



Anel Rodoviário: tráfego alto com muitas interferências entre o urbano e o de longa distância

Anel Rodoviário de Belo Horizonte

OTIMIZAÇÃO DO PROJETO ATRAVÉS DE ESTUDO DA ENGENHARIA E ANÁLISE DE VALOR

Marcos Augusto Jabor
Roger Gama Veloso

1 – APRESENTAÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo mostrar a otimização alcançada através do Estudo de Engenharia e Análise de Valor (EV) no projeto de engenharia (Restauração e Melhoramento) do Anel Rodoviário de Belo Horizonte, realizado por uma equipe multidisciplinar composta por nove profissionais, consultores nas áreas de Geometria, Drenagem, Meio Ambiente, Pavimentação, Tráfego e Composição de Custos.

A utilização da Engenharia e Análise de Valor é capaz de agregar valor ao projeto através da proposição

de soluções alternativas, tendo como resultado a manutenção da qualidade original associada à redução do custo para a implantação do projeto.

O Anel Rodoviário hoje está inserido dentro da área urbana de Belo Horizonte com VMD > 60.000 veículos, com muitas interferências entre o tráfego urbano e o de longa distância, gerando conflitos e, conseqüentemente, acidentes.

Na análise deste projeto, através do estudo de EV, levaram-se em consideração fatores que normalmente não são abordados em outras metodologias, dos quais citaremos os

que consideramos mais importantes, por terem como objetivo obter soluções para:

- redução dos acidentes;
- proporcionar o menor número de intervenções de manutenção na pista e pavimento;
- possibilitar uma maior rapidez de execução.

2. ENGENHARIA OU ANÁLISE DE VALOR - DEFINIÇÃO

"Um método estruturado que determina as funções essenciais de um projeto ou sistema, identificando nos projetos aqueles componentes

que adicionam custos desnecessários ou desproporcionais, com o objetivo de reduzi-los ou, mesmo, suprimi-los, sem, contudo, prejudicar a qualidade, confiabilidade, segurança e/ou vida útil do projeto analisado*

2.1 Objetivo do Estudo da Engenharia de Valor

"Estabelecer um equilíbrio de rendimento, qualidade e funcionalidade do projeto, ao mais baixo custo de construção, operação e manutenção".

2.2 Conceito de Valor

$$\text{VALOR} = \frac{\text{DESEMPENHO}}{\text{CUSTO}}$$

3 - PLANO DE TRABALHO

Este procedimento é fundamental para o sucesso da EV e é organizado em oito fases que formam o Plano de Trabalho:

- Preparação
- Informação
- Análise de Funções
- Criação
- Avaliação
- Desenvolvimento
- Apresentação
- Implementação.

Para se obter a avaliação do desempenho do Anel Rodoviário, elaborou-se a Matriz de Critério de Desempenho, onde se determinaram, através de consenso entre os membros da equipe, os principais critérios de desempenho que nortearam o estudo, bem como seus respectivos pesos, com ênfase para a segurança do usuário e a segurança dos pedestres, como pode ser observado no Quadro 1.

4. CONCLUSÃO

Na Fase de Informação, procedeu-se ao estudo do projeto elaborado pela projetista, realizando-se a visita de campo, onde foi constatado que a questão de segurança é um aspecto crítico para a avaliação do desempenho do empreendimento, dadas as seguintes características: alto volume de tráfego (VMD>60.000 veículos), conflito entre o tráfego de longa distância com o de curta

Quadro 1

MATRIZ DE CRITÉRIO DE DESEMPENHO – ANEL RODOVIÁRIO DE BELO HORIZONTE									
	A - Conforto	B - Construtibilidade	C - Manutenção	D - Capacidade	E - Segurança de veículos	F - Segurança de pedestres	G - Acessibilidade	H - Operação	TOTAL
Conforto				D	E	F	G	A/H	0,5
Construtibilidade			B/C	B/D	E	F	G	B/H	2,5
Manutenção				D	E	F	C/G	C/H	2,5
Capacidade					E	F	D/G	D	4,0
Segurança de veículos						E/F	E	E	5,5
Segurança de pedestres							F	F	5,5
Acessibilidade								G	4,0
Operação									1,5
									28,0
									100

Igual importância

A/B

Maior importância

A

Condições de trafegabilidade com qualidade visual, de informação e de rolamento

Facilidade de construção com menor impacto sobre o meio sócio-econômico e ambiental

