

NT 210

Técnica de análise de conflitos

Engº Sun Hsien Ming

1. Apresentação

Tendo em vista a importância cada vez maior da análise de conflitos, julgou-se útil divulgar alguns conceitos e resultados constantes do documento *Traffic Conflict Techniques for Safety and Operations*, publicado por FHWA (*Federal Highway Administration*) em janeiro de 1989.

Ao conteúdo do documento, procurou-se agregar outras análises e comentários julgados pertinentes ao assunto.

É importante ressaltar que a abordagem dada pelo FHWA não abrange o conceito de “conflito grave” do método sueco desenvolvido pela *Lund University*. O método americano dá ênfase à tipologia dos conflitos e ao tratamento estatístico, enquanto que o método sueco preconiza a classificação dos conflitos em graves e não graves, em função das estimativas de velocidade e distância. Recomenda-se que seja aplicada uma técnica de análise de conflitos em que sejam considerados os aspectos de ambos os métodos.

Os pontos julgados de interesse são:

- Definição de conflito (Seção 2)
- Vantagens da análise de conflitos (Seção 3)
- Tipos de conflito (Seção 4)
- Conflitos secundários (Seção 5)
- Quando não é recomendado proceder uma análise de conflitos (Seção 6)
- Procedimento para determinar o tamanho da amostra da pesquisa (Seção 7)
- Como identificar um índice anormal de conflitos (Seção 8)
- Análises de conflitos em avaliações do tipo antes-depois (Seção 9).

2. Definição de conflito

Um conflito é um evento envolvendo a interação de 2 ou mais usuários do sistema viário (motoristas ou pedestres) onde pelo menos um dos envolvidos toma uma ação evasiva, como frear e/ou desviar para evitar uma colisão.

Um conflito representa uma situação potencial de acidente. É um quase acidente. Se a manobra evasiva adotada não for suficiente para evitar a colisão, ter-se-á um acidente. Assim, pode-se considerar que todo acidente é precedido por um conflito, onde a manobra evasiva não existiu ou não foi suficiente para evitar a colisão.

3. Vantagens do uso da análise de conflitos

Podem ser enumeradas as seguintes vantagens da análise de conflitos em relação ao tradicional uso de acidentes:

- a) Ao contrário dos dados de acidentes, que levam longo tempo para serem acumulados, os conflitos são eventos de fácil observação direta.
- b) Um estudo de conflito pode ser feito imediatamente sem que seja necessário esperar que os acidentes ocorram.
- c) Em geral, os dados de acidentes não revelam nenhuma informação que possa indicar a provável causa do acidente, porque e como o acidente ocorreu, por não estar disponível o correspondente diagrama de colisão. Já o estudo de conflitos é extremamente útil para diagnosticar problemas operacionais ou de segurança específicos através dos quais é possível indicar o melhor tratamento. Para tanto, é indispensável a análise dos conflitos por tipo, pois é a tipologia do conflito que irá permitir diagnosticar o problema de segurança e indicar a medida corretiva a ser adotada. Por isso, a aplicação do método sueco, em que se classificam os conflitos apenas por graves e não graves, não é suficiente.
- d) Avaliações do tipo “antes-depois” com base em dados de acidentes requerem longo período de observação, durante o qual o local poderá sofrer várias modificações, inviabilizando a comparação da situação antes com a situação depois. Com a técnica de conflitos, a avaliação pode ser feita imediatamente antes e depois da implantação do projeto. Medidas corretivas adicionais podem ser tomadas de imediato se for constatado que o projeto não atingiu o objetivo pretendido ou se não forem verificados efeitos indesejáveis não esperados.

4. Tipos de conflitos

Ao todo, os conflitos são classificados por FHWA em 16 tipos:

- a) Tipo 1 – mesma direção, conversão à esquerda (Figura 1).
- b) Tipo 2 – mesma direção, conversão à direita (Figura 2).
- c) Tipo 3 – mesma direção, movimento em frente (Figura 3).
- d) Tipo 4 – mesma direção, mudança de faixa (Figura 4).
- e) Tipo 5 – direção oposta, conversão à esquerda (Figura 5).
- f) Tipo 6 – direção à direita, conversão à direita (Figura 6).
- g) Tipo 7 – direção à direita, conversão à esquerda (Figura 7).
- h) Tipo 8 – direção à direita, movimento em frente (Figura 8).
- i) Tipo 9 – direção à esquerda, conversão à direita (Figura 9).
- j) Tipo 10 – direção à esquerda, conversão à esquerda (Figura 10).
- k) Tipo 11 – direção à esquerda, movimento em frente (Figura 11).
- l) Tipo 12 – direção oposta, conversão à direita (Figura 12).
- m) Tipo 13 – conflito com pedestre, esquina posterior (Figura 13).
- n) Tipo 14 – conflito com pedestre, esquina anterior (Figura 14).
- o) Tipo 15 – conflito com pedestre, conversão à direita (Figura 15).
- p) Tipo 16 – conflito com pedestre, conversão à esquerda (Figura 16).

Os conflitos de mesmo tipo devem ser acumulados por aproximação.

Para cada tipo de conflito, pode-se agregar o conceito de “conflito grave” dado pelo método desenvolvido pela *Lund University* da Suécia.

Dessa forma, recomenda-se que as pesquisas de conflitos sejam feitas por tipo de conflito ou por agrupamento de conflitos que contenham características comuns.

Por exemplo:

- a) Conflitos de mesma direção: Tipos 1, 2, 3 e 4.
- b) Conflitos corrigíveis por semáforo: 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14.
- c) Conflitos corrigíveis por estágio para conversão à esquerda: 5 e 12.
- d) Conflitos corrigíveis por estágio para pedestre: 15 e 16.

