	14.1	14.1	14.3	14.6	16.2	9.9	5.8	3.1	1.7	0.9
1100	74.1	54.9	35.5	29.2	25.2	22.2	20.0	17.6	15.0	13.3	12.2	13.5	8.2	5.0	3.0	1.8	1.1
	22.2	16.5	12.1	12.3	12.2	12.1	12.0	11.8	11.7	11.8	11.8	16.2	9.0	5.8	3.1	1.7	0.9
1200	74.1	54.9	33.2	27.0	23.0	20.1	18.0	15.6	13.1	11.5	10.4	9.3	8.2	5.0	3.0	1.8	0.7
	22.2	16.5	10.8	10.7	10.6	10.4	10.2	9.9	9.7	9.6	9.6	10.0	9.9	5.8	3.1	1.6	0.5
1300	74.1	54.9	31.1	25.0	21.0	18.2	16.1	13.8	11.4	9.9	8.9	7.8	8.2	5.0	2.9	1.3	0.5
	22.2	16.5	9.6	9.4	9.2	8.9	8.7	8.4	8.0	7.8	7.8	8.0	9.9	5.8	2.8	1.1	0.3
1400	74.1	54.9	30.1	23.1	19.2	16.4	14.4	12.3	10.0	8.5	7.6	6.5	8.2	4.7	2.2	0.9	0.3
	22.2	16.5	9.0	8.3	8.0	7.7	7.4	7.1	6.7	6.5	6.4	6.5	9.9	4.9	2.0	0.7	0.2
1500	74.1	54.9	30.1	21.3	17.5	14.9	12.9	10.9	8.7	7.3	6.5	5.5	7.4	3.8	1.7	0.6	0.1
	22.2	16.5	9.0	7.3	7.0	6.6	6.4	6.0	5.6	5.3	5.2	5.2	8.5	3.8	1.4	0.4	0.1
1600	74.1	54.9	30.1	19.7	16.0	13.4	11.6	9.6	7.6	6.3	5.5	4.6	6.3	3.0	1.2	0.4	0.1
	22.2	16.5	9.0	6.5	6.1	5.7	5.4	5.1	4.7	4.4	4.2	4.2	6.9	2.9	1.0	0.2	0.0
1700	74.1	54.9	30.1	18.1	14.6	12.1	10.4	8.5	6.6	5.4	4.7	3.8	5.4	2.4	0.9	0.2	0.0
	22.2	16.5	9.0	5.7	5.3	5.0	4.7	4.3	3.9	3.6	3.5	3.4	5.6	2.2	0.7	0.1	0.0
2000	74.1	54.9	30.1	16.5	11.0	8.8	7.4	5.8	4.3	3.4	2.8	2.2	3.0	1.0	0.2	0.0	0.0
	22.2	16.5	9.0	5.0	3.5	3.2	2.9	2.6	2.2	2.0	1.9	1.7	2.7	0.8	0.1	0.0	0.0
2500	74.1	54.9	30.1	16.5	9.1	5.0	3.9	2.9	2.0	1.4	1.1	2.9	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0
	22.2	16.5	9.0	5.0	2.7	1.5	1.3	1.1	0.9	0.7	0.6	2.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
3000	74.1	54.9	30.1	16.5	9.1	5.0	2.7	1.3	0.8	0.5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	22.2	16.5	9.0	5.0	2.7	1.5	0.8	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Cálculo de situações de perigo em semáforos

TABELA B 3

Índice de situações de perigo no cruzamento

ESTÁGIO	TM1	AMARELO	CAPACIDADE	Nº DE FAIXAS
	TM2			
1	12	3	5 400	3
2	12	3	1 800	1

(Ciclo máximo = 120)