Frequência, intensidade e complexidade de intervenções de manutenção na via ao longo da vida útil

Capacidade de trafegabilidade com fluidez

Condições técnicas de trafegabilidade da via para eliminação do risco de acidentes

Condições de proteção do pedestre no entorno da via

Condições de ingresso / saída, de transposição e travessia do tráfego

Condições de intervenção na via para assegurar a trafegabilidade

Quadro 2

QUADRO RESUMO DE VALOR – ANEL RODOVIÁRIO DE BELO HORIZONTE										
Critério	Overall Performance	Desempenho total (D)	Custo Inicial R\$	Economia Inicial		Custo Total (C)	Valor (D/C)	% Melhoria de Valor	Economia Total	
				R\$	%				R\$	%
Não construir: manter as condições existentes		342,6								
Original		526,7	92.592.572,38			11.702.237.929,80	4,50			
Alternativas										
SC-02 (Substituir massa fina por tratamento superficial duplo com polímero).		535,6	90.919.964,36	-1.762.608,02	-1,81	11.699.068.023,42	4,58	1,72	-3.169.906,38	-0,03
AS-19 (Redefinir geometria das agulhas).		545,4	93.927.500,86	1.334.928,48	1,44	11.686.932.125,58	4,67	3,7	-15.305.804,22	-0,13
DF-12 (Reestudar interseção de Sabará – eliminar conflitos)		545,4	93.701.846,03	1.109.273,65	1,2	11.686.706.470,75	4,67	3,7	-15.531.459,05	-0,13
DF-16 (Preferência p/fluxo do anel nas saídas p/vias marginais)		545,4	92.675.036,38	82.464,00	0,09	11.685.679.661,10	4,67	3,71	-16.558.268,70	-0,14
DF-28 (Eliminar entrelaçamentos críticos de tráfego)		538,3	93.179.890,38	587.318,00	0,63	11.686.184.515,10	4,61	2,34	-16.053.414,70	-0,14
DF-29 (Eliminar conflito est.35 (anterior à igualdade))		529	92.592.572,38	0	0	11.698.909.783,26	4,52	0,47	-3.328.146,54	-0,03
AC-04 (Reduzir o número de "agulhas")		532,9	92.328.350,38	-264.222,00	-0,29	11.685.248.009,23	4,56	1,33	-16.989.920,57	-0,15
AS-28 (Radares imaginários)		584,7	92.826.146,35	233.573,97	0,25	11.643.011.007,76	5,02	11,59	-59.226.922,04	-0,51
A-59 (Textura de pavimento diferente nas agulhas)		540,1	92.583.719,81	-8.852,57	-0,01	11.685.588.344,53	4,62	2,69	-16.649.585,27	-0,14
SC-04 (Prever massa asfáltica p/correção de deformações do pavimento)		539,2	92.878.192,10	285.619,72	0,31	11.701.026.251,16	4,61	2,38	-1.211.678,64	-0,01
OT-01 (Estudar uso de PVC helicoidal no sistema de drenagem)		528,4	92.554.490,38	-38.082,00	-0,04	11.702.199.847,80	4,52	0,34	-38.082,00	0
OT-02 (Estudar o uso de "túnel linner")		531,6	92.711.462,48	118.890,10	0,13	11.699.028.673,36	4,54	0,97	-3.209.256,44	-0,03
AD-01 (Aumentar número de passarelas)		589,5	96.918.572,38	4.326.000,00	4,67	11.673.893.316,40	5,05	12,21	-28.344.613,40	-0,24
AS-06 (Implantação de refúgios)		542,1	93.678.042,72	1.085.470,34	1,17	11.696.748.185,65	4,63	2,98	-5.489.744,15	-0,05
AS-09 (Aumentar altura da New Jersey)		585	96.565.884,13	39.733.311,75	4,29	11.673.287.733,40	5,01	11,35	-28.250.196,37	-0,25
AS-23 (Complementar marginais)		538,8	92.951.419,85	358.847,47	0,39	11.699.295.434,63	4,61	2,33	-2.942.495,17	-0,03
A-43 (Prolongar duplicação para além da passarela)		552,4	95.633.940,66	3.041.368,28	3,28	11.686.034.135,65	4,73	5,03	-16.203.794,15	-0,14
AS-50 (Reconstruir barreiras na altera correta)		529,4	95.216.086,28	2.623.513,90	2,83	11.688.220.711,02	4,53	0,64	-14.017.218,78	-0,12
AS-63 ("Whitotopping ou pavimento rígido tradicional)		568,2	96.566.685,36	3.974.112,98	4,29	7.765.963.377,71	7,32	62,57	-3.936.274.552,09	-33,64
DF-27 (Eliminar estrangulamento da marginal esquerda est. 418 (erosão do aterro)).		531,6	92.730.345,58	137.773,20	0,15	11.699.047.556,46	4,54	0,97	-3.190.373,34	-0,03
AS-75 (Colocar gradil sobre barreiras próximo às passarelas)		577,7	92.834.572,38	242.000,00	0,26	11.676.675.938,72	4,95	9,93	-25.561.993,08	-0,22
SC-09 (Dimensionar pav. das marginais para suportar tráfego desviado durante obra)		532,5	93.599.924,78	1.007.352,40	1,09	11.699.302.990,77	4,55	1,14	-2.934.939,03	-0,03
SC-17 (Dimensionar pavimento com carga real)		542	98.092.802,06	5.500.229,68	5,94	11.699.034.716,79	4,63	2,94	-3.203.213,01	-0,03

