

SP 01/12/85

NT 111/85

Custos Gerados por Obstrução no Sistema Viário

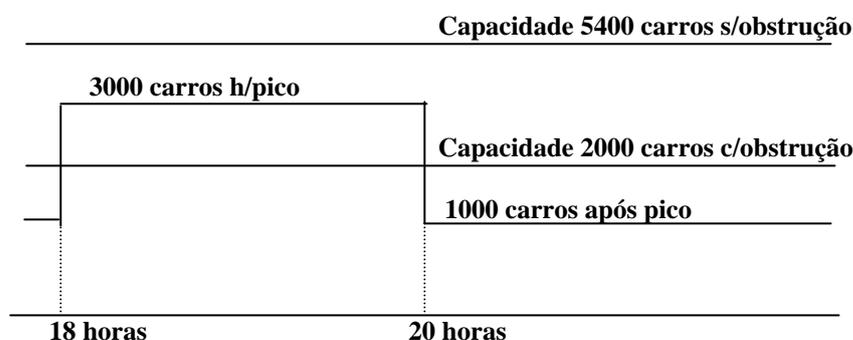
Luís Paulo Gião de Campos

Os altos volumes de tráfego nas ruas e a reduzida capacidade do sistema viário, em muitas vias próxima do seu limite de saturação, fazem com que qualquer situação atípica ao tráfego gere congestionamentos com conseqüências desastrosas e expressivos custos sociais, como é mostrado em alguns exemplos a seguir.

1º Exemplo

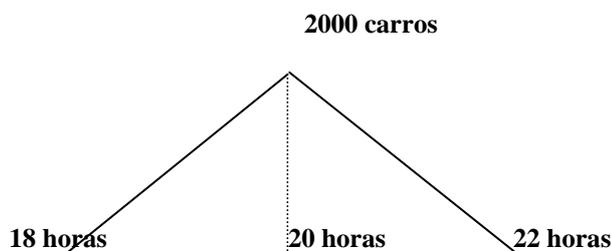
Suponha uma via com capacidade normal de 5400 veículos, pela qual passam, no pico das 18 às 20 horas, 3000 veículos, volume este, abaixo da sua capacidade, não gerando problemas de congestionamento.

Reduzindo a capacidade para 2000 veículos, por causa de uma obstrução, qual seria a dimensão do congestionamento e o custo gerado por esta redução?



Neste caso, a partir das 18 horas, o volume excederia em 1000 veículos/hora a capacidade desta via, e ao final do pico normal, às 20 horas, haveria 2000 veículos acumulados.

A partir daí, a fila começaria a diminuir, também à razão de 1000 veículos por hora (2000 - 1000 veículos), terminando o congestionamento somente às 22 horas. Isto representaria um prejuízo de 4000 veículos/dia, [(4 horas x 2000 veículos) : 2], que representa a área do triângulo, no gráfico abaixo.



Admitindo-se que o salário médio de um pessoa que possui automóvel é de Cr\$ 3.000.000,00 e que o valor da hora em transporte é de 1/3 de seu salário/hora, ou seja Cr\$ 6.250,00 aproximadamente; e que em média, por hora, em um congestionamento gastam-se 3 litros de gasolina adicionais, têm-se:

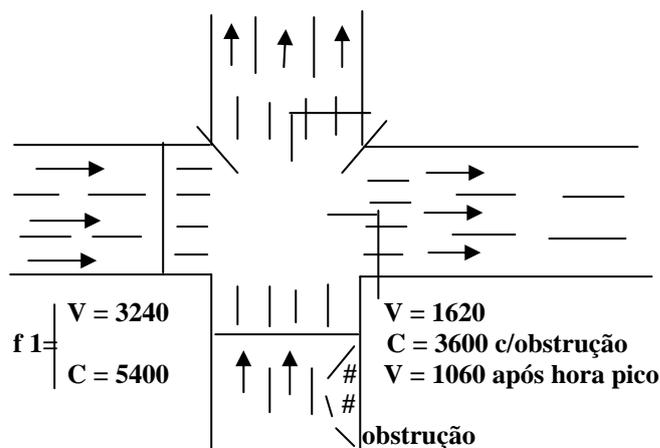
$$3 \text{ litros gasolina} \times \text{Cr\$ } 3.570,00 = \text{Cr\$ } 10.710,00$$

$$1 \text{ hora} \quad \times \text{Cr\$ } 6.250,00 = \frac{\text{Cr\$ } 6.250,00}{\text{Cr\$ } 16.960,00}$$

Assim, têm-se um custo de Cr\$ 67.840.000,00 (4.000 hs/dia x Cr\$ 16.960,00), no congestionamento causado pela redução de capacidade, no exemplo citado.