As Figuras de 1 a 16 ilustram os 16 tipos de conflitos:

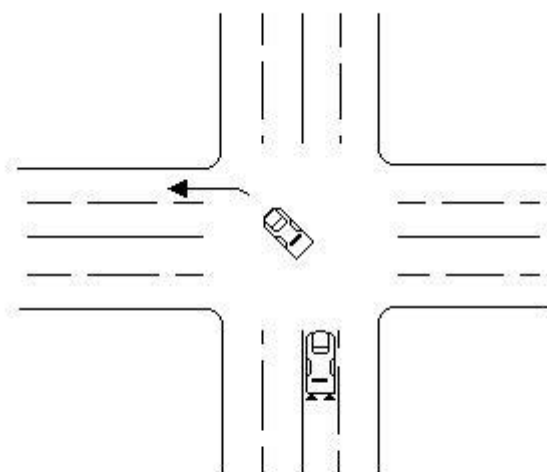


FIGURA 1 - Conflito Tipo 1
Mesma direção, conversão à esquerda

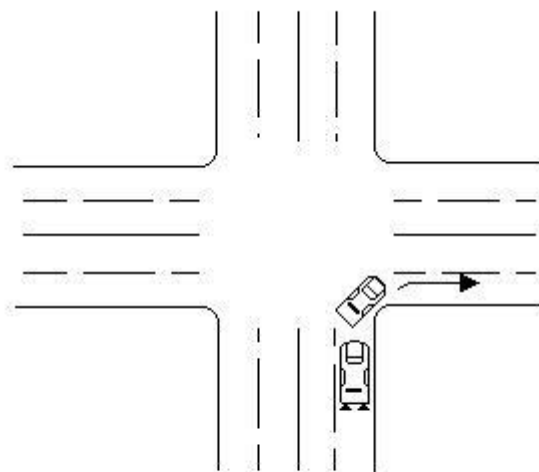


FIGURA 2 - Conflito Tipo 2
Mesma direção, conversão à direita

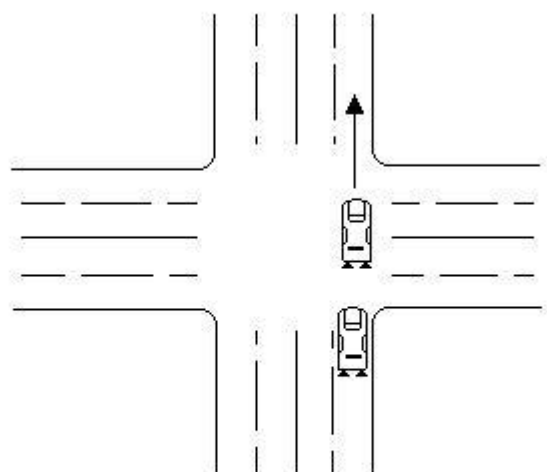


FIGURA 3 - Conflito Tipo 3
Mesma direção, movimento em frente

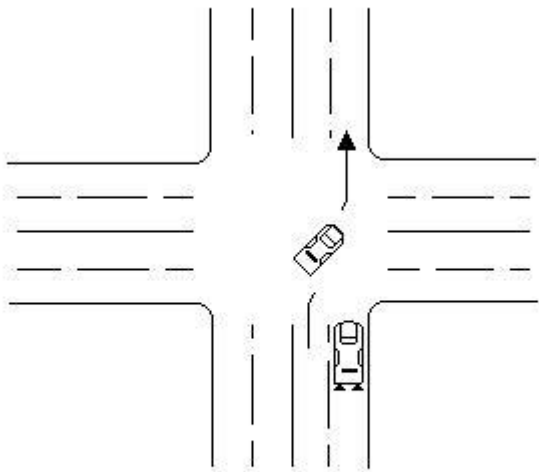


FIGURA 4 - Conflito Tipo 4
Mesma direção, mudança de faixa

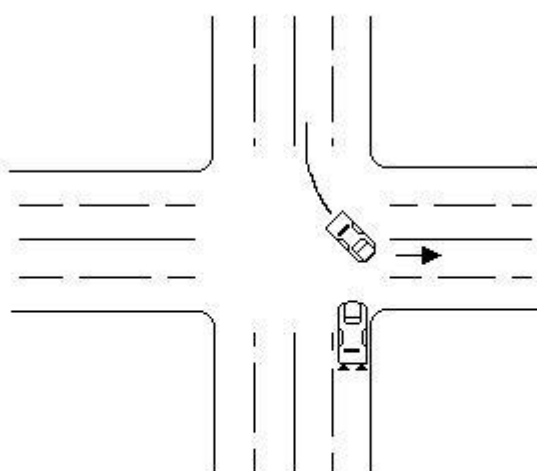


FIGURA 5 - Conflito Tipo 5
Direção oposta, conversão à esquerda

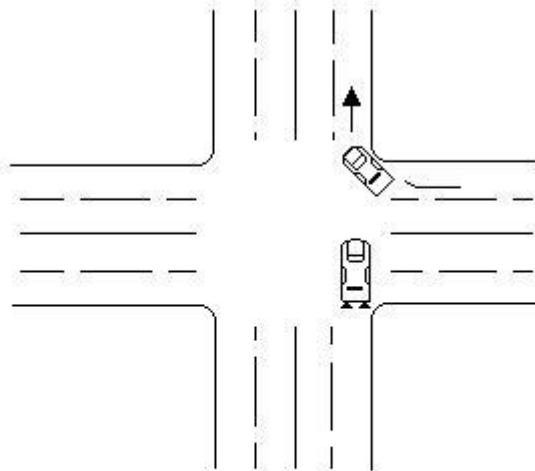


FIGURA 6 - Conflito Tipo 6
Direção à direita, conversão à direita

