

SP 15/12/78

NT 028/78

Impacto de Investimentos no Sistema Viário - Metodologia de Avaliação

Eng.º Arnaldo Rabelo de Aguiar Vallim Filho

Introdução

A avaliação de qualquer atividade leva à correção de eventuais distorções, possibilitando aprimoramentos que são geralmente, necessários.

Assim, a avaliação de impactos causados por investimentos no sistema viário é passo fundamental para a verificação da importância relativa dos investimentos, servindo como subsídio para a viabilização de investimentos futuros.

O principal obstáculo para estudos deste tipo reside na dificuldade de se medir os impactos a curto, médio e longo prazo, já que após a implantação de um determinado projeto pode surgir uma série muito grande de impactos.

Esta dificuldade cresce à medida que, com o passar do tempo, surgem outras variáveis que interferem no impacto inicial do investimento, tornando quase que impraticável o isolamento dos efeitos de cada uma das variáveis envolvidas. Assim, deve-se ter preferência pelo estudo dos impactos primários (curto prazo), cujos efeitos são facilmente isoláveis e não sofrem grandes interferências de outras variáveis devido ao pequeno intervalo de tempo decorrido entre a implantação da obra e a medição do impacto. Uma metodologia para avaliação deste tipo de impacto é a que será apresentada a seguir, de forma sucinta, nesta Nota Técnica.

Rede Teste

A metodologia proposta neste trabalho baseia-se no estabelecimento de um modelo representativo do sistema viário contido na área de influência do investimento.

A geração desse modelo (rede-teste) é executada, inicialmente, definindo-se uma área provavelmente influenciada pelo investimento, definição esta, baseada na sensibilidade prática da equipe responsável pelo estudo.

Dentro dessa área estabelecem-se algumas rotas entre seus pontos notáveis, sendo que, o conjunto dessas rotas constituirá a rede-teste preliminar.

Nessa rede-teste preliminar são medidas as variáveis de controle (tempo de percurso e volume de tráfego) do impacto primário, em duas pesquisas - uma antes da obra entrar em operação e outra depois de sua implantação.

Após o término das pesquisas é feito um teste estatístico sobre a sensibilidade das variáveis analisadas, teste este que verifica se elas, realmente sofreram alterações.

Caso pelo menos uma variável tenha se modificado, considera-se que o segmento viário correspondente sofreu o impacto do investimento; em caso contrário, abandona-se aquela parte da rede.

Após a execução deste teste e a seleção dos trechos tem-se, então, o modelo definitivo para o estudo, a Rede-Teste.

Avaliação do Impacto

A quantificação do impacto na rede-teste é feita, inicialmente, através de dois indicadores que procuram relacionar as características do fluxo de tráfego de uma cidade. Para facilidade do trabalho, o estudo todo baseia-se em dados relativos a uma hora, como unidade de tempo base, expandindo-os ao final para proceder-se à avaliação global.

Indicadores

O primeiro é o Índice de Utilização (Iu) que representa a distância total percorrida por todos os veículos que utilizam o segmento viário considerado, na unidade de tempo adotada (Veículo x Km). O segundo, Índice de Permanência (Ip), representa o tempo total consumido por todos os veículos que trafegam no segmento viário, na unidade de tempo considerada (Veículo x h).

Estes índices podem ser expressos, de forma matemática por:

Iu - Volume de Tráfego* x Distância (1)

Ip - Volume de Tráfego* x Tempo de Percurso (2)

- Os fluxos de veículos utilizados nos cálculos referem-se ao volume equivalente, definido como sendo: V = V (auto) + 4 x V (ônibus) + 3 x V (caminhão).

Comparação - Antes x Depois

A variação entre os dois estados do sistema ("antes e depois") é quantificada relacionando-se os dois índices acima com o custo operacional do automóvel e custo do tempo dos ocupantes do veículo respectivamente, a fim de dar aos indicadores uma mesma unidade de medida.

Trabalha-se, de início, com os custos médios unitários, excluindo-se assim, a influência do volume total da rede-teste que geralmente varia entre as duas situações, "antes e depois".

Assim tem-se:

$$Ch^* = \frac{C}{v} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n Ip}{V} \quad (3)$$

e

$$Co^* = \frac{\sum_{i=1}^n Iu}{V} \cdot \frac{Co}{s} \quad (4)$$

*Observar que:

$C \sum_{i=1}^n Ip$ representa a somatória dos custos horários na rede-teste, analogamente para:

$\sum_{i=1}^n Iu \cdot Co$, que representa a somatória dos custos operacionais.