2º Exemplo

Considere um cruzamento em que a soma dos volumes, nas suas áreas de aproximação no horário de pico é de 4.860 carros e que após este horário o volume caia para 4.320 carros. Há uma obstrução próxima ao cruzamento, reduzindo em 1/3 a capacidade de uma das áreas de aproximação. O que acarretará ao sistema viário esta redução?



Verifica-se, a seguir, que será necessário alterar os tempos de verde das interseções próximas e que uma das vias irá congestionar, pois a somatória do nível de carga ou saturação (Y) das áreas de aproximação será maior que 1.0 na hora do pico.

Assim,

$$Y_1 = \frac{\text{volume}}{\text{capacidade}} = \frac{3.240}{5.400} = 0,6$$

$$Y_2 = \frac{\text{volume}}{\text{capacidade}} = \frac{1.620}{3.600} = 0,45$$

Obs.: a somatória do nível de carga ou de saturação (Y), sendo:

$$\sum Y \leq 0,95 - \text{não congestiona a via.}$$

$$0,95 < \sum Y \leq 1,00 - \text{a via assume congestionamento.}$$

$$\sum Y \geq 1,00 - \text{congestionada a via.}$$

Neste cruzamento será usado o ciclo máximo de 120 segundos. Nota-se que a aproximação Y 1 tem maior volume que a Y 2 e sua capacidade também é maior.

$$C = \frac{\text{capacidade de aproximação}}{\text{Tempo (60' x 60")}} \quad Y 1 = \frac{5.400}{3.600} = 1,5 \text{ carro/seg.}$$

$$C = \frac{\text{capacidade de aproximação}}{\text{Tempo (60' x 60")}} \quad Y 2 = \frac{3.600}{3.600} = 1,0 \text{ carro/seg.}$$

Assim, prioriza-se a aproximação Y 1, pois é a via de tráfego mais intenso. Neste cruzamento, por ciclo chegarão 108 carros, desta forma calculados:

$$\frac{\text{Volume} \times \text{ciclo}}{60' \times 60''} = \frac{3.240 \times 120}{3.600} = 108 \text{ carros}$$

O tempo de verde (Tv 1), que será necessário para esta aproximação é:

$$\frac{\text{Número de carros que chegam}}{\text{Capacidade}} = \frac{108}{1,5 \text{ carro/segundo}} = 72,0''$$

O tempo de verde também pode ser calculado através de Y 1, onde têm-se 0,6 ou 60% do ciclo, ou seja, 72,0 segundos (120 segundos x 60%).

O estudo para Y 2 é análogo. Número de carros que chegam:

$$\frac{\text{Volume} \times \text{ciclo}}{60' \times 60''} = \frac{1.620 \times 120}{3.600} = 54 \text{ carros}$$

O tempo de verde, dado para Y 2, é:

$$T \text{ ciclo} - T_v 1 - T \text{ amarelo} = T_v 2, \text{ ou seja, } 120'' - 72'' - 6'' = 42 \text{ segundos.}$$

Como a capacidade é de 1,0 (um) carro por segundo, a via irá congestionar (para que não se congestionem, deveriam passar os 54 carros).

A cada ciclo 12 carros ficarão represados (54 - 42 = 12 carros), o que dá em uma hora 360 carros (30 ciclos x 12 carros). Em 2 horas de pico haverão 720 carros retidos no congestionamento.

Obs.: um ciclo é igual a 120 segundos, o qual nos dá, em 1 hora, 30 ciclos.