F1	F2																
	10	20	40	60	80	100	120	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900
100	93.2	91.6	90.2	86.3	82.8	79.6	76.7	72.9	67.7	63.3	59.7	54.1	50.0	46.6	43.5	40.4	37.2
	114.6	156.4	216.6	207.2	198.8	191.0	184.2	175.0	162.4	139.4	119.6	92.4	74.4	61.2	50.8	42.4	35.0
200	87.1	84.5	81.7	80.0	79.5	76.3	73.4	69.6	64.4	60.3	57.1	52.4	47.2	42.7	38.4	34.1	29.7
	75.8	103.2	139.0	164.4	190.8	183.2	176.2	167.0	154.6	144.8	137.2	122.6	97.6	78.2	62.8	50.2	38.4
300	79.4	76.2	72.7	70.5	69.1	68.0	67.9	64.1	58.8	54.8	51.6	47.2	44.5	40.1	35.1	30.1	25.1
	46.4	75.8	101.4	119.6	134.2	146.6	163.0	153.8	141.2	131.4	123.8	113.4	107.0	88.6	69.8	54.0	40.6
400	71.0	67.3	63.3	60.8	59.2	57.9	57.0	57.5	52.2	48.2	45.0	40.6	37.9	34.8	28.6	22.3	16.1
	43.2	56.6	76.2	89.4	100.0	109.0	116.8	137.8	135.4	115.6	118.0	97.4	91.0	80.8	59.6	41.4	26.4
500	64.2	58.8	54.3	51.6	49.8	48.5	47.4	46.3	45.6	41.5	38.3	34.0	31.3	27.9	21.2	15.0	9.6
	38.6	44.6	58.2	67.6	65.2	81.6	87.2	94.8	109.4	99.6	92.0	81.4	75.2	64.8	44.2	27.9	15.6
600	58.2	51.0	46.2	43.4	41.5	40.1	39.0	37.7	36.4	35.5	32.3	27.9	25.3	21.8	15.3	9.4	5.5
	35.0	35.2	45.0	51.6	56.8	61.4	65.4	70.6	79.4	85.2	77.6	67.0	60.6	50.8	31.8	18.2	9.0
700	53.1	44.4	39.3	36.4	34.4	32.9	31.8	30.6	29.2	30.4	27.2	22.8	20.1	16.8	10.9	6.3	3.2
	31.8	28.0	34.2	39.8	43.4	46.4	49.2	52.8	58.2	72.8	65.2	54.8	48.4	38.0	22.6	11.8	5.2
800	48.9	39.3	33.6	30.6	28.6	27.1	25.9	24.7	23.3	22.4	23.1	18.7	16.0	12.9	7.7	4.1	1.9
	29.4	23.6	27.8	31.0	33.4	35.4	37.2	39.6	43.2	46.6	45.4	44.8	38.4	29.8	16.0	7.6	3.2
900	45.7	36.1	28.9	25.9	23.8	22.3	21.2	19.9	18.5	17.7	17.1	15.4	12.8	9.9	5.5	2.8	1.2
	27.4	11.6	11.4	24.6	26.0	27.4	28.6	30.0	32.4	34.6	36.8	37.0	30.6	22.8	11.6	5.2	2.0
1000	43.3	33.7	25.2	22.1	20.0	18.5	17.4	16.2	14.8	14.0	13.4	13.0	10.3	7.6	4.1	2.0	0.9
	26.0	20.2	18.2	19.6	20.6	21.4	22.0	23.0	24.4	25.8	27.2	31.2	24.8	17.8	8.4	3.6	1.4
1100	41.5	31.9	22.2	19.0	17.0	15.5	14.4	13.2	11.9	11.1	10.5	11.2	8.5	6.1	3.1	1.5	0.7
	24.8	19.2	15.2	16.0	16.6	17.0	17.2	17.8	18.6	19.4	20.4	26.8	20.4	14.0	6.6	2.8	1.2
1200	40.1	30.5	19.7	16.6	14.6	13.2	12.1	10.9	9.6	8.8	8.3	7.7	7.2	4.9	2.5	1.1	0.4
	24.0	18.4	12.8	13.2	13.4	13.6	13.6	13.8	14.2	14.8	15.2	16.6	17.2	11.4	5.2	1.8	0.6
1300	39.2	29.6	17.7	14.6	12.6	11.2	10.2	9.1	7.9	7.1	6.6	6.0	6.3	4.1	1.7	0.7	0.2
	23.6	17.8	10.8	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.2	11.6	12.4	15.0	9.6	3.2	1.2	0.4	
1400	38.5	28.9	16.5	13.0	11.1	9.7	8.7	7.6	6.5	5.7	5.3	4.8	5.6	2.8	1.2	0.5	0.1
	23.2	17.4	10.0	9.4	9.2	9.0	9.0	8.8	8.6	8.8	8.8	9.4	13.4	5.8	2.2	0.8	0.2
1500	38.1	28.5	16.1	11.7	9.8	8.4	7.5	6.5	5.4	4.7	4.2	3.8	4.5	2.1	0.9	0.3	0.1
	22.8	17.0	9.6	7.8	7.8	7.6	7.4	7.2	6.8	6.8	6.8	7.2	10.2	4.2	1.6	0.4	0.0
1600	37.7	28.1	15.7	10.5	8.7	7.4	6.5	5.5	4.5	3.8	3.4	3.0	3.7	1.6	0.6	0.2	0.0
	22.6	16.8	9.4	7.0	6.6	6.4	6.0	5.8	5.6	5.4	5.2	5.4	8.0	3.2	1.0	0.2	0.0
1700	37.5	27.9	15.5	9.5	7.7	6.5	5.7	4.7	3.8	3.2	2.8	2.4	3.0	1.3	0.4	0.1	0.0
	22.6	16.8	9.4	6.0	5.6	5.4	5.0	4.8	4.4	4.2	4.2	4.2	6.2	2.2	0.6	0.2	0.0
2000	37.2	27.6	15.2	8.4	5.6	4.6	3.8	3.1	2.3	1.8	1.6	1.2	1.5	0.5	0.1	0.0	0.0
	22.4	16.6	9.2	5.0	3.6	3.4	3.0	2.8	2.4	2.2	2.0	2.0	2.8	0.8	0.2	0.0	0.0
2500	37.1	27.5	15.1	8.3	4.6	2.5	2.0	1.5	1.0	0.7	0.6	1.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	22.2	16.4	9.0	5.0	2.8	1.6	1.4	1.2	0.8	0.8	0.6	2.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
3000	37.0	27.4	15.1	8.3	4.5	2.5	1.4	0.7	0.4	0.3	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	22.2	16.4	9.0	5.0	2.8	1.4	0.8	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Cálculo da situação de perigo em semáforos
TABELA A 4
 Índice de situações de perigo na aproximação 2
 Porcentagem de passagem livre na aproximação 2 (Pp)

ESTÁCIO	TM1 TM2	AMARELO	CAPACIDADE	Nº DE FAIXAS
1	12	3	5 400	3
2	12	3	3 600	2

(Ciclo máximo = 120)

