

SP 01/07/92

NT 150/92

Custos de Sinalização

Núcleo de Estudos de Tráfego

1. Introdução

Neste trabalho procura-se quantificar as vantagens e desvantagens das diversas possibilidades ou alternativas de sinalização, para se recomendar a melhor opção em função da sua comparação traduzida a uma mesma variável, que é o custo.

Não abordaremos aqui detalhes da metodologia de análise de custos, mas apenas o recurso de sua aplicação.

O custo total de uma alternativa é expresso por:

$$Ct = Co + Cs \quad [1]$$

Ct = custo total

Co = Custo operacional

Cs = Custo social

O custo operacional representa todas as despesas que a Prefeitura tem ao decidir implantar uma alternativa.

O custo social representa todo ônus que a sociedade arca quando a alternativa é implantada.

O custo operacional pode ser calculado com relativa facilidade, já que a Prefeitura paga os salários ou compra serviços e materiais. E com métodos usuais de contabilidade de custos, chega-se a estimativas razoáveis de quanto custa um semáforo, uma lombada, um piscante, etc.

O custo social é representado pelos transtornos que a solução implantada vai causar em termos de atrasos, acidentes e incômodos aos usuários do sistema.

Freqüentemente, fala-se em benefícios sociais, que no caso do transporte urbano se resume a uma “solução de custos” em comparação com atrasos alternativos.

Os parâmetros mais usuais para se quantificar o benefício social são tempo, conforto e segurança.

- Chegar em casa em 15 minutos é melhor que chegar em 60 (tempo).

- Viajar sentado é melhor que viajar em pé (conforto).

- Chegar em casa inteiro é melhor que chegar quebrado, ou melhor, que não chegar (segurança).

Estes valores são transformados em equivalentes monetários somados, e escolhe-se a alternativa de menor custo total, pela fórmula 1.

Exemplo:

<u>Alternativa</u>	<u>Custo Operação</u>	<u>Custo Social</u>	<u>Custo Total</u>
Semáforo	10	20	30
Lombada	3	30	33
Piscante	4	25	29
Deixar como está	0	27	27

* Melhor alternativa: deixar como está.

2. Custo de Operação

Podemos simplificar a questão considerando 3 custos:

2.1. Custo de implantação

Envolve todo o esforço inicial de sair de uma situação inicial até transformá-la em outra. Além do custo de materiais e serviços de obra, ocorrem custos consideráveis de planejamento, projeto e sinalização.

Neste trabalho vamos considerar apenas os custos diretos de implantação.

2.2. Custo de Manutenção

Envolve custos de refazer ou repor periodicamente os componentes sujeitos a desgaste e recompor os componentes à medida que sofram defeitos ou que sejam danificados (acidentes e vandalismo).

2.3. Custo de Regulagem

Especificamente, no caso dos semáforos, os mesmos devem ser regulados periodicamente para se adaptar às mudanças de volume de tráfego.

2.4. Composição de custos

Enquanto o custo de implantação ocorre de uma só vez no início, os demais se distribuem pelo tempo. Para compor estes custos, usamos a fórmula do tipo:

$$C_o = C_i \cdot K_i + C_u + C_r \quad [2]$$

C_o = custo de operação/tempo (em geral base anual)

C_u = custo de manutenção/ tempo

C_r = custo de regulagem / tempo

C_i = custo inicial de implantação

K_i = coeficiente de conversão do valor inicial pelo valor/tempo

K_i = depende da duração do projeto e da taxa de juros geral adotada, j .

A fórmula de conversão é:

$$K_i = \frac{j}{1 - \frac{(1 - j)^n}{(1 + j)}} \quad [3]$$

j = taxa de juros

n = duração do projeto

No caso, adotando $j = 12\%$ ao ano e $n = 10$ anos, obtemos

$$K_i = \sim \frac{1}{6} = 0,167$$

A tabela abaixo indica o custo anual de algumas soluções alternativas, num conjunto padrão de 10 x 10 metros, com mão dupla nas duas aproximações.