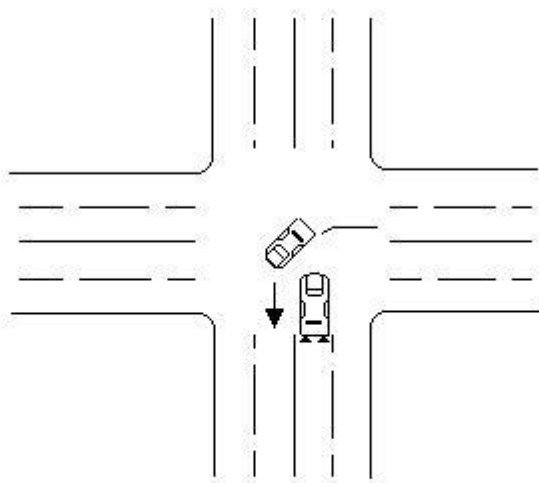


FIGURA 7 - Conflito Tipo 7
Direção à direita, conversão à esquerda

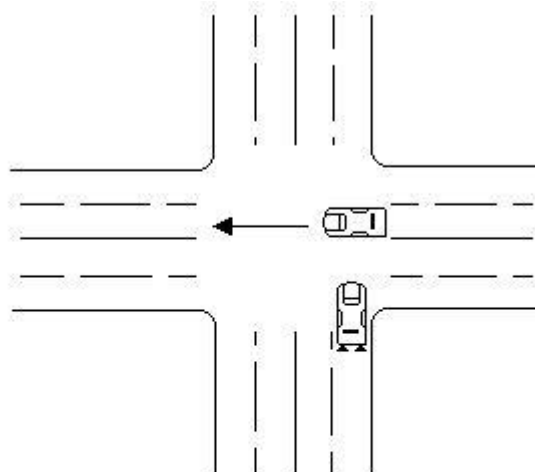


FIGURA 8 - Conflito Tipo 8
Direção à direita, movimento em frente

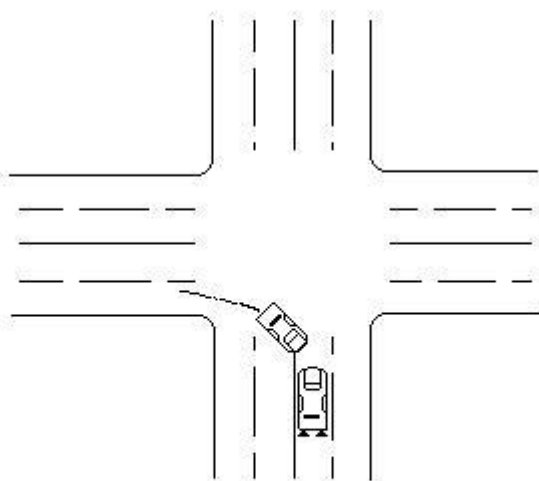


FIGURA 9 - Conflito Tipo 9
Direção à esquerda, conversão à direita

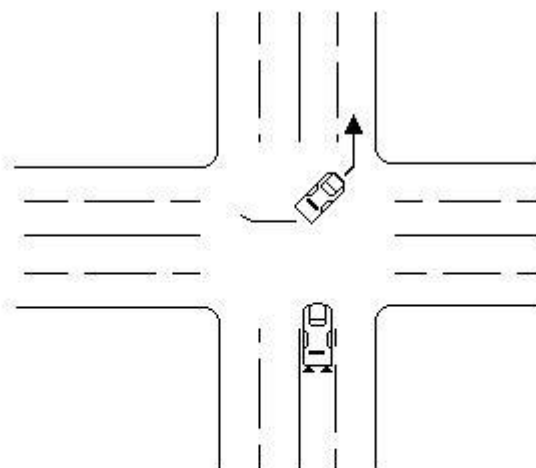


FIGURA 10 - Conflito Tipo 10
Direção à esquerda, conversão à esquerda

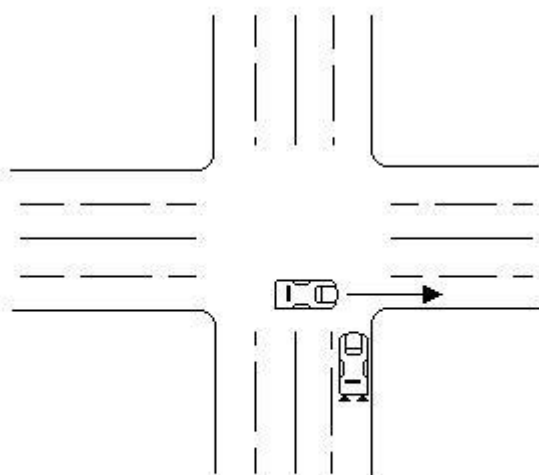


FIGURA 11 - Conflito Tipo 11
Direção à esquerda, movimento em frente

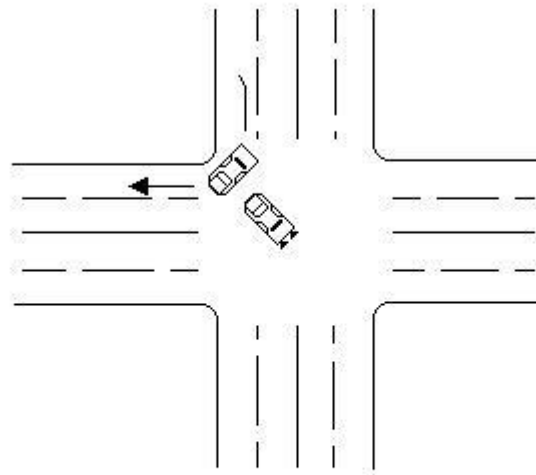


FIGURA 12 - Conflito Tipo 12
Direção oposta, conversão à direita (*)