F1	F2																
	10	20	40	60	80	100	120	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900
100	99.2	98.7	98.1	96.3	93.8	91.0	87.8	82.7	73.6	64.5	55.8	40.6	28.7	19.9	13.6	9.2	6.1
200	60.9	84.1	113.9	115.6	112.6	109.2	105.4	99.2	88.3	73.4	58.3	36.8	23.2	14.5	9.1	5.6	3.5
300	98.3	97.1	95.4	94.2	93.2	91.0	87.8	82.7	73.6	64.5	55.8	40.6	28.7	19.9	13.6	9.2	6.1
400	42.7	59.2	80.8	96.0	107.9	109.2	105.4	99.2	88.3	77.4	66.9	48.7	31.9	20.1	12.6	7.9	4.9
500	97.3	95.5	92.7	90.6	88.9	87.6	86.5	82.7	73.6	64.5	55.8	40.6	28.7	19.9	13.6	9.2	6.1
600	34.4	47.4	64.3	76.2	85.5	93.2	99.8	99.2	88.3	77.4	66.9	48.7	34.5	23.9	15.2	9.5	5.9
700	96.4	93.8	89.9	87.0	84.8	82.9	81.3	79.3	73.6	64.5	55.8	40.6	28.7	19.9	13.6	9.2	6.1
800	29.2	40.1	53.9	63.5	70.8	76.9	82.1	88.6	88.3	77.4	66.9	48.7	34.5	23.9	16.3	10.9	6.8
900	96.3	92.1	87.3	83.6	80.7	78.3	76.3	73.8	70.7	64.5	55.8	40.6	28.7	19.9	13.6	9.2	6.1
1000	28.9	34.9	46.5	54.3	60.2	65.0	69.1	74.1	81.0	77.4	66.9	48.7	34.5	23.9	16.3	11.0	7.3
1100	96.3	90.5	84.6	80.2	76.8	73.9	71.5	68.6	64.9	62.1	55.8	40.6	28.7	19.9	13.6	9.2	6.1
1200	28.9	31.0	40.9	47.3	52.1	55.9	59.0	62.9	68.1	72.2	66.9	48.7	34.5	23.9	16.3	11.0	7.3
1300	96.3	88.8	82.0	77.0	73.0	69.8	67.0	63.7	59.4	56.3	54.0	40.6	28.7	19.9	13.6	9.2	6.1
1400	28.9	27.9	36.4	41.7	45.6	48.5	51.0	43.9	47.7	60.7	63.3	48.7	34.5	23.9	16.3	11.0	7.3
1500	96.3	87.8	79.5	73.8	69.4	65.8	62.8	59.0	54.4	51.0	48.4	40.6	28.7	19.9	13.6	9.2	6.1
1600	28.9	26.3	32.7	37.1	40.2	42.5	44.3	46.5	49.2	51.3	53.2	48.7	34.5	23.9	16.3	11.0	7.3
1700	96.3	87.8	76.9	70.7	65.9	61.9	58.7	54.7	49.7	46.1	43.3	39.5	28.7	19.9	13.6	9.2	6.1
1800	28.9	26.3	29.5	33.2	35.7	37.5	38.8	40.4	42.2	43.6	44.8	46.9	34.5	23.9	16.3	11.0	7.3
1900	96.3	87.8	74.4	67.7	62.5	58.3	54.8	50.6	45.4	41.5	38.7	34.8	28.7	19.9	13.6	9.2	6.1
2000	28.9	26.3	26.8	29.9	31.8	33.1	34.1	35.2	36.3	37.1	37.8	39.0	34.5	23.9	16.3	11.0	7.3
2100	96.3	87.8	82.0	64.8	59.2	54.8	51.2	46.8	41.3	37.4	34.5	30.5	28.0	19.9	13.6	9.2	6.1
2200	28.9	26.3	24.5	27.0	28.5	29.4	30.1	30.7	31.3	31.7	31.9	32.5	33.4	23.9	16.3	11.0	7.3
2300	96.3	87.8	69.6	61.9	56.1	51.5	47.7	43.2	37.6	33.6	30.7	26.7	24.2	19.9	13.6	9.2	6.1
2400	28.9	26.3	22.4	24.4	25.5	26.2	26.6	26.9	27.1	27.1	27.0	27.1	27.5	23.9	16.3	11.0	7.3
2500	96.3	87.8	67.2	59.1	53.1	48.3	44.4	39.8	34.2	30.2	27.3	23.3	20.9	19.3	13.6	9.2	6.1
2600	28.9	26.3	20.5	22.1	23.0	23.4	23.5	23.6	23.4	23.4	22.9	22.6	22.6	23.0	16.3	11.0	7.3
2700	96.3	87.8	66.3	56.4	50.1	45.2	41.3	36.6	31.0	27.0	24.1	20.3	17.9	16.4	13.6	9.2	6.1
2800	28.9	26.3	19.9	20.1	20.7	20.9	20.9	20.7	20.2	19.8	19.4	18.8	18.6	18.7	16.3	11.0	7.3
2900	96.3	87.8	66.3	53.7	47.3	42.3	38.3	33.6	28.0	24.1	21.3	17.6	15.3	13.9	13.0	9.2	6.1
3000	28.9	26.3	19.9	18.3	18.6	18.6	18.5	18.2	17.5	16.9	16.4	15.6	15.3	15.2	15.4	11.0	7.3
3100	96.3	87.8	66.3	51.1	44.6	39.5	35.5	30.8	25.3	21.5	18.8	15.2	13.0	11.7	10.8	9.2	6.1
3200	28.9	26.3	19.9	16.7	16.8	16.6	16.4	15.9	15.1	14.4	13.8	13.0	12.5	12.3	12.4	11.0	7.3
3300	96.3	87.8	66.3	48.6	41.9	36.8	32.8	28.2	22.8	19.1	16.5	13.1	11.1	9.8	9.0	8.5	6.1
3400	28.9	26.3	19.9	15.2	15.1	14.9	14.5	14.0	13.1	12.3	11.6	10.7	10.2	9.9	9.9	10.1	7.3
3500	96.3	87.8	66.3	46.3	34.5	29.5	25.6	21.2	16.3	13.1	10.9	8.2	6.6	5.6	5.0	4.6	1.6
3600	28.9	26.3	19.9	13.9	11.0	10.5	10.0	9.3	8.3	7.5	6.9	6.0	5.4	5.1	4.9	4.9	1.5
3700	96.3	87.8	66.3	46.3	30.8	19.9	15.9	12.4	8.7	6.4	5.0	3.3	2.4	1.9	1.6	0.7	0.2
3800	28.9	26.3	19.9	13.9	9.3	6.0	5.2	4.5	3.7	3.1	2.6	2.0	1.7	1.5	1.3	0.5	0.2
3900	96.3	87.8	66.3	46.3	30.8	19.9	12.6	6.4	4.0	2.7	1.9	1.1	0.7	0.5	0.2	0.0	0.0
4000	28.9	26.3	19.9	13.9	9.3	6.0	3.8	1.9	1.4	1.1	0.8	0.6	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0

Cálculo de situações de perigo em semáforos

TABELA B 4

Índice de situações de perigo no cruzamento

ESTÁCIO	TM1 TM2	AMARELO	CAPACIDADE	Nº DE FAIXAS
1	12	3	5 400	3
2	12	3	3 600	2

(Ciclo máximo = 120)