Quadro 3

QUADRO RESUMO DE VALOR – ANEL RODOVIÁRIO DE BELO HORIZONTE										
Critério	Overall Performance	Desempenho total (D)	Custo Inicial R\$	Economia Inicial		Custo Total (C)	Valor (D/C)	%Melhoria de Valor	Economia Total	
				R\$	%				R\$	%
Não construir: manter as condições existentes										
Original										
Blocos Alternativos										
Bloco 01 – Pavimento rígido (AS-63+AS-59+SC-09+AS-50)		588.4	100,188,699.09	7,596,126.71	8.2	7,732,975,779.50	7.61	69.07	-3,969,262,150.30	-33.92
Bloco 01 – Pavimento flexível (SC-17+SC-02+SC-04+AS-59+SC-09+AS-50)		570.2	100,327,827.49	7,735,255.11	8.35	11,663,498,731.87	4.89	8.63	-38,739,197.93	-0.33
Bloco 03 – Segurança de Pedestres (AS-01+AS-09)		650.2	100,891,884.13	8,299,311.75	8.96	11,643,967,658.98	5.58	24.08	-58,270,270.82	-0.5
Bloco 04 – Segurança de Veículos (AC-04+AS-05+AS-19+AS-23+AS-28+AS-53+DF16)		660.6	95,319,633.03	2,727,060.65	2.95	11,579,091,053.99	5.71	26.77	-123,146,875.81	-1.05
Bloco 05 – Eliminação conflitos (DF-12+DF-27+DF-28+DF-29+OT-01+OT02-AS43)		603.9	96,576,045.81	3,983,473.43	4.3	11,643,443,621.35	5.19	15.25	-58,794,308.45	-0.5
Bloco 06 – Pav. Rígido com demais alternativas (BL-01+BL-03+BL-04+BL-05)		808.8	115,198,544.92	22,605,972.54	24.41	7,618,774,234.72	10.62	135.8	-4,083,463,695.08	-34.89
Bloco 07 – Pav. Flexível com demais alternativas (BL-02+BL-03+BL-04+BL-05)		786.5	115,337,673.32	22,745,100.94	24.6	11,552,625,333.62	6.81	51.27	149,612,596.18	-1.28

distância e tráfego de várias linhas de ônibus urbano com locais de parada sem nenhum controle.

Na Fase de Criação, cerca de 200 idéias foram geradas pela equipe, as quais foram consubstanciadas em 106 alternativas.

Durante a Fase de Avaliação, todas elas foram rankeadas e, posteriormente, 24 alternativas foram selecionadas para desenvolvimento, consideradas preliminarmente pela equipe como sendo as mais viáveis tecnicamente para implantação. Recomenda-se, ainda, que as demais alternativas que não foram escolhidas para desenvolvimento, sejam alvo de análise por parte dos técnicos envolvidos diretamente com a execução do empreendimento, para subsidiá-los com idéias e possíveis soluções que não foram contempladas no desenvolvimento das alternativas.

