

SP 09/11/79

NT 048/79

Rotatória como Dispositivo de Redução de Acidentes

Arq.^a Nancy dos Reis Schneider

Resumo do Boletim "Accidents at off-side priority roundabouts with mini or small islands", Hilary Green, TRRL Laboratory Report 774.

1. Introdução

Em 1971 foram realizadas experiências *no Transport and Road Research Laboratory (TRRL)*, no sentido de demonstrar que a capacidade viária de uma rotatória* poderia ser aumentada, por meio da redução do tamanho da ilha central e/ou do aumento da largura das aproximações, perto da faixa de retenção.

A partir dessas experiências, rotatórias com pequenas ilhas, ocupando muito menos espaço do que uma rotatória convencional começaram a ser utilizadas.

Estabeleceu-se que o diâmetro desta pequena ilha rotatória poderia ter até 1/3 do círculo inscrito na área do cruzamento, sendo que nos locais em que forem obstruídos os movimentos de conversão de ônibus ou caminhões, ela pode ser substituída por outra ilha sem guia (apenas pintada com tinta termoplástica), com diâmetro de um a quatro metros (mini-rotatória).

Como resultado, rotatórias foram implantadas em locais onde havia somente sinalização vertical definindo a preferencial ou, em alguns casos, até mesmo um semáforo.

O estudo a seguir analisa alguns desses cruzamentos, comparando o número de acidentes antes e depois da substituição de um determinado tipo de sinalização por uma rotatória.

*A partir de 1966 foi introduzido na Inglaterra o regulamento que determina a prioridade à direita (no sistema de circulação adotado no Brasil, corresponde à prioridade à esquerda), numa rotatória, tendo ficado estabelecido que um veículo, ao chegar na rotatória, deve parar na faixa de retenção e dar prioridade ao veículo que está dentro dela e aproximando-se pela direita.

*A rotatória convencional, ou ainda "*old style roundabout*", será denominada, daqui por diante, como grande rotatória.

2. Metodologia Adotada

A pesquisa englobou acidentes com vítimas ocorridos em 150 locais, antes e depois da implantação de um dos 3 tipos de ilhas rotatórias (mini rotatórias, pequena rotatória e grande rotatória).

Essas ilhas foram construídas com guias, ou simplesmente demarcadas no pavimento com tinta termoplástica branca, podendo ainda ser do tipo simples (uma única ilha) ou múltipla (duas ou mais ilhas).

No período anterior à implantação, 132 desses locais tiveram suas velocidades de aproximação previamente limitadas a 30 ou 40 m.p.h. (51 ou 68 Km/h), e com diferentes formas de controle, tendo sido classificados em:

Grupo A: cruzamento onde a definição de preferencial era feita por sinalização vertical;

Grupo B: cruzamentos controlados por semáforos;

Grupo C: locais cujo tipo de controle era uma grande rotatória.

Após a implantação, esses locais foram reclassificados de acordo com a nova forma de controle:

- 2.1 Mini-ilha rotatória simples, sem guia, tendo um diâmetro menor que 4 metros.
- 2.2 Pequena ilha rotatória simples ou mini-rotatória com guia, possuindo, algumas vezes, um equipamento que impeça o tráfego sobre a ilha; e
- 2.3 Ilhas seccionadas, ou um arranjo de várias ilhas (múltiplas). (Figura 1.d)

Figura 1

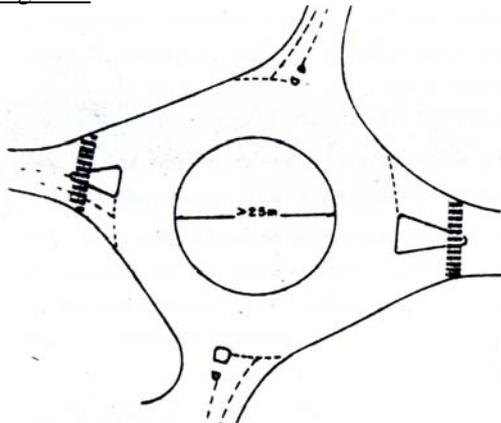


Fig. 1-A - Grande Rotatória "old style roundabout"