F1	F2																
	10	20	40	60	80	100	120	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900
100	98.9	98.6	98.3	97.4	96.2	94.8	93.2	90.6	86.1	81.3	76.6	68.1	61.2	55.6	51.1	47.6	44.6
	121.4	168.0	228.4	233.8	230.8	227.4	223.6	201.4	206.6	185.4	160.2	123.6	98.8	81.2	68.4	58.6	51.0
200	95.1	94.5	93.7	93.1	92.6	91.5	89.9	87.3	82.8	78.2	73.9	66.3	59.0	52.7	47.4	43.0	39.2
	82.8	115.2	158.6	189.8	214.4	219.6	215.8	209.6	198.6	187.8	177.4	159.0	131.2	106.6	88.2	74.0	62.8
300	89.1	88.2	86.8	85.7	84.9	84.2	83.7	81.8	77.2	72.7	68.3	60.7	54.8	50.4	45.0	40.1	35.8
	62.8	97.6	120.4	144.2	163.2	179.2	193.2	196.2	185.4	174.4	164.0	145.8	131.6	121.0	101.0	83.4	79.6
400	82.0	80.7	78.8	77.4	76.2	75.3	74.5	73.5	70.6	66.1	61.7	54.1	48.2	43.8	40.6	38.0	33.4
	49.8	69.0	94.6	112.8	129.4	139.8	150.4	164.2	169.4	158.6	148.2	130.0	115.6	105.0	97.6	90.4	74.4
500	75.3	73.3	70.8	69.0	67.5	66.3	65.3	64.1	62.5	59.4	55.1	47.5	41.6	37.1	34.0	31.8	30.2
	45.2	55.6	75.6	89.6	100.8	110.2	118.2	128.8	143.4	142.6	132.2	114.0	99.8	89.2	81.6	76.2	72.6
600	69.3	66.4	63.5	61.3	59.5	58.1	56.9	55.5	53.6	52.2	49.1	41.5	35.5	31.1	28.0	25.7	24.1
	41.6	45.6	61.4	72.2	80.8	87.8	94.0	101.8	112.4	121.4	117.8	99.6	95.2	74.6	67.0	61.8	58.2
700	64.2	60.4	57.0	54.5	52.5	50.9	49.6	47.9	45.8	44.2	43.0	36.3	30.4	26.0	22.8	20.6	19.1
	38.6	38.0	50.6	59.0	65.6	70.8	75.4	81.0	88.8	95.4	101.0	87.2	73.0	62.4	54.8	59.4	45.8
800	60.1	55.8	51.6	48.8	46.6	44.8	43.3	41.4	39.1	37.4	36.1	32.2	26.3	21.9	18.7	16.5	15.0
	36.0	33.4	42.4	49.0	54.0	57.8	61.2	65.2	70.8	75.4	79.4	79.2	63.0	52.4	44.8	39.6	36.0
900	56.8	52.6	47.1	44.0	41.6	39.7	38.0	36.0	33.5	31.7	30.3	28.4	23.0	18.6	15.5	13.3	11.7
	34.0	31.6	36.2	41.4	45.0	48.0	50.2	53.2	57.0	60.0	61.6	67.4	55.4	44.8	37.2	31.8	28.2
1000	54.4	50.1	43.5	40.1	37.5	35.4	33.6	31.5	28.9	27.0	25.6	23.6	20.6	16.2	13.0	10.8	9.3
	32.6	30.0	31.4	35.4	38.2	40.2	41.8	43.8	46.4	48.2	50.0	53.0	49.4	38.8	31.2	26.0	22.2
1100	52.6	48.3	40.4	36.8	34.0	31.8	30.0	27.8	25.1	23.1	21.7	19.7	18.4	14.4	11.2	9.0	7.5
	31.6	29.0	27.4	30.6	32.8	34.2	35.2	36.6	38.0	39.2	40.2	42.0	43.8	34.6	27.0	21.6	18.0
1200	51.3	47.0	37.9	34.1	31.1	28.8	27.0	24.7	21.9	19.9	18.4	16.4	15.2	13.1	9.9	7.7	6.2
	30.8	28.2	24.4	26.8	28.4	29.4	30.0	30.8	31.6	32.0	32.4	33.4	34.6	31.4	23.8	18.4	14.8
1300	50.3	46.1	35.7	31.7	28.7	26.3	24.4	22.0	19.2	17.2	15.8	13.8	12.6	11.8	8.9	6.7	5.2
	30.2	27.6	21.8	23.8	24.8	25.4	25.8	26.2	26.4	26.4	26.4	26.8	27.4	28.2	21.4	16.2	12.4
1400	49.6	45.4	34.6	29.7	26.5	24.1	22.1	19.8	17.0	15.0	13.5	11.6	10.4	9.7	8.3	6.1	4.5
	29.8	27.2	20.8	21.2	21.8	22.2	22.4	22.4	22.2	22.0	21.8	21.6	21.6	22.2	19.8	14.6	10.8
1500	49.2	44.9	34.1	27.9	24.7	22.2	20.2	17.8	15.0	13.1	11.7	9.8	8.7	7.9	7.5	5.6	4.1
	29.4	27.0	20.4	19.0	19.4	19.6	19.4	19.2	18.8	18.4	18.0	17.4	17.2	17.4	17.8	13.4	9.8
1600	48.8	44.6	33.8	26.3	23.0	20.4	18.4	16.1	13.3	11.4	10.1	8.3	7.2	6.5	6.1	5.3	3.7
	29.4	26.8	20.2	17.2	17.2	17.2	17.0	18.6	18.0	15.4	14.8	14.2	13.8	13.8	14.0	12.6	9.0
1700	48.6	44.4	33.6	24.8	21.4	18.9	16.9	14.5	11.8	10.0	8.7	7.0	6.0	5.4	5.0	4.7	3.5
	29.2	26.6	20.2	15.4	15.4	15.2	15.0	14.4	13.6	12.8	12.2	11.4	11.0	10.8	11.0	11.2	8.4
2000	48.3	44.0	33.3	23.3	17.4	14.9	12.9	10.7	8.3	6.7	5.6	4.2	3.4	2.9	2.6	2.4	0.9
	29.0	26.4	20.0	14.0	11.0	10.6	10.2	9.4	8.4	7.6	7.0	6.2	5.6	5.4	5.2	5.2	1.8
2500	48.2	43.9	33.1	23.2	15.4	10.0	8.0	6.2	4.3	3.2	2.5	1.7	1.2	1.0	0.8	0.3	0.1
	29.0	26.4	19.8	13.8	9.2	6.0	5.2	4.6	3.6	3.0	2.6	2.0	1.6	1.4	1.4	0.6	0.2
3000	48.2	43.9	33.1	23.1	15.4	10.0	6.3	3.2	2.0	1.3	1.0	0.6	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0
	28.8	26.4	19.8	13.8	9.2	6.0	3.8	2.0	1.4	1.0	0.8	0.6	0.4	0.4	0.2	0.0	0.0

Cálculo da situação de perigo em semáforos
TABELA A 5
 Índice de situações de perigo na aproximação 2
 Porcentagem de passagem livre na aproximação 2 (Pp)

ESTÁGIO	TM1	AMARELO	CAPACIDADE	Nº DE FAIXAS
1	12	3	3 600	2
2	12	3	3 600	2

(Ciclo máximo = 120)

