

SP 05/12/80

NT 065/80

Custo Operacional dos Veículos Automotores**Eng.º Luís Carlos Alvim Coelho****Eng.º Luís Felipe Daud****Introdução**

Nos grandes centros urbanos as viagens realizadas pelos veículos automotores são freqüentemente interrompidas por paradas momentâneas, junto aos semáforos, em congestionamentos, ou ainda, no caso de coletivos, nos pontos de embarque e desembarque de passageiros.

Em razão dos constantes aumentos de preço sofridos pelos combustíveis e lubrificantes, tais paradas passaram a ter um custo operacional que não pode mais ser considerado desprezível. O presente trabalho tem como objetivo mostrar de que forma tais custos se compõem, considerando-se apenas as despesas operacionais dos veículos.

Os dados relativos a consumo foram tirados de bibliografia americana. Mas isto não deve ocasionar grandes diferenças no resultado final, visto que apesar dos veículos americanos possuírem, em média, um padrão diferente do veículo nacional, tal diferença é neutralizada, pelo menos em parte, pelo melhor rendimento da gasolina americana devido ao seu maior número de octanas.

Quanto aos veículos comerciais que consomem óleo diesel, as diferenças podem ser consideradas desprezíveis, uma vez que tais veículos têm características mecânicas semelhantes nos dois países em questão. Vale dizer que a idéia original era de se apresentar este trabalho com dados tirados da realidade nacional, mas devido ao difícil acesso aos dados obtidos pelas montadoras de veículos e à inexistência deles nos arquivos da revista Quatro Rodas, isto não foi possível.

Após esse pequeno intróito, passemos à análise dos custos devidos à interrupção das viagens dos veículos. Tais custos serão classificados de duas formas:

Custo do Veículo Parado (C.V.P.)

É o custo para manter em funcionamento os motores em marcha lenta. Ocorre na espera do direito de passagem junto aos semáforos, em congestionamento, ou ainda, no caso de coletivos, nas diversas paradas obrigatórias nos pontos de embarque e desembarque de passageiros.

O custo de veículo parado, com o motor em marcha lenta, é composto da seguinte forma:

$$C.V.P. = \frac{K' \times A \times C \times T}{3600}$$

onde

K' fator de correção determinado experimentalmente, levando em conta os gastos com óleo lubrificante, manutenção e depreciação do veículo.

A consumo do veículo em marcha lenta, em l/h

C custo do combustível, em Cr\$/l

T tempo parado, em segundos
 Os valores de K' e A são fornecidos na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1: valores de A e K'

Tipo de Veículo	A (1/h)	K'
Automóvel	1,40 (gasolina)	1,36
Veículos Comerciais (Caminhões + ônibus)	1,51 (óleo diesel)	3,07

Custo do Veículo em Reciclagem (C.V.C)

É o custo gerado pelo veículo a partir do momento em que passa a desacelerar, em virtude da necessidade de se parar o carro junto a um semáforo ou congestionamento adiante, mais o custo gerado até o instante em que o veículo retoma a velocidade que tinha antes de iniciar a desaceleração. Não é levado em consideração o custo do veículo pelo tempo que ficou parado após a desaceleração. Este custo é o do item anterior.

O consumo do veículo em ciclagem é determinado experimentalmente em função das velocidades antes da ciclagem, de acordo com os valores constantes na tabela 2 abaixo.

O custo do veículo em ciclagem é calculado da seguinte forma:

$$C.V.C. = K'' \times B \times C$$

Onde

- K'' ... vale a mesma consideração feita para K'
- B consumo de veículo por ciclo, em 1 ciclo
- C custo do combustível, em Cr\$/l

Tabela 2: Valores de B e K'

Velocidade de Ciclagem (Km/h)	Automóveis	Veículos Comerciais
20	0,007	0,041
30	0,015	0,090
40	0,023	0,141
50	0,032	0,195
60	0,041	0,251
---	K' = 1,50	K'' = 3,40

Para que se tenha uma ordem de grandeza do custo de operação dos veículos automotores junto a semáforos e congestionamentos, serão apresentados a seguir uns exemplos.