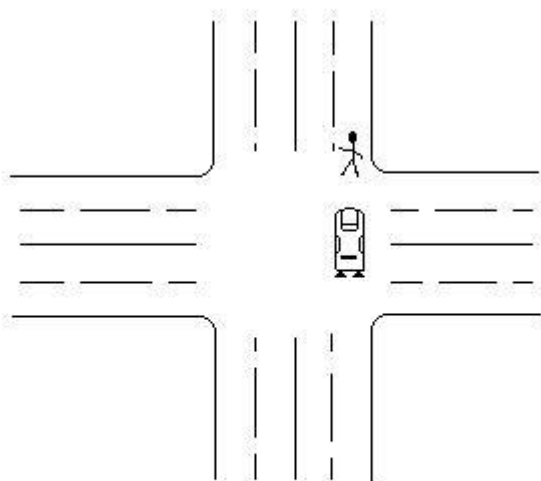


FIGURA 13 - Conflito Tipo 13
Conflito com pedestre, esquina posterior

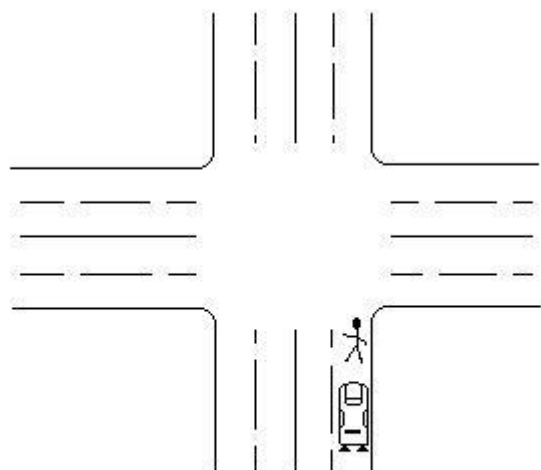


FIGURA 14 - Conflito Tipo 14
Conflito com pedestre, esquina anterior

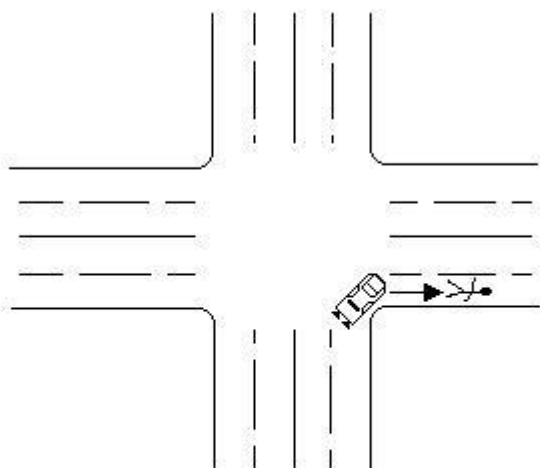


FIGURA 15 - Conflito Tipo 15
Conflito com pedestre, conversão à direita

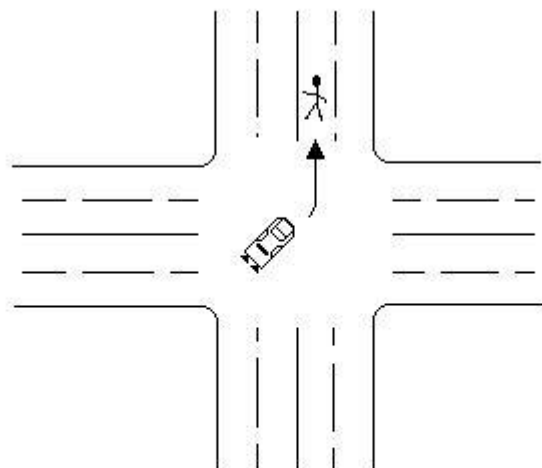


FIGURA 16 - Conflito Tipo 16
Conflito com pedestre, conversão à esquerda

(*) Observação: No documento *“Traffic Conflict Techniques for Safety and Operations – Engineers Guide”*, o conflito do tipo 12 é descrito como *“Opposing Right-Turn-on-Red”*, ou seja, esse tipo de conflito ocorre quando o veículo da direção oposta faz a conversão à direita no vermelho.

5. Conflitos secundários

Em muitas situações, quando um motorista toma uma ação evasiva para evitar uma colisão, pode colocar um terceiro motorista em situação de risco. Esse tipo de evento é denominado de conflito secundário. Assim, um conflito é denominado secundário quando é causado por outro conflito. As Figuras 17 e 18 ilustram exemplos de conflitos secundários.

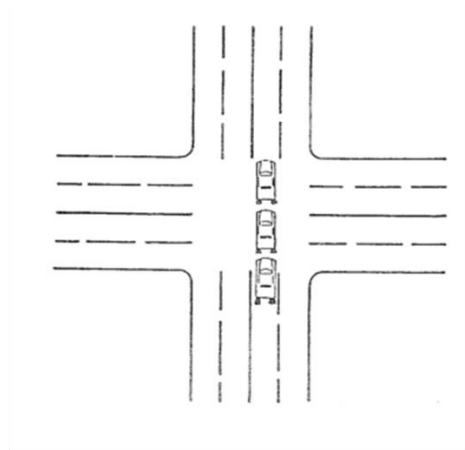


FIGURA 17 - Conflito Tipo 17
Veículo lento, conflito secundário de mesma direção

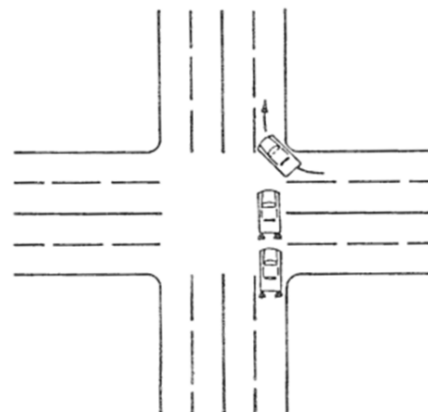


FIGURA 18 - Conflito Tipo 18
Conversão à direita, conflito secundário com veículo que segue em frente

Normalmente, eles não são levados em conta nas pesquisas de conflito, computando-se apenas os conflitos que provocaram o conflito secundário.

6. Quando não é recomendável a análise de conflitos

Em geral, a análise de conflitos pode ser aplicada a qualquer local que se queira determinar e diagnosticar problemas de segurança, com a consequente proposição de medidas para corrigi-los.

Entretanto, como as pesquisas de campo exigem consideráveis recursos humanos, não é prático conduzir estudos de conflito em todo e qualquer local. A seguir, são dadas algumas linhas gerais para decidir quando e onde não se recomenda conduzir um estudo:

- a) Durante períodos de congestionamento ou de tráfego forçado (nível de serviço F) em condições de movimento e parada constantes;
- b) Em locais com baixo volume de veículos, onde o total de veículos que entram no cruzamento é inferior a 1000 veículos por dia.