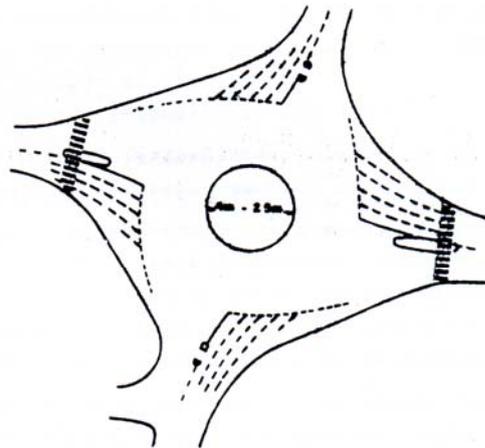
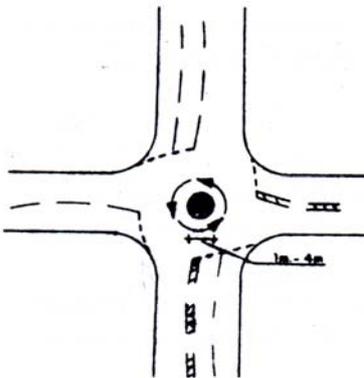


Fig. 1-B Pequena Rotatória



Figs. 1-C - Mini-Rotatórias

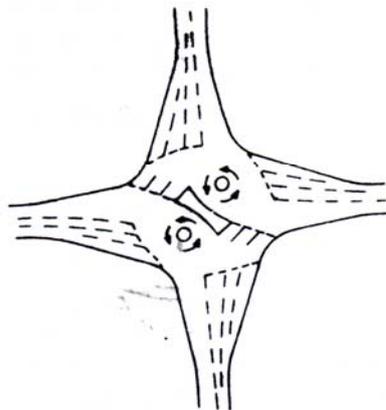
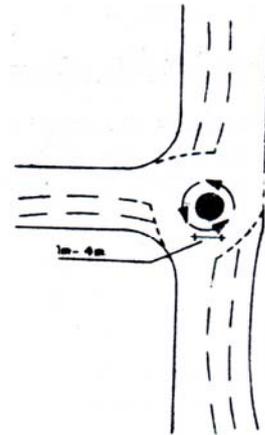


Fig. 1-D - Dupla Rotatória

3. Resultados

Os resultados do estudo são mostrados nos quadros I e II.

É conhecido que o efeito de cada projeto de segurança implantado não é o mesmo em todos os lugares e, por este motivo, foi acrescentado, ao estudo, o valor de "X²", que representa estatisticamente se houve ou não uma diferença significativa entre os locais com as mesmas características e que sofreram o mesmo tratamento.

Considerando-se ainda o total de locais estudados como um todo, foi acrescentado, também, o valor de K correspondente à média aritmética do efeito causado. Desta forma, sabemos que existiu uma melhora quando K for menor que 1 (um) e uma piora quando K for maior que 1 (um).

3.1 Locais com velocidade limitada a 30 ou 40 m.p.h. (51 ou 68 Km/h)

Quadro I - Mini-Rotatórias - Total de Acidentes com Vítima

| | Número de locais | | Número de acidentes antes depois | | Nível de melhoria K | Diferença significativa entre os locais X ² |
|--|------------------|-----|----------------------------------|------|---------------------|--|
| | | | | | | |
| Grupo A: definição de preferencial com sinalização vertical. Limite de velocidade a 30 ou 40 m.p.h (51 ou 68 Km/h). Mini-rotatória sem guia simples de 3 aproximações. Total simples de 3 e 4 aproximações. Mini ou Pequena rotatória com guia simples de 3 aproximações. Simples de 4 aproximações. Total (incluindo simples de 5 aproximações). Total com guia e sem guia. | | | | | | |
| | 21 | 109 | 71 | 0,72 | Não | |
| | 26 | 148 | 84 | 0,66 | Não | |
| | 31 | 216 | 77 | 0,63 | Não | |
| | 26 | 258 | 154 | 0,71 | Sim | |
| | 62 | 531 | 243 | 0,66 | Sim | |
| Limite de velocidade > 40 m.p.h. (68 Km/h) Pequena rotatória simples de 3 a 4 aproximações. | 10 | 105 | 41 | 0,50 | Sim | |
| | | | | | | |
| Grupo B: semáforo Limite de velocidade de 30 ou 40 m.p.h. (51 ou 68 Km/h). Mini ou pequena rotatória com guia simples de 3,4 ou 5 aproximações. Total - incluindo minis sem guias e múltiplas. | 7 | 111 | 70 | 0,75 | Sim | |
| | 13 | 257 | 127 | 0,75 | Sim | |
| | | | | | | |
| Grupo C: grande rotatória Limite de velocidade de 30 ou 40 m.p.h (51 ou 68 Km/h). Pequena rotatória simples de 3 aproximações. Simples de 4 aproximações. Simples de 4 e 5 aproximações. Total (excluindo as de 3 aproximações, mas incluindo 3 do tipo múltiplo). | 5 | 32 | 35 | 1,09 | Não | |
| | 20 | 120 | 189 | 2,04 | Sim | |
| | 23 | 163 | 220 | 1,93 | Sim | |
| | 26 | 228 | 296 | 1,91 | Sim | |
| | | | | | | |

| | | | | | |
|---|---|----|-----|------|-----|
| Limite de velocidade > 40 m.p.h. (68 Km/h) | | | | | |
| Pequena rotatória simples de 3 (2), 4 (4) e 5 (1) aproximações e 1 dupla. | 8 | 57 | 114 | 1,88 | Sim |