F1	F2																
	10	20	40	60	80	100	120	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900
100	99.2	98.7	98.0	96.3	93.8	91.0	87.8	82.7	73.6	64.5	55.8	40.6	28.7	19.9	13.6	9.2	6.1
	60.7	83.7	113.4	115.6	112.6	109.2	105.4	99.2	88.3	73.7	58.6	37.0	23.3	14.6	9.1	5.7	3.5
200	98.3	97.1	95.3	94.0	93.0	91.0	87.8	82.7	73.6	64.5	55.8	40.6	28.7	19.9	13.6	9.2	6.1
	42.3	58.6	80.0	95.0	106.8	109.2	105.4	99.2	88.3	77.4	66.9	48.7	32.2	20.3	12.7	8.0	4.9
300	97.3	95.3	92.4	90.3	88.6	87.2	86.0	82.7	73.6	64.5	55.8	40.6	28.7	19.9	13.6	9.2	6.1
	33.8	46.6	63.3	74.9	84.0	91.6	98.0	99.2	88.3	77.4	66.9	48.7	34.5	23.9	15.4	9.7	6.0
400	96.3	93.5	89.5	86.5	84.1	82.2	80.5	78.5	73.6	64.5	55.8	40.6	28.7	19.9	13.6	9.2	6.1
	28.9	39.2	52.6	61.9	69.0	74.8	79.8	86.1	88.3	77.4	66.9	48.7	34.5	23.9	16.3	11.0	6.9
500	96.3	91.7	86.6	82.8	79.7	77.2	75.1	72.5	69.2	64.5	55.8	40.6	28.7	19.9	13.6	9.2	6.1
	28.9	33.9	45.0	52.5	58.1	62.6	66.4	71.2	77.6	77.4	66.9	48.7	34.5	23.9	16.3	11.0	7.3
600	96.3	89.9	83.7	79.1	75.4	72.4	69.9	66.8	62.9	60.0	55.8	40.6	28.7	19.9	13.6	9.2	6.1
	28.9	29.9	39.2	45.2	49.6	53.1	56.0	59.5	64.2	67.9	66.9	48.7	34.5	23.9	16.3	11.0	7.3
700	96.3	88.0	80.8	75.4	71.2	67.8	64.9	61.4	56.9	53.7	51.2	40.6	28.7	19.9	13.6	9.2	6.1
	28.9	26.6	34.5	39.4	42.8	45.5	47.6	50.1	53.4	55.9	58.1	48.7	34.5	23.9	16.3	11.0	7.3
800	96.3	87.8	77.8	71.8	67.1	63.3	60.1	56.2	51.3	47.8	45.1	40.6	28.7	19.9	13.6	9.2	6.1
	28.9	26.3	30.6	34.5	37.2	39.2	40.7	42.5	44.6	46.2	47.6	48.7	34.5	23.9	16.3	11.0	7.3
900	96.3	87.8	74.9	68.2	63.1	59.0	55.5	51.3	46.1	42.3	39.5	35.6	28.7	19.9	13.6	9.2	6.1
	28.9	26.3	27.3	30.4	32.5	33.9	34.9	36.1	37.3	38.2	39.0	40.4	34.5	23.9	16.3	11.0	7.3
1000	96.3	87.8	71.9	64.7	59.2	54.7	51.1	46.7	41.3	37.3	34.4	30.4	28.0	19.9	13.6	9.2	6.1
	28.9	26.3	24.4	26.9	28.4	29.4	30.0	30.6	31.2	31.6	31.8	32.4	33.2	23.9	16.3	11.0	7.3
1100	96.3	87.8	69.0	61.2	55.3	50.7	46.9	42.3	36.7	32.8	29.8	25.8	23.3	19.9	13.6	9.2	6.1
	28.9	26.3	21.9	23.8	24.9	25.5	25.8	26.0	26.1	26.0	25.9	25.9	26.2	23.9	16.3	11.0	7.3
1200	96.3	87.8	66.3	57.8	51.6	46.7	42.8	38.2	32.5	28.6	25.7	21.7	19.3	17.6	11.7	7.7	5.0
	28.9	26.3	19.9	21.1	21.8	22.1	22.2	22.1	21.8	21.4	21.0	20.6	20.5	20.4	13.6	8.9	5.8
1300	96.3	87.8	66.3	54.3	47.9	42.9	39.0	34.3	28.6	24.8	21.9	18.1	15.8	14.1	9.0	5.6	1.8
	28.9	26.3	19.9	18.7	19.0	19.1	19.0	18.7	18.1	17.5	17.0	16.3	15.9	15.6	9.9	6.2	1.8
1400	96.3	87.8	66.3	50.9	44.3	39.3	35.3	30.6	25.1	21.3	18.6	15.0	12.9	11.1	6.7	4.0	1.1
	28.9	26.3	19.9	16.5	16.6	16.5	16.2	15.7	14.9	14.2	13.6	12.8	12.3	11.6	7.0	4.2	1.1
1500	96.3	87.8	66.3	47.6	40.8	35.7	31.7	27.1	21.8	18.2	15.6	12.3	10.3	8.5	4.9	2.7	0.7
	28.9	26.3	19.9	14.6	14.5	14.2	13.8	13.2	12.3	11.5	10.8	9.9	9.3	8.4	4.8	2.7	0.6
1600	96.3	87.8	66.3	46.3	37.4	32.3	28.4	23.9	18.7	15.3	13.0	9.9	8.2	6.3	3.4	1.0	0.3
	28.9	26.3	19.9	13.9	12.5	12.1	11.7	11.0	10.0	9.2	8.5	7.6	7.0	5.8	3.1	0.8	0.3
1700	96.3	87.8	66.3	46.3	34.1	29.0	25.2	20.8	16.0	12.8	10.6	7.9	6.3	4.5	2.3	0.5	0.2
	28.9	26.3	19.9	13.9	10.8	10.3	9.8	9.1	8.1	7.3	6.6	5.7	5.2	3.9	2.0	0.4	0.1
2000	96.3	87.8	66.3	46.3	30.8	20.1	16.7	13.0	9.2	6.9	5.4	3.6	2.7	1.2	0.2	0.0	0.0
	28.9	26.3	19.9	13.9	9.3	6.0	5.5	4.8	4.0	3.3	2.9	2.2	1.9	0.9	0.1	0.0	0.0
2500	96.3	87.8	66.3	46.3	30.8	19.9	12.6	6.1	2.5	1.6	1.1	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	28.9	26.3	19.9	13.9	9.3	6.0	3.8	1.8	0.8	0.6	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3000	96.3	87.8	66.3	46.3	30.8	19.9	12.6	6.1	1.7	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	28.9	26.3	19.9	13.9	9.3	6.0	3.8	1.8	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Cálculo de situações de perigo em semáforos