7. Procedimento para determinar o tamanho da amostra

Segundo FHWA, o número de horas de pesquisa necessário para estimar o número de conflitos de um determinado tipo (ou grupo) com uma precisão de $\pm p$ por cento e com um intervalo de confiança α pode ser calculado utilizando-se da seguinte expressão:

$$n = \left(100 \frac{t}{p}\right)^2 \frac{\sigma_e^2}{\bar{Y}^2} \quad (1)$$

onde

n = número de horas a serem pesquisadas

$t = 1,65$ (com nível de confiança $\alpha = 90\%$)

$p = 50\%$ (precisão de estimativa)

σ_e^2 = variância obtida em pesquisas anteriores

$\bar{Y}$ = número médio de conflitos por hora (por tipo de conflito)

Exemplo:

Conflito tipo “Direção à esquerda, movimento em frente” (Tipo 11). Após 10 períodos de 25 minutos (4,17 horas) de pesquisa, foram observados 12 conflitos.

$$\bar{Y} = (12 \text{ conflitos} / 10 \text{ períodos}) \times (60/25) = 2,88 \text{ conflitos} / \text{hora}$$

Aplicando a expressão (1), com

$$t = 1,65 (\alpha = 90\%); p = 50\%; \sigma_e^2 = 0,42 \text{ (Tabela 1)}; \bar{Y} = 2,88$$

obtem-se

$$n = 0,55 \text{ horas}$$

Como o número de horas necessárias para pesquisa (0,55 horas) foi menor do que o número de horas da pesquisa (4,17 horas), pode-se usar a expressão (1) para recalcular a precisão da estimativa p .

Tomando-se o valor de $n = 4,17$ horas, chega-se que $p = 18\%$. Então, conclui-se que com nível de confiança de 90%, o número médio de conflitos por hora deve estar compreendido no intervalo $2,88 \pm 18\%$, isto é, $2,88 \pm 0,52$ (entre 2,36 e 3,40 conflitos por hora).

Se o número de horas de pesquisa fosse inferior ao número necessário, então, deve-se complementar a pesquisa até atingir as horas necessárias.

Pode-se também utilizar outros níveis de confiança:

$t = 2,58$ ($\alpha = 99\%$), $t = 1,96$ ($\alpha = 95\%$), etc.

Pode-se ainda utilizar diretamente as Tabelas 1 a 3, as quais são resultado de pesquisas desenvolvidas por FHWA nos EUA.

Tabela 1 – Cruzamentos com as seguintes características:

- Cruzamentos semaforizados e não semaforizados
- 3 e 4 aproximações
- Velocidades baixas (< 60 km/h) e velocidades altas (> 60 km/h)
- 2 e 4 faixas de tráfego.

Os números da Tabela 1 foram obtidos com base em pesquisas com intervalos de 15 minutos, precisão de $p = \pm 50\%$ e nível de confiança de $\alpha = 90\%$.

Tabela 1

Tipo de conflito	Descrição	Número médio de conflitos por hora (Y)	Variança (σ_e^2)	Horas de pesquisa (n)
1	Mesma direção, conversão à esquerda	7,14	21,53	4,6
2	Mesma direção, conversão à direita	4,89	11,20	5,1
3	Mesma direção, movimento em frente	3,21	5,58	5,9
4	Mesma direção, mudança de faixa	---	---	---
5	Direção oposta, conversão à esquerda	0,77	1,18	21,6
6	Direção à direita, conversão à direita	0,71	1,11	23,9
7	Direção à direita, conversão à esquerda	0,59	0,78	24,5
8	Direção à direita, movimento em frente	0,31	0,35	39,3
9	Direção à esquerda, conversão à direita	---	---	---
10	Direção à esquerda, conversão à esquerda	0,78	1,01	18,1
11	Direção à esquerda, movimento em frente	0,39	0,42	30,0
12	Direção oposta, conversão à direita	---	---	---
(*)	Todos os conflitos de mesma direção	15,48	74,82	3,4

(*) = Tipo 1 + Tipo 2 + Tipo 3 + Tipo 4

Tabela 2 – Cruzamentos com as seguintes características:

- Cruzamentos semaforizados
- 4 aproximações

Os números da Tabela 2 foram obtidos com a precisão de $p = \pm 50\%$ e nível de confiança de $\alpha = 90\%$. As pesquisas foram realizadas durante o dia, pavimento seco e não incluem os conflitos secundários.

Tabela 2

Tipo de conflito	Descrição	10.000 a 25.000 veículos por dia		Mais que 25.000 veículos por dia	
		Número médio de conflitos por hora (Y)	Horas de pesquisa (n)	Número médio de conflitos por hora (Y)	Horas de pesquisa (n)
1	Mesma direção, conversão à esquerda	12,25	1,6	7,60	4,1
2	Mesma direção, conversão à direita	11,32	1,0	19,88	0,3
3	Mesma direção, movimento em frente	34,36	0,1	60,82	0,1
4	Mesma direção, mudança de faixa	0,69	(**)	1,66	(**)
5	Direção oposta, conversão à esquerda	2,64	1,8	2,00	3,2
6	Direção à direita, conversão à direita	0,34	(**)	0,24	(**)
7	Direção à direita, conversão à esquerda	0,05	(**)	0,04	(**)
8	Direção à direita, movimento em frente	0,02	(**)	0,03	(**)
9	Direção à esquerda, conversão à direita	0,03	(**)	0,01	(**)
10	Direção à esquerda, conversão à esquerda	0,04	(**)	0,06	(**)
11	Direção à esquerda, movimento em frente	0,03	(**)	0,01	(**)
12	Direção oposta, conversão à direita	0,01	(**)	0,02	(**)
(*)	Todos os conflitos de mesma direção	58,61	0,3	89,96	0,1

(*) = Tipo 1 + Tipo 2 + Tipo 3 + Tipo 4

(**) = Mais de 2 semanas de pesquisa

Tabela 3 – Cruzamentos com as seguintes características:

- Cruzamentos não semaforizados
- 4 aproximações (duas aproximações preferenciais)

Os números da Tabela 3 foram obtidos com a precisão de $p = \pm 50\%$ e nível de confiança de $\alpha = 90\%$. As pesquisas foram realizadas durante o dia, pavimento seco e não incluem os conflitos secundários.