Observando-se o Quadro I, podemos notar:

- Nos locais onde a definição de preferencial era feita por meio de sinalização vertical (grupo A), e esta foi substituída por uma mini ou pequena rotatória, com ou sem guia, houve uma redução entre 28 e 37% no total de acidentes com vítimas;
- Para os cruzamentos que possuíam semáforo, o tamanho da amostra não foi suficiente para produzir uma análise estatisticamente significativa, havendo inclusive uma grande variação entre os pontos (X^2). Pode-se notar, contudo, que não houve uma evidência de aumento no número de acidentes; e
- Para locais cujo tipo de controle anterior era uma grande rotatória, a situação encontrada foi muito diferente, tendo havido um aumento no número de acidentes e, conseqüentemente, um valor "K" substancialmente maior que 1 (um) para os locais com mais do que 3 aproximações.

O quadro II repete a análise do quadro I, para acidentes com vítimas graves e fatais.

3.2 Locais com limite de velocidade maior que 40 m.p.h. (68 Km/h)

Podemos observar que, em locais de alta velocidade, houve uma redução de 50% no total de acidentes com vítimas do grupo A, após a substituição por pequenas rotatórias (ver quadro I). Para os acidentes graves e fatais a redução foi de 77% (ver quadro II).

Onde uma grande rotatória foi substituída por uma pequena rotatória, um aumento significativo de 88% foi encontrado (ver quadro I), tendo sido de 153% se considerarmos somente os acidentes graves e fatais (ver quadro I).

Quadro II - Mini-Rotatórias - Acidentes com vítimas graves e fatais

| | Número de locais | Número de acidentes | | Nível de melhoria K | Diferença significativa entre os locais X^2 |
|--|------------------|---------------------|--------|---------------------|---|
| | | antes | depois | | |
| Grupo A: definição de preferencial com sinalização vertical. Limite de velocidade a 30 ou 40 m.p.h. (51 ou 68 Km/h). | | | | | |
| Mini-rotatória sem guia simples de 3 aproximações. | 21 | 24 | 14 | 0,65 | Não |
| Total - simples de 3 e 4 aproximações. | 26 | 36 | 18 | 0,61 | Não |
| Mini ou pequena rotatória com guia simples de 3 aproximações. | 31 | 58 | 15 | 0,45 | Não |
| Simples de 4 aproximações, | 25 | 55 | 29 | 0,68 | Sim |
| Total (incluindo simples de 5 aproximações, todas múltiplas). | 61 | 129 | 44 | 0,52 | Sim |
| Total com guia e sem guia. | 87 | 165 | 62 | 0,54 | |

| | | | | | |
|---|----|----|----|------|-----|
| Limite de velocidade > 40 m.p.h. (68 Km/h). Pequena rotatória simples de 3 e 4 aproximações. | 10 | 50 | 9 | 0,23 | Sim |
| Grupo B: semáforo Limite de velocidade 30 ou 40 m.p.h. (51 ou 68 Km/h). Mini ou pequena rotatória com guia. Simples de 3,4 e 5 aproximações. | 7 | 18 | 7 | 0,41 | Sim |
| Total (incluindo minis sem guias e múltiplas). | 13 | 54 | 16 | 0,38 | Sim |
| Grupo C: grande rotatória Limite de velocidade 30 ou 40 m.p.h. (51 ou 68 Km/h). Pequena rotatória simples de 3 aproximações. | 5 | 5 | 5 | | |
| Simples de 4 aproximações. | 20 | 22 | 31 | 1,88 | Não |
| Simples de 4 e 5 aproximações. | 23 | 27 | 35 | 1,86 | Não |
| Total (excluindo as de 3 aproximações, mas incluindo 2 múltiplas). | 25 | 40 | 73 | 3,00 | Não |
| Limite de velocidade > 40 m.p.h. (68 Km/h). Pequena rotatória simples de 3,4 e 5 aproximações e 1 dupla. | 8 | 12 | 32 | 2,53 | Não |

3.3 Tipo de usuário da via envolvido em acidentes

As porcentagens de acidentes envolvendo pedestres, ciclistas, motociclistas, antes e depois da substituição por rotatórias, são mostradas no quadro III.