Onde:

Ch_v = custo horário médio por veículo na rede-teste.

C_t = valor do tempo distendido para a efetivação do transporte dos ocupantes de um automóvel genérico.

V = volume total no sistema rede-teste.

C_{ov} = custo operacional médio por veículo na rede-teste.

C_o = custo operacional de um automóvel genérico.

i = segmento viário em consideração.

Para a comparação entre as situações "antes e depois" calcula-se as variações de custo por veículo, que serão:

$\Delta C_{ov} = C_{ovd} - C_{ova} \quad (5)$
$\Delta C_h = C_{hd} - C_{ha} \quad (6)$

Onde os índices a e d representam "antes e depois" respectivamente:

A variação total de custo por veículo (ΔC_v) da situação "depois" relativa à situação "antes" é obtida somando-se duas últimas expressões:

$\Delta C_v = \Delta C_{ov} + \Delta C_h \quad (7)$

Para o cálculo da variação total da somatória dos custos na rede-teste, multiplica-se este último resultado pelo número total de veículos presentes no sistema na situação "depois" (situação atual).

Assim, tem-se para o presente caso:

$\Delta C = \Delta C_v \cdot V_{sd} \quad (8)$
--

Sendo:

ΔC = variação total da somatória dos custos na rede-teste, no período de tempo considerado.

V_{sd} = volume de tráfego na rede-teste, na situação "depois".

Como esta variação total da somatória dos custos na rede-teste é um resultado válido para o período de uma hora, ela deve ser expandida para um valor diário. Isto é feito através de fatores de expansão obtidos da análise da flutuação diária dos volumes de tráfego na área de influência do projeto.

Tempo de Retorno do Capital Investido

Após a obtenção da variação diária da somatória dos custos, na rede-teste (utilizando-se fatores de expansão) é possível o cálculo de outro importante indicador, que é o tempo de retorno do capital investido - Tr. Este último pode ser obtido através de :

$$Tr = \frac{\sum_{p=1}^N (F_{e,p} \cdot \Delta C_p) - C_m}{C_i} \quad (9)$$

Sendo:

C_i = capital investido na obra

F_e = fator de expansão

C_m = custo de manutenção da obra

p^* = período de pesquisa

* No caso de terem sido pesquisados alguns períodos do dia, calcula-se um fator de expansão e uma variação total da somatória dos custos para cada período pesquisado.

Determinação dos Indicadores

De acordo com a metodologia apresentada, são necessários, basicamente, quatro tipos de dados: distâncias, tempos de percurso, volumes de tráfego e custos, bem como suas variações.

As distâncias podem ser obtidas, com facilidade, em mapas da região e os custos, através de trabalhos específicos, já que este não é o objetivo principal deste estudo.

Quanto aos volumes de tráfego e tempos de percurso, estes devem ser levantados em pesquisas de campo, onde podem ser considerados três períodos típicos: os picos da manhã, da tarde e um período representativo das horas do entre-pico.

Um método prático e econômico para o levantamento de tempos de percurso é o do veículo em movimento, onde um "carro-teste" percorre uma rota pré-definida com a mesma velocidade do tráfego, anotando o horário de passagem em locais pré-determinados - pontos de controle. O trajeto entre dois pontos consecutivos de controle, caracteriza um trecho de velocidade.

Para a coleta de dados sobre o fluxo de veículos é associado, a cada trecho de velocidade, um posto de contagem classificada de veículos, onde um pesquisador com o auxílio de contadores mecânicos e formulário apropriado, faz a contagem dos veículos que passam naquela secção de via, durante os períodos considerados, classificando-os em autos, caminhões e ônibus.

Tanto para tempos de percurso como para volumes de tráfego, deve haver um número mínimo de observações a serem feitas a fim de que seja respeitado o nível de precisão desejado. Com este fim, são executados cálculos estatísticos para o dimensionamento das amostras necessárias.

Aplicação Prática - Viaduto Ary Torres

A metodologia aqui exposta teve a oportunidade de ser testada por ocasião da implantação do "Viaduto Ary Torres", em São Paulo. Este viaduto foi inaugurado a 16 de abril de 1978 e faz a ligação da Av. das Nações Unidas (marginal esquerda do rio Pinheiros) com a Av. dos Bandeirantes, com o sentido de tráfego da Av. Marginal para o aeroporto de Congonhas.

Conforme o método apresentado, foi determinada uma área de influência do viaduto e, dentro dessa área, foram estabelecidas sete rotas.

Nessas rotas foram executadas as pesquisas "antes e depois", onde foram feitas observações dos tempos de percurso e volumes de tráfego, para cada um dos trechos indicados no mapa.