TABELA B 5

Índice de situações de perigo no cruzamento

ESTÁGIO	TM1	AMARELO	CAPACIDADE	Nº DE FAIXAS
1	12	3	3 600	2
2	12	3	3 600	2

(Ciclo máximo = 120)

F1	F2																
	10	20	40	60	80	100	120	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900
100	95.1	94.9	94.5	93.6	92.4	91.0	89.4	86.8	82.3	77.1	71.5	61.4	53.0	46.2	40.7	36.2	32.5
200	85.9	85.3	84.4	83.8	83.3	82.3	80.7	78.1	73.6	69.0	64.7	57.1	49.0	41.4	35.3	30.3	26.1
300	76.5	75.6	74.1	73.0	72.2	71.5	70.9	69.2	64.7	60.1	55.8	48.2	42.3	37.8	32.4	27.1	22.8
400	68.5	67.1	65.1	63.6	62.4	61.4	60.6	59.5	57.1	52.5	48.2	40.6	34.7	30.3	27.1	24.9	20.9
500	62.5	60.2	57.7	55.8	54.2	53.0	51.9	50.6	49.0	46.6	42.3	34.7	28.7	24.3	21.2	18.9	17.4
600	58.1	54.9	51.8	49.5	47.7	46.2	44.9	43.4	41.4	40.0	37.8	30.3	24.3	19.9	16.8	14.5	13.0
700	54.9	50.8	47.2	44.5	42.4	40.7	39.3	37.5	35.3	33.6	32.4	27.1	21.2	16.8	13.6	11.4	9.8
800	52.7	48.5	43.5	40.5	38.1	35.2	34.6	32.7	30.3	28.5	27.1	24.9	18.9	14.5	11.4	9.2	7.6
900	51.2	47.0	40.5	37.2	34.6	32.5	30.8	28.7	26.1	24.2	22.8	20.9	17.4	13.0	9.8	7.6	6.1
1000	50.2	45.9	38.0	34.4	31.6	29.4	27.6	25.4	22.7	20.7	19.2	17.2	16.0	12.0	8.8	6.6	5.1
1100	49.5	45.2	35.8	31.9	29.0	26.7	24.8	22.5	19.7	17.7	16.2	14.2	13.0	11.3	8.1	5.9	4.4
1200	49.0	44.8	34.0	29.7	26.7	24.2	22.3	20.0	17.1	15.2	13.7	11.7	10.5	9.6	6.7	4.7	3.4
1300	48.7	44.5	33.7	27.7	24.5	22.0	20.0	17.7	14.9	12.9	11.5	9.6	8.5	7.6	5.1	3.4	1.4
1400	48.5	44.3	33.5	25.8	22.5	20.0	18.0	15.7	12.9	11.0	9.7	7.9	6.8	5.9	3.7	2.4	0.8
1500	48.4	44.1	33.4	24.0	20.6	18.1	16.1	13.8	11.1	9.3	8.0	6.4	5.4	4.5	2.7	1.6	0.5
1600	48.3	44.1	33.3	23.3	18.9	16.3	14.3	12.1	9.5	7.8	6.6	5.1	4.2	3.3	1.8	0.6	0.2
1700	48.2	44.0	33.2	23.2	17.1	14.6	12.7	10.5	8.1	6.5	5.4	4.1	3.3	2.3	1.2	0.3	0.1
2000	48.2	43.9	33.2	23.2	15.4	10.1	8.4	6.5	4.6	3.5	2.7	1.8	1.4	0.6	0.1	0.0	0.0
2500	48.2	43.9	33.1	23.1	15.4	10.0	6.3	3.1	1.2	0.8	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3000	48.2	43.9	33.1	23.1	15.4	10.0	6.3	3.1	0.9	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Cálculo da situação de perigo em semáforos
 T A B E L A A 7
 Índice de situações de perigo na aproximação 2
 Porcentagem de passagem livre na aproximação 2 (Pp)

ESTÁGIO	TM1	AMARELO	CAPACIDADE	Nº DE FAIXAS
1	12	3	5 400	3
2	12	3	5 400	3

(Ciclo máximo = 120)