Exemplo 1:

Consideramos que um veículo perca diariamente cerca de 7 minutos (420 seg.) em semáforos e congestionamentos, durante seu trajeto. Admitindo que a velocidade de aproximação de tais veículos seja de 50 Km/h e o custo dos combustíveis seja Cr\$ 51,00 por litro de gasolina e Cr\$ 20,00 por litro de óleo diesel, temos separadamente para automóveis comerciais o seguinte:

Automóveis

$$(C.V.P.) a = K' \times A \times C \times T = \frac{1,36 \times 1,40 \times 51,00 \times 420}{3600} = \text{Cr\$ } 11,33/\text{dia}$$

$$(C.V.P.) a = K' \times B \times C = 1,50 \times 0,032 \times 51,00 = \text{Cr\$ } 2,45/\text{ciclo}$$

Veículos Comerciais

$$(C.V.P.) c = K' \times A \times C \times T = \frac{3,07 \times 1,51 \times 21,00 \times 420}{3600} = \text{Cr\$ } 10,82/\text{dia}$$

$$(C.V.C.) c = K'' \times B \times C = 3,40 \times 0,195 \times 20,00 = \text{Cr\$ } 13,26/\text{ciclo}$$

Considerando-se que 85% da frota seja composta por automóveis e os restantes 15% sejam veículos comerciais (ônibus + caminhões), poderemos avaliar os custos médios para o tráfego.

Custo Médio Veículo Parado (C.M.V.P)

$$C.M.P. = \% \text{ de automóveis} \times (C.V.P.) a + \text{veíc. comerciais} \times (C.V.P.)c$$

$$C.M.P. = 0,85 \times 11,33 + 0,15 \times 10,82 = \text{Cr\$ } 11,25/\text{dia}$$

Custo Médio Veículo em Ciclagem (C.M.C.)

$$C.M.C. = \% \text{ de automóveis} \times (C.V.C)a + \% \text{ veíc. Comerciais} \times (C.V.C)c$$

$$C.M.C. = 0,85 \times 2,45 + 0,15 \times 13,26 = \text{Cr\$ } 4,07/\text{ciclo}$$

Supondo agora que metade da frota de São Paulo, ou seja, aproximadamente 700 mil veículos sofram diariamente esses atrasos devidos a paradas em semáforos e congestionamentos, calculemos quais os custos diário de tais atrasos.

Custo de Operação Diário (COD) de 700 mil veículos que sofrem atrasos de 7 minutos por dia:

$$COD = n.^{\circ} \text{ de veículos} \times (CMP + CMC)$$

$$COD = 700 \text{ mil} \times (\text{Cr\$ } 11,25 + \text{Cr\$ } 4,07)$$

$$COD = \text{Cr\$ } 10.724.000,00/\text{dia}$$

Exemplo 2:

Ainda a título de ilustração, analisemos o custo anual de operação de uma interseção semaforizada com as características abaixo:

- a. Volume horário médio: 1600 veículos/hora
- b. 90% dos veículos são automóveis e 10 % ônibus + caminhões
- c. Volume válido para 16 horas diárias

- d. Velocidade de aproximação: 40 Km/h
- e. Atraso médio no semáforo: 20 segundos
- f. 80% do tráfego permanece pelo menos um ciclo junto ao semáforo, ou seja, apenas 20 % passa direto pela interseção.
- g. Características válidas para 300 dias por ano.