Foram considerados, para efeito de pesquisa, três períodos típicos: pico da manhã (07h00 às 10h00), pico da tarde (17h00 às 20h00) e um período representativo das horas de entre-pico (15h00 às 17h00).

Em cada rota foram executadas, em média, nove observações/trecho/sentido/período, com exceção das rotas 5 e 6, nas quais foi executada apenas uma observação/trecho/sentido/período.

Esses números de observações foram dimensionados segundo métodos estatísticos, para um nível de confiança de 90% e um erro de 20% em relação à média.

As rotas, consideradas conjuntamente, resultam em 62,5 Km pesquisados.

Resultados Obtidos

Todos os resultados referem-se à hora de maior volume de cada período pesquisado, para cada trecho de velocidade.

Em seguida, foram determinados os totais de cada indicador, conforme apresentados na tabela anexa.

Com base nesses dados calculou-se a variação total de custo na rede, a partir da expressão (8), obtendo-se:

- Pico da Manhã

$$\Delta C = 1,67 \times 11898 = \text{CR\$ } 19.869,00/\text{hora}$$

- Fora de Pico

$$\Delta C = 0,42 \times 9419 = \text{CR\$ } 3.956,00/\text{hora}$$

- Pico da Tarde

$$\Delta C = 2,03 \times 10788 = \text{CR\$ } 21.899,00/\text{hora}$$

Utilizando-se os fatores de expansão* obtidos da flutuação volumétrica diária da área de influência, determinou-se a variação diária de custo na rede-teste através de :

$$\Delta C_{\text{Diário}} = \frac{19.869,00}{0,336} + \frac{3.956,00}{0,140} + \frac{21.899,00}{0,354}$$

$$\Delta C_{\text{Diário}} = \text{CR\$ } 149.253,50$$

- Fonte: Linha de Aferição - Pesquisa O/D - 77

Este último resultado possibilita, então, o cálculo do tempo de retorno do investimento através da expressão (9), sendo que, neste caso, o custo de manutenção é desprezível face aos demais valores - cerca de CR\$ 25.000,00/ano (*) ou CR\$ 68,00/dia.

Como o custo de investimento foi de cerca de CR\$ 52.130.520,00 (*), obtém-se:

$$T_r = \frac{52.130.520,00}{149.253,50} = 349,28 \text{ dias úteis}$$

Impacto de Implantação do Viaduto Ary Torres
Variação dos Indicadores

Indicadores de Impacto	Pico da Manhã (07h00 - 10h00)			Fora de Pico (15h00 - 17h00)			Pico da Tarde (17h00 - 20h00)		
	Antes	Depois	Var. Percentual	Antes	Depois	Var. Percentual	Antes	Depois	Var. Percentual
Índice de Utilização (veículo x Km/h)	164.219,80	167.535,10	+ 2,0	142.700,90	145.444,20	+ 1,9	165.649,40	174.271,20	+ 5,2
Índice de Permanência (veículos x h/h)	4.738,40	4.268,50	- 9,9	3.837,10	3.826,30	- 0,3	5.074,00	4.869,30	- 4,0
Custo Horário (Cr\$/h)	115.616,90	104.151,40	- 9,9	93.625,20	93.361,70	- 0,3	123.805,60	118.810,90	- 4,0
Custo Operacional (Cr\$/h)	127.028,20	123.974,60	- 2,4	105.807,10	110.312,30	+ 4,2	131.248,30	134.403,80	- 2,4
Volume Total (veículo/h)	11658	11898	+ 2,1	9060	9419	+ 4,0	10037	10788	+7,5
Custo Horário Por Veículo (Cr\$/Veículo)	9,92	8,75	- 11,8	10,33	9,91	- 4,0	12,33	11,00	- 10,8
Custo Operacional Por Veículo (Cr\$/veículo)	10,90	10,40	- 4,6	11,70	11,70	0,0	13,10	12,40	- 5,3
Custo Total Por Veículo (Cr\$/veículo)	20,82	19,15	- 8,0	22,03	21,51	- 1,9	25,43	23,40	- 8,0
Velocidade (Km/h)	34,70	39,20	+ 12,9	37,20	38,00	+ 2,1	32,60	35,8	+ 9,8

Fonte: CET/GPL

Referências Bibliográficas

Cia de Engenharia de Tráfego
Impacto de Investimentos no Sistema Viário -
Metodologia de Avaliação, São Paulo, 1978.

Arnaldo Rabello de Aguiar Vallim Filho
Analista Técnico Júnior - DET/GPL