F1	F2																
	10	20	40	60	80	100	120	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900
100	100.0	99.9	99.9	99.6	99.2	98.6	97.7	95.9	92.0	86.8	80.9	67.7	54.4	42.3	32.1	23.8	17.4
200	61.4	85.1	115.8	119.6	119.0	118.3	117.2	115.1	110.4	100.0	85.7	62.5	45.0	31.8	22.2	15.3	10.4
300	99.9	99.8	99.5	99.3	99.1	98.6	97.7	95.9	92.0	86.8	80.9	67.7	54.4	42.3	32.1	23.8	17.4
400	43.4	60.7	84.1	100.9	114.3	118.3	117.2	115.1	110.4	104.2	97.1	81.2	61.8	44.0	30.9	21.4	14.6
500	99.8	99.5	99.0	98.4	98.0	97.6	97.2	95.9	92.0	86.8	80.9	67.7	54.4	42.3	32.1	23.8	17.4
600	35.2	49.3	68.6	82.6	93.9	103.4	111.7	115.1	110.4	104.2	97.1	81.2	65.3	50.8	37.2	25.8	17.7
700	99.7	99.2	98.3	97.4	96.7	96.0	95.3	94.5	92.0	86.8	80.9	67.7	54.4	42.3	32.1	23.8	17.4
800	30.2	42.3	58.8	70.9	80.5	88.7	95.8	104.9	110.4	104.2	97.1	81.2	65.3	50.8	38.5	28.6	20.2
900	99.6	98.8	97.5	96.3	95.1	94.1	93.2	91.9	90.2	86.8	80.9	67.7	54.4	42.3	32.1	23.8	17.4
1000	29.9	37.4	51.9	62.4	70.8	77.8	83.9	91.7	102.5	104.2	97.1	81.2	65.3	50.8	38.5	28.6	20.8
1100	99.6	98.4	96.6	95.0	93.4	92.0	90.8	89.1	86.7	84.8	80.9	67.7	54.4	42.3	32.1	23.8	17.4
1200	29.9	33.7	46.6	55.8	63.1	69.2	74.5	81.2	90.2	97.6	97.1	81.2	65.3	50.8	38.5	28.6	20.8
1300	99.6	98.0	95.7	93.5	91.6	89.8	88.2	86.1	83.1	80.6	78.7	67.7	54.4	42.3	32.1	23.8	17.4
1400	29.9	30.8	42.4	50.5	56.9	62.2	66.7	72.4	80.0	86.1	91.2	81.2	65.3	50.8	38.5	28.6	20.8
1500	99.6	97.7	94.6	92.0	89.6	87.5	85.5	82.9	79.3	76.4	74.0	67.7	54.4	42.3	32.1	23.8	17.4
1600	29.9	29.3	38.8	46.1	51.7	56.3	60.1	64.9	71.2	76.1	80.2	81.2	65.3	50.8	38.5	28.6	20.8
1700	99.6	97.7	93.5	90.4	87.6	85.1	82.8	79.7	75.5	72.1	69.3	65.0	54.4	42.3	32.1	23.8	17.4
1800	29.9	29.3	35.8	42.3	47.3	51.2	54.4	58.4	63.5	67.5	70.6	75.8	65.3	50.8	38.5	28.6	20.8
1900	99.6	97.7	92.4	88.7	85.5	82.5	79.9	76.4	71.6	67.8	64.6	59.8	54.4	42.3	32.1	23.8	17.4
2000	29.9	29.3	33.2	39.0	43.3	46.7	49.4	52.7	56.8	59.8	62.2	66.0	65.3	50.8	38.5	28.6	20.8
2100	99.6	97.7	91.1	87.0	83.2	79.9	77.0	73.1	67.7	63.5	60.0	54.8	51.1	42.3	32.1	23.8	17.4
2200	29.9	29.3	30.9	36.1	39.8	42.7	45.0	47.7	50.9	53.1	54.8	57.4	59.5	50.8	38.5	28.6	20.8
2300	99.6	97.7	89.8	85.1	81.0	77.3	74.0	69.7	63.9	59.3	55.6	50.0	46.1	42.3	32.1	23.8	17.4
2400	29.9	29.3	28.9	33.5	36.7	39.1	41.0	43.2	45.6	47.1	48.3	49.9	51.2	50.8	38.5	28.6	20.8
2500	99.6	97.7	88.4	83.2	78.6	74.6	71.0	66.4	60.1	55.2	51.3	45.4	41.3	38.4	32.1	23.8	17.4
2600	29.9	29.3	27.0	31.1	33.9	35.9	37.4	39.1	40.8	41.8	42.4	43.2	43.9	44.5	38.5	28.6	20.8
2700	99.6	97.7	87.9	81.2	76.2	71.8	68.0	63.0	56.4	51.2	47.1	41.0	36.9	33.9	31.8	23.8	17.4
2800	29.9	29.3	26.4	28.9	31.3	33.0	34.2	35.4	35.5	37.0	37.3	37.4	37.5	37.6	38.0	28.6	20.8
2900	99.6	97.7	87.9	79.2	73.8	69.1	65.0	59.7	52.7	47.4	43.1	37.0	32.7	29.8	27.6	23.8	17.4
3000	29.9	29.3	26.4	26.9	28.9	30.3	31.2	32.0	32.6	33.7	32.6	32.2	31.9	31.7	31.7	28.6	20.8
3100	99.6	97.7	87.9	77.1	71.3	66.3	61.9	56.4	49.2	43.6	39.3	33.1	28.9	26.0	23.9	22.3	17.4
3200	29.9	29.3	26.4	25.0	26.7	27.8	28.4	28.9	29.1	28.9	28.5	27.7	27.0	26.6	26.4	26.4	20.8
3300	99.6	97.7	87.9	75.0	68.7	63.4	58.9	53.1	45.7	40.1	35.7	29.5	25.4	22.5	20.5	19.0	17.4
3400	29.9	29.3	26.4	23.3	24.7	25.5	25.9	26.1	26.0	25.5	24.9	23.8	22.8	22.2	21.8	21.6	20.8
3500	99.6	97.7	87.9	73.1	61.0	54.9	49.9	43.7	35.9	30.3	26.1	20.4	16.7	14.2	12.4	11.2	10.0
3600	29.9	29.3	26.4	21.9	19.4	19.5	19.4	19.1	18.1	17.1	16.2	14.6	13.4	12.5	11.9	11.4	10.8
3700	99.6	97.7	87.9	73.1	61.0	54.9	49.9	43.7	35.9	30.3	26.1	20.4	16.7	14.2	12.4	11.2	10.0
3800	29.9	29.3	26.4	21.9	19.4	19.5	19.4	19.1	18.1	17.1	16.2	14.6	13.4	12.5	11.9	11.4	10.8
3900	99.6	97.7	87.9	73.1	57.0	42.3	30.3	17.5	11.9	8.4	6.3	3.8	2.5	1.7	1.3	0.9	0.4
4000	29.9	29.3	26.4	21.9	17.1	12.7	9.1	5.3	4.1	3.3	2.7	1.9	1.4	1.1	0.9	0.6	0.3

Cálculo de situações de perigo em semáforos

TABELA B 7

Índice de situações de perigo no cruzamento

ESTÁGIO	TM1	AMARELO	CAPACIDADE	Nº DE FAIXAS
1	12	3	5 400	3
2	12	3	5 400	3

(Ciclo máximo = 120)