Custos anuais (cruzamento 10 x 10 metros – mão dupla)

SOLUÇÃO	CONTROLADOR	IMPLANTAÇÃO (1/6 VALOR TOTAL)								MANUTENÇÃO	ENERGIA	REGULAGEM	TOTAL
		CONTRO- LADOR (1)	SEMAFO- RO	HORIZON- TAL	OBRA	SINAL- VERT.	TACHÃO	TOTAL					
SEMAFORO (2)	S 4	93	367	510				970	2 000	500	300	3 770	
	4 Planos	670	367	510				1 547	2 000	500	600	4 647	
	Semi-atuado	300	367	510				1 177	2 300	500	300	4 277	
	Atuado	1 000	367	510				1 877	3 000	500	100	5 477	
	SEMCO	3 000	367	510				3 877	3 000	500	900	8 277	
LOMBADA TIPO II (3)				140	190	40		370	160			530	
PISCANTE			180	150 (4)				330	600	200		1 130	
MINIRROTATORIA				440		80	80	600	700			1 300	
PARE VERTICAL			-	-		16		16	30			46	
PARE COM HORIZONTAL			-	70		16		86	100			186	

(1) - Com detector e rede de transmissão de dados, quando houver.

(2) - Com faixas de pedestres.

(3) - Uma lombada.

(4) - Só para a via secundária.

3. Custos Sociais

No estudo de implantação de semáforos e suas alternativas, os parâmetros mais importantes são atrasos e acidentes.

3.1 Atrasos

O tempo perdido pelos usuários costuma ser valorizado a 1/3 do salário. Para pessoas em atividades produtivas, o valor é maior. Maiores atrasos implica, em mais consumo de combustível. Para o transporte coletivo, implica em frota maior e mais motoristas e cobradores. Atualmente, temos utilizado os seguintes fatores, que compõem a soma de todos os fatores.

Custo da hora perdida

Veículo	Custo (US\$)
Carro	4,0
Ônibus	60,0
Caminhão	12,0
Pedestres	1,6

Estes valores são estimativas para ajudar na escolha das alternativas. Com estes valores, tendo já recalculado as filas que cada alternativa causa, podemos calcular o custo anual.

VEÍCULO	Atraso p/ veículo (At)	Volume p/ hora (Pico) (V)	Fila (veic.x hora) F = At . V	Custo p/ veic./hora (US\$)	Custo tot./hora (US\$)
Autos	4	500	0,556	4	2,2

Ônibus	6	20	0,033	60	2,0
Caminhão	6	15	0,025	12	0,3
TOTAL		535	0,614		4,5

Obtido o custo por hora-pico, ou dispomos de um cálculo para as demais horas, ou usamos um equivalente para todo o dia, e em seguida calculamos um equivalente para um ano.

Exemplo:

3.000 horas equivalentes por ano:

Custo social: $3.000 \times 4,5 = 13.500$ (US\$)

Comparando, neste exemplo simples de pequenos atrasos e pequenos volumes vemos que, ainda assim, os custos anuais e sociais de atrasos são bem maiores que os da operação, o que quer dizer que se houver diferenças grandes (alguns segundos) de fluidez entre soluções alternativas (no grupo das que estamos estudando), dificilmente a questão de custos de operação influenciará na escolha final.

3.2 Acidentes

No caso de acidentes em São Paulo, a previsão de benefícios ou custos de diferentes alternativas é bem mais difícil, duvidosa e imprecisa, pelos seguintes fatores:

1. Não dispomos de estatística por período extenso de anos.
2. As poucas estatísticas de que dispomos não dão detalhes sobre acidentes e não permitem aprofundar estudos comparativos.
3. Nunca estudamos mais a fundo a relação entre soluções alternativas e índices de acidentes.
4. O assunto é em si mais difícil que fluidez, pois trata de exceção. Nem em países onde há estatísticas e estudos mais profundos se chegou a resultados e métodos de previsão significativos.

Contornadas estas dificuldades e obtida a previsão do número de acidentes, o custo social de acidentes se exprime por:

$$Ca = \sum Ci \cdot ni$$

i = tipo de acidente

Ci = custo do acidente

ni = número previstos de acidentes i

Ca = custo social de acidentes

Em São Paulo, temos estatísticas de 3 tipos:

Tipo de acidente	Custo Social (US\$)	
	P/ acidente registrado	Total
sem vítima	800	2.000
com vítima	6.000	8.000
atropelam.	9.000	12.000

Na coluna **total** está computada uma estimativa de acidentes não registrados e de mortes não registradas como atropelamentos.

Eng° Pedro Szazs (NET)

Coordenação Geral:

Eng° Mauro Vincenzo Mazzamati (NET)