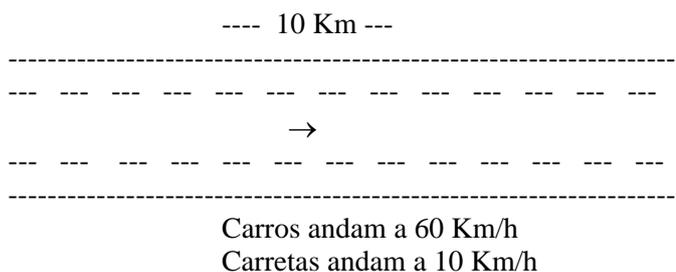
Com a queda de volume para 1.080 carros, após o pico, tem-se em cada ciclo 36 carros que chegam [(1.080 carros x 120") / 3.600"] e como podem sair 42 carros a cada ciclo, 6 carros deixarão o congestionamento (42 - 36 carros), (vide exemplo anterior), o que resulta em 180 carros por hora (6 carros x 30 ciclos).

Como são 720 carros retidos no congestionamento, dividindo-se pelos 180 carros que saem por hora, serão necessárias 4 horas para descongestionar.

O custo deste congestionamento na via, em função da obstrução, é de 2.160 h/dia [(6 h x 120 carros) / 3.600] custando Cr\$ 19.960,00 a hora (vide exemplo anterior), têm-se Cr\$ 36.050.400,00 (2.160 h/dia x Cr\$ 16.690,00), que é o custo gerado pelo congestionamento, somente nestas 4 horas. Este custo poderá aumentar se for aventada a hipótese nos dois picos (manhã e tarde), e será ainda maior caso seja o dia inteiro.

3º Exemplo

Suponha uma via de 10 Km, com capacidade para 6.000 veículos nas 3 faixas, e por onde passam 3.000 veículos/hora, andando a 60 Km/h.



Supondo que há um veículo lento (uma carreta), trafegando a 10 Km/h nesta via e que a mesma ocupa 2 faixas de rolamento, qual será a fila formada e qual o custo provocado por este atraso? Pela via livre, sem a carreta, passam 50 veículos por minuto (3.000 veículos/h: 60'). Para percorrer os 10 Km, um veículo levaria 10 minutos, isto é:

$$\frac{L \text{ (dist.)}}{L \text{ (veloc.)}} = \frac{10 \text{ Km}}{60 \text{ Km/h}} = 1/6 \text{ de hora} \cdot ' \cdot 1/6 \times 60' = 10'$$

Neste tempo (10') terão passados 500 veículos:

$$n.^{\circ} \text{ veic.} = \frac{\text{volume} \times \text{tempo percurso}}{60'} = \frac{3000 \times 10'}{60'} = 500 \text{ veículos}$$

O tempo que a carreta leva para percorrer os 10 Km demonstra-se da seguinte forma:

$$\frac{L \text{ (dist.)}}{L \text{ (veloc.)}} = \frac{10 \text{ Km}}{10 \text{ Km/h}} = 1 \text{ de hora} \cdot ' \cdot 1 \times 60' = 60 \text{ minutos}$$

A diferença para percorrer os 10 Km entre o carro e a carreta será de 50 minutos.

Com a entrada da carreta na via, a capacidade foi reduzida para 2000 veículos, pois a mesma ocupa duas faixas e neste tempo só poderão passar 33,33 veic./min. (12000 veic./h : 60').

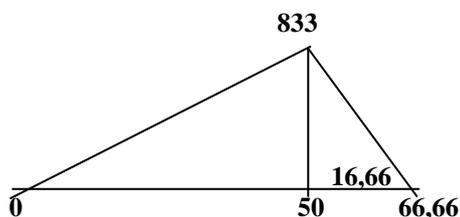
Efetuada-se a diferença para os 2.500 veículos que deverão passar, têm-se 833 veículos represados (2.500 veic./h - 1666 veic./h).

Após a carreta ter passado, para descongestionar esta via, necessitam-se de mais 16,66 minutos, pois será utilizada a capacidade total:

- 050 veículos passam em 01 minuto;
- 833 veículos passam em z hora . ' . = 16,66 veic./min.

O atraso é representado pela área do triângulo.

$$833 \times 66,66 = 27.763,89' : 462 \text{ horas}$$



2

O custo social deste congestionamento, usando o mesmo cálculo dos exemplos anteriores, é de Cr\$ 7.710.780,00 (462 h x 16.690,00), custo este, em 01 hora e 07 minutos do dia.

Arquiteto Luís Paulo Gião de Campos