F1	F2																
	10	20	40	60	80	100	120	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900
100	99.3	99.2	99.2	99.1	98.9	98.6	98.1	97.3	95.3	92.6	89.2	81.8	74.2	67.2	61.0	55.7	51.2
	121.8	169.0	230.2	237.8	237.4	236.6	235.4	233.4	228.6	213.2	189.2	151.2	121.8	101.0	84.4	71.6	60.0
200	95.9	95.9	95.7	95.6	95.5	95.3	94.8	94.0	92.0	89.4	86.4	79.8	72.3	64.5	57.6	51.6	46.4
	83.4	116.8	161.8	194.4	220.6	228.6	227.6	225.6	220.8	214.6	207.4	191.6	164.2	134.2	110.8	92.6	78.2
300	90.3	90.2	89.9	89.7	89.4	89.2	89.1	88.4	86.4	83.9	80.9	74.3	67.6	61.6	55.4	48.9	43.3
	63.8	89.4	124.6	150.4	171.4	189.2	204.6	212.2	207.4	201.2	194.2	178.2	162.4	147.8	128.4	106.0	88.4
400	83.7	83.4	83.0	82.6	82.2	81.8	81.5	81.1	79.8	77.3	74.3	67.7	61.0	55.0	49.9	45.7	41.2
	50.8	71.2	99.4	120.0	126.8	151.2	163.8	180.0	191.6	185.4	178.2	162.4	143.4	132.0	119.8	109.8	96.0
500	77.0	76.6	75.9	75.3	74.8	74.2	73.8	73.1	72.3	70.6	67.6	61.0	54.4	48.4	43.2	39.1	35.9
	46.2	58.0	80.8	97.6	111.2	122.8	132.8	146.0	164.2	169.4	162.4	146.4	130.6	116.0	103.8	93.8	86.0
600	71.0	70.4	69.5	68.6	67.9	67.2	66.5	65.7	64.5	63.6	61.6	55.0	48.4	42.3	37.2	33.1	29.8
	42.6	48.2	67.0	80.8	91.8	101.0	119.8	134.2	146.4	147.8	132.0	116.0	101.6	89.2	79.4	71.6	
700	65.9	65.0	63.9	62.8	61.8	61.0	60.2	59.1	57.6	56.4	55.4	49.9	43.2	37.2	32.1	27.9	24.7
	39.6	40.8	59.6	67.8	79.8	84.4	91.0	99.4	110.8	120.4	128.4	119.8	103.8	89.2	77.0	67.0	59.4
800	61.7	60.7	59.2	57.9	56.7	55.7	54.7	53.4	51.6	50.1	48.9	45.7	39.1	33.1	27.9	23.8	20.6
	37.0	36.4	48.6	58.0	65.4	71.6	76.8	83.6	92.6	99.8	106.0	109.8	93.8	79.4	67.0	57.2	49.4
900	58.5	57.5	55.4	53.9	52.5	51.2	50.1	48.5	46.4	44.7	43.3	41.2	35.9	29.8	24.7	20.6	17.4
	35.0	35.6	42.4	50.4	56.6	61.6	65.8	71.2	78.2	83.8	88.4	96.0	86.0	71.6	59.4	49.4	41.6
1000	56.1	55.1	52.4	50.6	49.0	47.5	46.2	44.4	42.0	40.1	38.5	36.1	33.4	27.4	22.3	18.1	14.9
	33.6	33.0	37.8	44.6	49.6	53.8	57.2	61.4	66.8	70.8	74.2	79.8	80.2	65.8	53.4	43.6	35.8
1100	54.2	53.3	50.0	47.9	46.0	44.4	42.9	41.0	38.3	36.2	34.4	31.8	30.0	25.6	20.5	16.3	13.1
	32.6	32.0	34.0	39.8	44.0	47.4	50.2	53.4	57.6	60.6	62.0	66.6	69.8	61.4	49.2	39.2	31.4
1200	52.9	51.9	48.0	45.7	43.6	41.7	40.1	38.0	35.1	32.7	30.9	28.1	26.1	24.3	19.1	15.0	11.8
	31.8	31.2	30.8	36.0	39.6	42.2	44.4	47.0	50.0	52.0	53.6	56.0	58.0	58.2	46.0	36.0	28.2
1300	52.0	51.0	46.4	43.8	41.5	39.4	37.7	35.3	32.2	29.8	27.8	24.8	22.8	21.4	18.2	14.1	10.8
	31.2	30.6	28.4	32.6	35.8	38.0	39.6	41.6	43.8	45.0	46.0	47.4	48.4	49.4	43.6	33.8	26.0
1400	51.3	50.3	45.5	42.1	39.6	37.4	35.5	33.0	29.7	27.1	25.0	22.0	19.9	18.4	17.4	13.4	10.2
	30.8	30.2	27.2	30.0	32.6	34.4	35.6	37.0	38.4	39.2	39.6	40.0	40.4	41.0	41.6	32.2	24.4
1500	50.8	49.9	45.0	40.6	37.9	35.5	33.5	30.9	27.4	24.7	22.6	19.5	17.4	15.9	14.8	12.9	9.7
	30.4	30.0	27.0	27.6	29.8	31.2	32.2	33.0	33.8	34.2	34.2	34.0	33.8	33.8	34.0	31.0	23.2
1600	50.5	49.5	44.7	39.2	36.3	33.8	31.6	28.9	25.3	22.5	20.4	17.2	15.1	13.7	12.6	11.8	9.4
	30.4	29.8	26.8	25.4	27.2	28.4	29.0	28.6	30.0	29.8	29.6	28.8	28.4	28.0	27.8	28.0	22.4
1700	50.3	49.3	44.4	37.9	34.8	32.2	29.9	27.0	23.3	20.5	18.3	15.2	13.2	11.7	10.7	10.0	9.1
	30.2	29.6	26.6	23.6	25.0	25.8	26.4	26.6	26.4	26.0	25.6	24.4	23.6	23.2	22.8	22.6	22.0
2000	50.0	49.0	44.1	36.7	30.6	27.6	25.1	22.0	18.1	15.3	13.2	10.3	8.5	7.2	6.4	5.7	5.1
	30.0	29.4	26.4	22.0	19.4	19.6	19.6	19.2	18.2	17.2	16.4	14.8	13.6	12.8	12.2	11.8	11.2
2500	49.8	48.9	44.0	36.5	28.5	21.2	17.8	14.7	11.1	8.7	7.0	4.9	3.6	2.8	2.3	2.0	1.4
	30.0	29.4	26.4	22.0	17.2	12.8	11.6	10.6	9.2	8.2	7.2	5.8	4.8	4.2	3.8	3.4	2.4
3000	49.8	48.8	44.0	36.5	28.5	21.2	15.1	8.8	5.9	4.2	3.1	1.9	1.2	0.9	0.7	0.4	0.2
	29.8	29.4	26.4	22.0	17.0	12.6	9.0	5.2	4.2	3.4	2.6	1.8	1.4	1.0	0.8	0.6	0.2