Custo do Veículo Parado (CVP)

$$CVP = \frac{K' \times A \times C \times T}{3600}$$

Automóveis

- K' = 1,36 (tabela 1)
- A = 1,40 (tabela 1)
- C = Cr\$ 51,00/1 (gasolina)
- T = 20 seg.

$$(CVP)_a = \frac{1,36 \times 1,40 \times 51,00 \times 20}{3600} = \text{Cr\$ } 0,52/ \text{ veículo}$$

Veículos Comerciais

- C' = 3,07 (tabela 1)
- A = 1,51 (tabela 1)
- C = Cr\$ 20,00/1 (óleo diesel)
- T = 20 seg.

$$(CVP)_c = \frac{3,07 \times 1,51 \times 20,00 \times 20}{3600} = \text{Cr\$ } 0,52/ \text{ veículos}$$

Custo de veículo em Ciclagem (CVC)

$$CVC = K'' \times B \times C$$

Automóveis

- K'' = 1,50 (tabela 2)
- B = 0,023 (tabela 2)
- C = Cr\$ 51,00/1 (gasolina)

$$(CVC)_a = 1,50 \times 0,023 \times 51,00 = \text{Cr\$ } 1,76/ \text{ veículos}$$

Veículos Comerciais

- K'' = 3,40 (tabela 2)
- B = 0,141 (tabela 2)
- C = Cr\$ 20,00/1 (óleo diesel)

$$(CVC)c = 3,40 \times 0,141 \times 20,00 = \text{Cr\$ } 9,60/\text{veículo}$$

Custo Médio Veículo Parado (CMVP)

$$\begin{aligned} \text{CMP} &= \% \text{ automóveis} \times (CVP)a + \% \text{ veículos comerciais} \times (CVP)c \\ \text{CMP} &= 0,90 \times 0,54 + 0,10 \times 0,52 = \text{Cr\$ } 0,54/\text{veículos} \end{aligned}$$

Custo Médio Veículo em Ciclagem (CMC)

$$\begin{aligned} \text{CMC} &= \% \text{ automóveis} \times (CVC)a + \% \text{ veículos comerciais} \times (CVC)c \\ \text{CMC} &= 0,90 \times 1,76 + 0,10 \times 9,60 = \text{Cr\$ } 2,54/\text{veículos} \end{aligned}$$

Custo Anual do Atraso na Interseção (CAA)

$\text{CAA} = (\text{n.º de dias/ano} \times \text{n.º de horas/dia} \times \text{fluxo/hora} \times \text{custo/veículos}) \times \% \text{ de veículos retidos}$

$$\begin{aligned} \text{CAA} &= 300 \times 16 \times 1600 \times (0,54 + 2,54) \times 0,80 \\ \text{CAA} &= \text{Cr\$ } 18.923.520,00/\text{ano} \end{aligned}$$

Deve ser lembrado que esse valor diz respeito apenas a uma interseção e que o presente cálculo só considera os custos de operação dos veículos.

Pelo que foi apresentado, pode-se ter uma idéia da importância da avaliação e melhoria do desempenho de interseções semaforizadas, tendo sempre como objetivo minimizar os atrasos dos veículos. Por exemplo, a simples diminuição do atraso total em 10% junto a interseções semaforizadas, que pode ser obtida por meio de uma simples regulagem, em virtude do montante de dinheiro desperdiçado, representa milhares de cruzeiros poupados anualmente, levando-se em consideração apenas o custo de operação do veículo e desprezando-se, portanto, o custo da hora do usuário.

É lógico que os atrasos dos veículos não ocorrem apenas frente aos semáforos, mas também junto aos congestionamentos, que são possíveis de ocorrer em qualquer ponto do sistema viário. Um pronto atendimento às interferências, ocasionais como acidentes, obras na pista ou mesmo veículos danificados, bem como uma constante avaliação, do desempenho do sistema viário e de sua sinalização trarão certamente uma melhoria sensível no seu desempenho e segurança, além de uma considerável diminuição no custo operacional dos veículos.

Bibliografia

Economic Analyses For Highway - Rohley Winfrey (1969)

Eng.º Luís Carlos Alvim Coelho - Estudos e Normatização

Eng.º Luís Felipe Daud - Get 1