Tabela 3

Tipo de conflito	Descrição	10.000 a 25.000 veículos por dia		Mais que 25.000 veículos por dia	
		Número médio de conflitos por hora (Y)	Horas de pesquisa (n)	Número médio de conflitos por hora (Y)	Horas de pesquisa (n)
1	Mesma direção, conversão à esquerda	6,42	5,7	12,07	1,6
2	Mesma direção, conversão à direita	5,26	4,4	5,61	3,9
3	Mesma direção, movimento em frente	9,26	0,7	13,80	0,3
4	Mesma direção, mudança de faixa	0,01	(**)	0,25	(**)
5	Direção oposta, conversão à esquerda	0,33	(**)	0,82	19,1
6	Direção à direita, conversão à direita	0,50	48,4	0,82	18,0
7	Direção à direita, conversão à esquerda	0,45	(**)	0,39	(**)
8	Direção à direita, movimento em frente	0,48	16,5	0,30	3,8
9	Direção à esquerda, conversão à direita	0,05	42,0	0,02	(**)
10	Direção à esquerda, conversão à esquerda	0,31	(**)	0,36	(**)
11	Direção à esquerda, movimento em frente	0,61	12,3	0,30	(**)
12	Direção oposta, conversão à direita	---	---	---	---
(*)	Todos os conflitos de mesma direção	20,96	1,9	29,01	1,0

(*) = Tipo 1 + Tipo 2 + Tipo 3 + Tipo 4

(**) = Mais de 2 semanas de pesquisa

O método acima, bem como as Tabelas 1 a 3, são o resultado de pesquisas americanas e não envolvem o conceito de conflitos graves do método sueco. Para os conflitos graves, conforme o método sueco, não existe disponível nenhuma estatística. É altamente desejável a realização de pesquisas na cidade de São Paulo para compor estatísticas de conflitos para permitir uma aplicação mais sistemática e extensiva da técnica de análise de conflitos nos projetos e estudos de segurança.

Na falta de estatísticas específicas para São Paulo, pode-se fazer a seguinte simplificação.

Tomando novamente a expressão (1):

$$n = \left(100 \frac{t}{p}\right)^2 \frac{\sigma_e^2}{\bar{Y}^2}$$

Admitindo que os conflitos seguem a distribuição de Poisson, tem-se que $\sigma_e^2 = \bar{Y}$ (variança igual à média), a expressão (1) fica:

$$n = \left(100 \frac{t}{p}\right)^2 \frac{1}{\bar{Y}} \quad (2)$$

Por exemplo, para $t = 1,65$ (nível de confiança de 90%), $p = 50\%$ e $\bar{Y} = 10$ conflitos/hora, para uma hora de pesquisa o número médio de conflitos/hora deve-se situar no intervalo 10 ± 5 , o que é um intervalo muito grande. Diminuindo o valor de p (isto é, aumentando a precisão) para 20%, já seriam necessárias quase 7 horas de pesquisa e o intervalo se reduziria para 10 ± 2 . Quanto menor for o número médio de conflitos $\bar{Y}$ e maior a precisão (menor valor de p), maior deverá ser o número de horas da pesquisa. Na prática, recomenda-se que a pesquisa tenha uma duração mínima de 2 horas.

Note-se que $\bar{Y}$ pode ser o valor médio / hora, de um tipo de conflito, de um grupo de tipos ou o total de conflitos, dependendo do objeto do estudo realizado.

Outra observação importante é que como os conflitos variam em função do horário do dia (pois dependem da intensidade do fluxo e do comportamento dos motoristas e pedestres), a pesquisa de conflitos não pode ser feita em um período consecutivo muito extenso. Por exemplo, se forem necessárias 4 horas de pesquisa, recomenda-se que sejam feitas pesquisas de 2 horas em 2 dias (durante o mesmo horário) e não 4 horas seguidas no mesmo dia. Assim, é importante que a intensidade e o comportamento do tráfego não mudem de padrão durante o período da pesquisa.

8. Como identificar um índice anormal de conflitos

Não é possível a total eliminação de acidentes ou de situações potenciais de acidentes, uma vez que na maior parte dos locais os conflitos (e os acidentes) ocorrem de forma fortuita, completamente ao acaso, sem um fator causal determinante. Além disso, muitos acidentes são causados por fatores humanos (motorista dormiu ao volante ou motorista bêbado, por exemplo), ou por fatores relativos à conservação do veículo (pneus carecas, falta de freio, etc.), que não podem ser evitados com medidas de engenharia de tráfego. Em um determinado local, um problema de segurança é evidenciado quando existe uma causa na via que determina, de forma sistemática, a ocorrência de conflitos. Resolver o problema de segurança é eliminar essa causa.

Qual seria o número de conflitos que indicaria haver uma causa e, portanto, um problema de segurança? Para responder, considere-se a frequência média de conflitos de um determinado tipo em uma amostra grande de cruzamentos. Considerem-se cruzamentos com problemas de segurança (e que, portanto, requerem medidas corretivas) aqueles que apresentam número de conflitos superior a 90 percentil. Como critério, o limite de 90 percentil seria o limite anormal de conflitos, acima do qual seria necessária a investigação de possíveis causas e da aplicação de medidas corretivas. Se houver restrições orçamentárias para a implantação de projetos, podem-se priorizar os locais que apresentarem um índice igual ou superior a 95 percentil. Analogamente, se houver sobras de recursos, podem-se implantar medidas corretivas para cruzamentos que apresentarem um índice de conflitos inferior a 90 percentil (80 percentil, por exemplo).

Se, por exemplo, o valor de 90 percentil para determinado tipo de conflito for de 110 conflitos/dia, isso significa que 90% dos cruzamentos da amostra pesquisada apresentam conflitos inferiores a 110, ou seja, apenas 10% dos cruzamentos apresentam conflitos maiores que 110.

As Tabelas 4 a 7 mostram o número de conflitos correspondentes a 90 e 95 percentil da amostra pesquisada por FHWA nos EUA.

Tabela 4 – Cruzamentos com as seguintes características:

- Cruzamentos não semaforizados de 4 aproximações com volume total entre 2500 a 10000 veículos/dia.

O número de conflitos é o total dos conflitos nas 2 aproximações com “direito de preferencial” (sem placa PARE) por um dia de 11 horas (das 7 às 18 horas), em dias úteis, pavimento seco e não inclui conflitos secundários.