Com duas exceções. Os benefícios causados para os diferentes usuários da via não foram estatisticamente significativos. Uma exceção foi o envolvimento de motociclistas em locais onde a definição de preferencial era feita com sinalização vertical, tendo ocorrido uma redução em média de 23 para 16%.

Outra exceção foi com a substituição de grandes rotatórias, onde o envolvimento de ciclistas foi quase reduzido à metade. Entretanto, também houve uma redução de quase metade no número de ciclistas usuários do local, transformando o risco do envolvimento em acidentes próximo ao mesmo de antes da substituição.

Quadro III - Porcentagens de pedestres, motociclistas e ciclistas envolvidos em acidentes após a implantação de uma mini-rotatória com limite de velocidade de 30 ou 40 m.p.h. (51 ou 68 Km/h).

| Tipo de Controle Anterior | Porcentagem de Acidentes Envolvendo: | | | | | |
|---|--------------------------------------|--------|-----------------------------------|--------|-----------|--------|
| | Pedestre | | Veículo motorizados de duas rodas | | Ciclistas | |
| | Antes | Depois | Antes | Depois | Antes | Depois |
| A - Sinalização vertical como definição de preferencial | 25 | 21 | 23 | 16 | 13 | 15 |
| B - Semáforo | 23 | 18 | 23 | 18 | 6 | 6 |
| C - Grande Rotatória | 23 | 21 | 23 | 21 | 23 | 12 |

4. Conclusão

Conforme a amostra, a implantação de pequenas ou mini-rotatórias em cruzamentos de áreas residenciais tem trazido benefícios em termos de redução de acidentes, tendo como exceção os locais onde elas substituíram grandes rotatórias, ocasionando um aumento significativo de, aproximadamente, 90% no número de acidentes.

Esse dado salienta o fato de que cuidados especiais são necessários quando for diminuída a ilha de uma grande rotatória.

A melhor solução parece ter sido obtida na substituição da sinalização vertical, que definia uma preferencial, por mini-rotatórias, com ou sem guias, embora tenha havido diferenças significativas entre a segurança dos locais (X^2).

O mesmo se aplica para o caso dos cruzamentos anteriormente controlados por semáforos, os quais tiveram reduções estatisticamente significativas nos acidentes graves e fatais.

Referências Bibliográficas

Transport and Road Research Laboratory - Accidents at off-side priority roundabouts - TRRL Leaflet LF 393, Issue 2, Croowthorne, 1975 (Transport and Road Research Laboratory).

Tanner, J.C. - *A Problem in the Combination of Accident Frequencies* - Biometrika, 1958, 45 (3/4).

Apêndice

Extraído de "*A Problem in the Combination of Accident Frequencies*" (J.C. Tanner, Biometrika Vol. 45, Dec. 1958, pp 331-342).

Sendo,

N = número de locais nos quais os dados devem ser combinados;

b_i = número de acidentes do local i , antes da mudança ($i = 1, 2, \dots, N$);

a_i = número de acidentes do local i , depois da mudança ($i = 1, 2, \dots, N$);

c_i = razão entre o número de acidentes depois e antes do local i ;

$n_i = a_i + b_i$; então $K_i = a_i/b_i/c_i$ medidas do efeito aparente da mudança para o local i ;

K é a razão de acidentes depois, para o número que teria sido esperado, se a mudança não tivesse surtido efeito;

K é a solução da equação

$$\sum \frac{n_i}{1 + KC_i} = \sum b_i$$

A variação de $\log K$ é, aproximadamente:

$$\text{Var. } \log_0 K = \frac{(1 + 0) \left(1 + \frac{2}{\sum n_i}\right)}{\sum \frac{KC_i n_i}{(1 + KC_i)^2}}$$

Onde $0 = \left(\frac{X^2 - 1}{N - 1}\right) \frac{N \sum n_i}{(\sum n_i)^2}$

e K é o verdadeiro valor de K_i (isto é, o valor que K_i assumiria se b_i e a_i alcançassem seus valores esperados)

$$X^2 = \sum \frac{(a_i - Kb_i C_i)^2}{KC_i n_i}$$

Se x^2 é significativa, podemos concluir que existem reais diferentes no resultado dos locais.

$$\text{Erri Standard S.E. } (\log_e K) = (\text{var. } \log_e K)^{1/2}$$

onde $K=k$

Colocando $K = 1$ na equação (2)

$$T = \frac{\log_e k}{\text{S.E. } \log_e k}$$

Se t é significativa, nós concluímos que o resultado médio da medida de todos os locais estudados deveria reduzir a frequência de acidentes, quando k for menor que 1.

Arquiteta Nancy Reis Schneider
Departamento de segurança de Tráfego - DST/GEN/SPT