

15ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

FÓRUM TÉCNICO

INVESTIMENTOS EM SISTEMAS METROFERROVIÁRIOS

UTILIZANDO ENGENHARIA E ANÁLISE DO VALOR

1. INTRODUÇÃO

Projetos de transporte em geral são complexos, exigem altos investimentos de infraestrutura, provocam impactos ambientais e, se em ambientes urbanos, interferem no dia a dia dos cidadãos. Com algumas exceções, se depararam com enormes dificuldades para manter os padrões de qualidade e segurança necessários à operação somente com as receitas provenientes das tarifas, extra-operacionais e subsídios do poder concedente. Para evitar a conseqüente degradação desses sistemas, tornam-se necessários, após alguns anos de operação, novos aportes de recursos para as recuperações de infraestrutura, sistemas fixos e material rodante, o que representa uma grande dificuldade para o setor público. Como se busca a maximização dos benefícios nessa categoria de projetos, a Engenharia do Valor se revelou uma poderosa ferramenta na busca de soluções que resolvam os problemas desses projetos, que mantenham ou incrementem sua qualidade, com menor custo, para atingir aquele objetivo.

O presente trabalho tem como objetivo, a partir do estudo dos conceitos, aplicações e propósitos da Engenharia e Análise do Valor em seus aspectos gerais, bem como das aplicações já realizadas no Brasil no setor de transporte rodoviário, relatar o estudo de caso realizado para um projeto de modernização do Sistema de Sinalização de um trecho do Trem Metropolitano do Recife.

2. A ENGENHARIA E ANÁLISE DO VALOR (EV / AV)

A Análise do Valor teve origem durante a Segunda Guerra Mundial como resultado da aplicação de conceitos desenvolvidos por Lawrence D. Miles na General Electric Company para substituir as matérias-primas nobres - níquel, cromo e platina – que

estavam destinadas quase que exclusivamente para uso das indústrias de material bélico. Aplicando técnicas por ele desenvolvidas, estudando um produto em termos de suas funções e não de peças ou componentes, foram percebidas, além da redução de custos, melhorias na qualidade e desempenho dos produtos analisados. Miles estendeu a aplicação desses conceitos para a concepção de um produto, com o intuito de substituir as soluções tradicionais por outras mais econômicas, surgindo então a denominação Engenharia do Valor.

A evolução dos conceitos de Miles estendeu o campo de aplicação dessa técnica e assim a Engenharia e Análise do Valor (EV / AV) passou a ser considerada como um processo sistemático de análise de um produto, projeto, sistema ou serviço, levando a SAVE- Society of American Value Engineers a propor a seguinte conceituação:

“É um processo sistemático de análise de um produto, projeto, sistema ou serviço sob a ótica das funções a que se destina, de maneira a estimular a busca de alternativas que cumpram estas funções com menores custos de investimento e operação”.

O embasamento da Metodologia do Valor (EV / AV) se constitui basicamente de quatro componentes: **Abordagem Funcional** - determinação da natureza essencial de cada uma das finalidades de um produto, projeto ou serviço; **Criatividade** - a concentração na análise das funções para facilitar a visualização de outras possibilidades de realizá-las; **Esforço Multidisciplinar** - reúne e confronta todos os conhecimentos especializados e habilidades disponíveis; **Reconhecimento e Contorno de Bloqueios** - é natural durante um processo de análise que ocorram reações para defesa de experiências consolidadas que devem ser identificadas e abordadas de modo eficaz.

De uma forma objetiva e simplificada, as etapas que constituem um plano de trabalho calcado nos componentes mencionados são: **Coleta e Análise de Informações; Análise Funcional; Geração de Idéias; Seleção de Idéias e Implementações.**

Para a EV / AV definem-se quatro tipos de valores econômicos: **Valor de Custo** - total de recursos medidos em dinheiro para produzir ou obter um produto ou serviço; **Valor de Uso** – medida monetária das propriedades que possibilitam o desempenho de uso ou trabalho de um produto ou serviço; **Valor de Estima** - medida monetária das propriedades ou atratividades que tornam desejável a aquisição de um produto ou serviço; **Valor de Troca** - medida monetária das propriedades ou qualidades de um produto ou serviço que possibilitam sua comercialização. Para a determinação do valor utiliza-se a seguinte relação: **Valor = Desempenho / Custo**.