Tabela 4

Tipo de conflito	Descrição	Número de conflitos por dia	Variança	90 percentil	95 percentil
1	Mesma direção, conversão à esquerda	70,645	1.005,0	110,0	130,0
2	Mesma direção, conversão à direita	57,912	2.197,3	120,0	150,0
3	Mesma direção, movimento em frente	101,861	9.648,2	225,0	295,0
4	Mesma direção, mudança de faixa	0,105	0,050	[]	[]
5	Direção oposta, conversão à esquerda	3,640	8,300	7,5	9,0
6	Direção à direita, conversão à direita	5,546	12,1	10,0	12,0
7	Direção à direita, conversão à esquerda	4,993	72,7	16,0	23,0
8	Direção à direita, movimento em frente	5,228	11,6	10,0	12,0
9	Direção à esquerda, conversão à direita	0,567	0,828	[]	[]
10	Direção à esquerda, conversão à esquerda	3,366	7,790	7,0	9,0
11	Direção à esquerda, movimento em frente	6,698	42,0	1,5	19,0
12	Direção oposta, conversão à direita	---	---	---	---
(*)	Todos os conflitos de mesma direção	230,523	17.929,2	410,0	490,0
(***)	Todos os conflitos de direção à direita ou à esquerda, movimento em frente	11,926	75,2	24,0	29,0

(*) = Tipo 1 + Tipo 2 + Tipo 3 + Tipo 4

(***) = Tipo 8 + Tipo 11

[] = Os conflitos são tão raros que qualquer número deve ser considerado como anormal.

Tabela 5 – Cruzamentos com as seguintes características:

- Cruzamentos não semaforizados de 4 aproximações com volume total entre 10.000 a 25.000 veículos/dia.

O número de conflitos é o total dos conflitos nas 2 aproximações com “direito de preferencial” (sem placa PARE) por um dia de 11 horas (das 7 às 18), em dias úteis, pavimento seco e não inclui conflitos secundários.

Tabela 5

Tipo de conflito	Descrição	Número de conflitos por dia	Variança	90 percentil	95 percentil
1	Mesma direção, conversão à esquerda	132,745	11.643,4	275,0	350,0
2	Mesma direção, conversão à direita	61,695	1.156,5	105,0	125,0
3	Mesma direção, movimento em frente	151,831	6.921,8	255,0	290,0
4	Mesma direção, mudança de faixa	2,797	22,6	[]	[]
5	Direção oposta, conversão à esquerda	8,982	39,8	17,0	21,0
6	Direção à direita, conversão à direita	8,972	99,4	21,0	29,0
7	Direção à direita, conversão à esquerda	4,333	21,2	10,0	14,0
8	Direção à direita, movimento em frente	3,327	4,297	6,0	7,5
9	Direção à esquerda, conversão à direita	0,165	0,077	[]	[]
10	Direção à esquerda, conversão à esquerda	3,913	6,452	7,0	9,0
11	Direção à esquerda, movimento em frente	3,250	4,644	6,0	7,5
12	Direção oposta, conversão à direita	---	---	---	---
(*)	Todos os conflitos de mesma direção	319,068	28.650,5	540,0	640,0
(***)	Todos os conflitos de direção à direita ou à esquerda, movimento em frente	6,577	15,7	12,0	14,0

(*) = Tipo 1 + Tipo 2 + Tipo 3 + Tipo 4

(***) = Tipo 8 + Tipo 11

[] = Os conflitos são tão raros que qualquer número deve ser considerado como anormal.

Tabela 6 – Cruzamentos com as seguintes características:

- Cruzamentos semaforizados de 4 aproximações com volume total entre 10.000 a 25.000 veículos/dia.

O número de conflitos é o total dos conflitos nas 4 aproximações com “direito de preferencial” (sem placa PARE) por um dia de 11 horas (das 7 às 18), em dias úteis, pavimento seco e não inclui conflitos secundários.

Tabela 6

Tipo de conflito	Descrição	Número de conflitos por dia	Variança	90 percentil	95 percentil
1	Mesma direção, conversão à esquerda	134,724	10.298,3	270,0	340,0
2	Mesma direção, conversão à direita	124,476	2.445,1	190,0	220,0
3	Mesma direção, movimento em frente	377,938	4.928,9	470,0	500,0
4	Mesma direção, mudança de faixa	7,621	52,8	17,0	22,0
5	Direção oposta, conversão à esquerda	29,057	211,2	49,0	56,0
6	Direção à direita, conversão à direita	3,707	2,839	6,0	7,0
7	Direção à direita, conversão à esquerda	0,515	0,125	1,0	1,2
8	Direção à direita, movimento em frente	0,229	0,118	0,7	1,0
9	Direção à esquerda, conversão à direita	0,333	0,188	0,8	1,1
10	Direção à esquerda, conversão à esquerda	0,463	0,466	1,3	1,9
11	Direção à esquerda, movimento em frente	0,289	0,240	[]	[]
12	Direção oposta, conversão à direita	0,094	0,058	[]	[]
(*)	Todos os conflitos de mesma direção	644,760	25.338,4	860,0	930,0
(***)	Todos os conflitos de direção à direita ou à esquerda, movimento em frente	0,519	0,215	1,1	1,4

(*) = Tipo 1 + Tipo 2 + Tipo 3 + Tipo 4

(***) = Tipo 8 + Tipo 11

[] = Os conflitos são tão raros que qualquer número deve ser considerado como anormal.

Tabela 7 – Cruzamentos com as seguintes características:

- Cruzamentos semaforizados de 4 aproximações com volume total maior que 25.000 Veículos /dia.

O número de conflitos é o total dos conflitos nas 4 aproximações por um dia de 11 horas (das 7 às 18), em dias úteis, pavimento seco e não inclui conflitos secundários.

Convém lembrar que todos os números constantes das Tabelas 4 a 7 não englobam o conceito de “conflito grave”. Para conflitos graves é necessária a realização de pesquisas para que se tenham estatísticas apropriadas.