E, na Fase de Desenvolvimento, foram detalhados os cálculos necessários à análise das alternativas selecionadas.

Análise das Alternativas Individualmente

Todas as alternativas apresentaram melhoria de desempenho e redução do custo total durante a vida útil, como resultado da economia gerada pelos menores custos de manutenção (anuais e periódicos) e pela redução de custos anuais para usuários (acidentes, tempo de viagem e custos operacionais de veículos), que superaram o aumento do custo inicial de implantação da maioria das alternativas. Como consequência, observou-se uma melhoria do Índice de Valor em todas as alternativas.

Análise das Alternativas Agrupadas em Blocos

A fim de avaliar-se a melhoria conjunta das alternativas desenvolvidas, foi necessário agrupá-las em blocos de alternativas. Aquelas consideradas mutuamente excludentes foram as que indicavam soluções de pavimentação diferentes:

- AS-63 ("Whitetopping" ou pavimento rígido tradicional);
- SC-17 (dimensionar pavimento com carga real)
- SC-02 (substituir massa fina por tratamento superficial duplo com polímero)
- SC-04 (prever massa asfáltica para correção das deformações do pavimento).

Todas as outras alternativas puderam ser agrupadas sem conflito mútuo de concepção.

Assim, obedecendo-se à restrição acima, foi adotado o seguinte procedimento:

1. Primeiramente, foram agrupadas as alternativas que atendiam a funções específicas (tipo de pavimento, segurança de pedestres, segurança de veículos e eliminação de conflitos). Este arranjo, deu origem aos blocos BL-01, BL-02;

Pela análise do Quadro Resumo de Valor (Quadros 2 e 3), pode-se concluir que:

- O Bloco 01 foi formado pelo conjunto de alternativas com solução de pavimento rígido para pista principal, reconstrução da barreira central na altura correta, associado a intervenções em pavimento flexível para vias marginais. Apresentou um aumento do custo inicial de implantação de R\$7.596.126,71, com economia de custo total de R\$3.969.262.150,30 e melhoria de valor de 69,07%;
- O Bloco 02 foi formado pelo conjunto de alternativas com solução de pavimento flexível para pista principal, dimensionado com carga real, reconstrução da barreira central na altura correta, associado às demais intervenções necessárias em pavimento flexível. Apresentou um aumento do custo inicial de implantação de R\$7.735.255,11, com economia de custo total de R\$38.739.197,92 e melhoria de valor de 8,63%;

A diferença significativa desses blocos deve-se principalmente à redução dos custos operacionais dos



Engenharia e Análise de Valor: manutenção da qualidade original associada à redução do custo

veículos, de manutenção e de segurança da alternativa AS-63 ("Whitetopping" ou pavimento rígido tradicional). Esses custos foram obtidos através do software HDM-4, cuja aplicação é exigida em análises econômicas de investimento para financiamentos externos.

V - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANALISIS VALORATIVO – MANUAL DEL PARTICIPANTE. Federal Highway Administration (FHWA). 76p, 1998 (mimeo).
- JABÔR, Marcos A., VELOSO, Roger G. e DI LORENZO, Maria Alice. Gestão da Qualidade e seus Impactos na Conservação Rodoviária. VI

Encontro Nacional de Conservação Rodoviária – Salvador, Agosto 2001, 18p.

- VALUE ANALYSIS CONCEPTS MANUAL. State of California Department of Transportation (CALTRANS), 2000 (mimeo).
- VALUE ANALYSIS TEAM GUIDE. State of California Department of Transportation (CALTRANS), 2000 (mimeo).
- VELOSO, Roger G., JABÔR, Marcos A., Estudo de Engenharia de Valor do Aeroporto Regional da Zona da Mata. Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais - DER/MG, Agosto 2001, 109p.
- VELOSO, Roger G., JABÔR, Marcos A., Estudo de Engenharia de Valor na rodovia MG-301, trecho: Estrada Principal do Jaíba II. Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais - DER/MG, Agosto 2001, 122p.
- VELOSO, Roger G., JABÔR, Marcos A., Estudo de Engenharia de Valor na rodovia MG-338, trecho: Ibertioga - Piedade do Rio Grande. Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais - DER/MG, Fevereiro 2002, 102p.



Durante estudos, constatou-se que a segurança era um aspecto crítico para a avaliação do empreendimento

Os autores são engenheiros do DER/MG