Tabela 7

Tipo de conflito	Descrição	Número de conflitos por dia	Variança	90 percentil	95 percentil
1	Mesma direção, conversão à esquerda	83,644	11.613,7	265,0	360,0
2	Mesma direção, conversão à direita	218,625	7.587,5	470,0	510,0
3	Mesma direção, movimento em frente	669,051	23.994,7	870,0	940,0
4	Mesma direção, mudança de faixa	18,211	160,6	35,0	43,0
5	Direção oposta, conversão à esquerda	22,001	377,7	48,0	60,0
6	Direção à direita, conversão à direita	2,603	2,268	4,6	5,4
7	Direção à direita, conversão à esquerda	0,417	0,261	1,1	1,4
8	Direção à direita, movimento em frente	0,290	0,215	[]	[]
9	Direção à esquerda, conversão à direita	0,062	0,022	[]	[]
10	Direção à esquerda, conversão à esquerda	0,631	0,824	1,7	2,5
11	Direção à esquerda, movimento em frente	0,140	0,135	[]	[]
12	Direção oposta, conversão à direita	0,227	0,124	[]	[]
(*)	Todos os conflitos de mesma direção	989,531	67.198,4	1.340,0	1.460,0
(***)	Todos os conflitos de direção à direita ou à esquerda, movimento em frente	0,430	0,335	1,1	1,5

(*) = Tipo 1 + Tipo 2 + Tipo 3 + Tipo 4

(***) = Tipo 8 + Tipo 11

[] = Os conflitos são tão raros que qualquer número deve ser considerado como anormal.

9. Análise de conflitos em avaliações do tipo “antes-depois”

Uma grande vantagem da análise de conflitos é a possibilidade de observar os conflitos imediatamente antes e depois que uma alteração é feita, sem precisar esperar anos como é o caso do índice de acidentes. Usando uma análise de conflitos como ferramenta de avaliação, é possível determinar se as medidas adotadas no local do estudo foram realmente efetivas na redução dos conflitos.

O que pode ocorrer com a implantação de um projeto é diminuir a quantidade de alguns tipos de conflitos e, eventualmente, aumentar outros. No caso de semáforos, podem diminuir os conflitos do tipo colisão lateral e aumentar os conflitos do tipo colisão traseira. Assim, é importante a análise por tipo de conflito e não apenas para o total de conflitos. Dessa forma, pode-se saber exatamente que tipos de conflito diminuiriam e não apenas o total de conflitos. Para os que aumentaram, podem ser tomadas outras medidas corretivas. Entretanto, em vez de fazer a análise para cada tipo de conflito individualmente, dependendo do objetivo de cada estudo, recomenda-se agrupar os tipos de conflito de acordo com determinadas características.

Tendo em vista que os conflitos são eventos aleatórios, como ter certeza de que uma eventual redução de conflitos na situação “depois” tenha sido causada pela implantação do projeto e não o mero resultado de uma flutuação aleatória? O problema reside em saber, para cada tipo de conflito, (ou agrupamento de tipos de conflito), se o aumento ou diminuição é resultado da medida aplicada ou se é fruto da aleatoriedade.

Para responder a esta questão, pode-se adotar o procedimento a seguir descrito, proposto pelo Eng^o Pedro Szasz.

Seja n_1 e n_2 o número de horas da pesquisa e C_1 e C_2 o total de conflitos “antes” e “depois”, respectivamente. Então os valores médios de conflitos por hora nas situações “antes” e “depois” são:

$$\bar{Y}_1 = \frac{C_1}{n_1} \quad \text{e} \quad \bar{Y}_2 = \frac{C_2}{n_2}$$

Seja $\Delta = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_2$

Então, pode-se escrever:

$$\mu_1 - \mu_2 = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_2 \pm Z = \Delta \pm Z \quad (3)$$

onde:

- μ é a média real de conflitos / hora do local em estudo
- $\bar{Y}$ é a média de conflitos / hora da pesquisa (amostra)
- Z é dado por:

$$Z = \frac{\Delta}{EP} \quad \text{e} \quad EP = \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{n_1 n_2}} \quad (4)$$

Se zero estiver dentro do intervalo dado por (3), pode-se concluir que a medida aplicada não teve nenhum efeito sobre os conflitos do tipo pesquisado. Se zero estiver à esquerda do intervalo, significa que a medida aplicada provocou uma redução no número de conflitos do tipo ou grupo considerado. Se zero estiver à direita do intervalo significa que para o tipo ou grupo de conflito pesquisado, a medida aplicada provocou um aumento no número de conflitos.

Exemplo:

$$n_1 = 4 \text{ e } n_2 = 1$$

$$C_1 = 10 \text{ e } C_2 = 6$$

$$\bar{Y}_1 = 10/4 = 2,5 \text{ e } \bar{Y}_2 = 6/1 = 6$$

$$\Delta = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_2 = 2,5 - 6 = -3,5$$

$$EP = \sqrt{(10 + 6)/4} = 2$$

$$Z = 3,5/2 = 1,75$$

$$\mu_1 - \mu_2 = \Delta \pm Z = -3,5 \pm 1,75$$

Em outras palavras:

$$-5,25 < \mu_1 - \mu_2 < -1,75$$

Como zero está à direita do intervalo, conclui-se que houve um aumento no número de conflitos do tipo pesquisado após a implantação do projeto.

Pode-se também dar a seguinte interpretação aos dados apresentados. Supondo que o índice de 10 conflitos em 4 horas permanecesse o mesmo nas 2 situações (“antes” e “depois”), qual a probabilidade de ocorrerem 6 conflitos em 1 hora?

Admitindo, por simplicidade que a diferença das médias segue a distribuição normal de Gauss¹, pode-se encontrar (em tabelas estatísticas) que $Z = 1,75$ corresponde a uma probabilidade de 0,959 ou 96%. Isso significa que, se não houvesse de fato um aumento de conflitos, a probabilidade de não se obter 6 conflitos em 1 hora na situação “depois” é de 96%, isto é, há uma probabilidade de apenas 4% de os conflitos chegarem a 6 num período de uma hora. Isso quer dizer que é altamente improvável que os conflitos não aumentaram. Pode-se concluir então, com boa margem de acerto, que houve efetivamente um aumento no número de conflitos do tipo estudado na situação “depois”.

Engº Sun Hsien Ming/CTA5 – Gerência de Sistemas de Controle de Tráfego - GSC

¹ Na realidade, a distribuição correta é a distribuição binomial, sendo que a distribuição normal pode ser considerada como uma aproximação da binomial. Entretanto, para números pequenos, pode ser significativa a diferença entre as duas distribuições.