3. A METODOLOGIA DO VALOR DO DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES DA CALIFÓRNIA – CALTRANS

Sob a supervisão da Federal Highway Administration – FHWA, o Caltrans mantém um programa permanente de EV / AV desde 1969, com enfoque principal nos Projetos de Construção de Rodovias, sendo que a Lei Federal (23 CFR Part 627), de 14 / 02 / 1997, exigiu o estabelecimento de um programa para assegurar que Estudos de EV / AV fossem realizados em todos os projetos de rodovias, com participação de fundos federais, cujos custos totais estimados fossem de US\$ 25 milhões ou mais.

O Plano de Trabalho desenvolvido ao longo dos últimos 30 anos e aplicado no Caltrans é dividido em três grandes fases: preparação, estudo e relatório final. Cada uma delas é dividida num conjunto de segmentos e atividades, sucintamente descritos a seguir.

Segmento 1: Informação da Equipe – Apresentação pelos projetistas; critérios de desempenho e visitas aos locais de implantação; **Análise das Funções** – Identificação das funções básicas e seus custos; **Criação de Idéias** – Geração da maior quantidade possível de idéias alternativas com a técnica “brainstorming”; **Avaliação de Idéias** – Avaliar e classificar todas as idéias ponderadas pelos critérios de desempenho.

Linha Sul e da Linha Centro na região de Recife. Outras situações que impactavam na eficiência operacional da Linha Centro eram: (a) dificuldade de aquisição de sobressalentes para o sistema de sinalização da Linha Centro, principalmente para os circuitos de via; (b) quantidade elevada de falhas de sinalização na Linha Centro, mormente nos circuitos de via (29 falhas por mês); (c) alto custo de manutenção corretiva dos bondes de impedância, juntas isolantes e suas implicações na via permanente; (d) necessidade de aumentar a capacidade de transporte no trecho Recife – Coqueiral, pela alta solicitação no pico da tarde partindo de Recife.

Motivado por esse conjunto de fatores e levando em conta que o Intertravamento CMT-Alstom tem capacidade de controlar extensões de via maiores e mais complexas, a CBTU decidiu estudar a viabilidade de estender o emprego dos Circuitos de Via AF, os mesmos empregados na Linha Sul, também de fornecimento Alstom, entre Recife e Coqueiral e, com isso, buscar resolver os problemas de capacidade de transporte, confiabilidade e manutenção de seu sistema de sinalização.

Seguindo as etapas da Metodologia do Caltrans, foram estabelecidos os critérios de avaliação e respectivos pesos, a análise funcional, assim como os custos totais para o Projeto Original (Sinalização da Região de Recife – Linha Centro) e Projeto Alternativo (Sinalização Recife – Barro). Os custos do Projeto Alternativo já refletiam todo o processo de geração e avaliação de ideias que resultaram em diminuição dos custos de implantação e manutenção.

MATRIZ DE CRITÉRIOS DE DESEMPENHO								CBTU-AC	
Projeto: Nova Sinalização do trecho Recife-Barro (STU-REC)								STU-REC	
Segurança Operacional	A	a	a	a	a	a	a	6,0	29 %
Eficiência Operacional	B	b	b	b	b	b	b	5,0	24 %
Confiabilidade	C	c	c	c	c	c	c	4,0	19 %
Facilidades de Manutenção	D	d	d	d	d	d	d	3,0	14 %
Facilidades de Implantação	E	e / f	g					0,5	2 %
Prazos de Implantação	F	g						0,5	2 %
Impactos Operacionais Durante a Implantação	G							2,0	10 %
TOTAIS								21,0	100 %

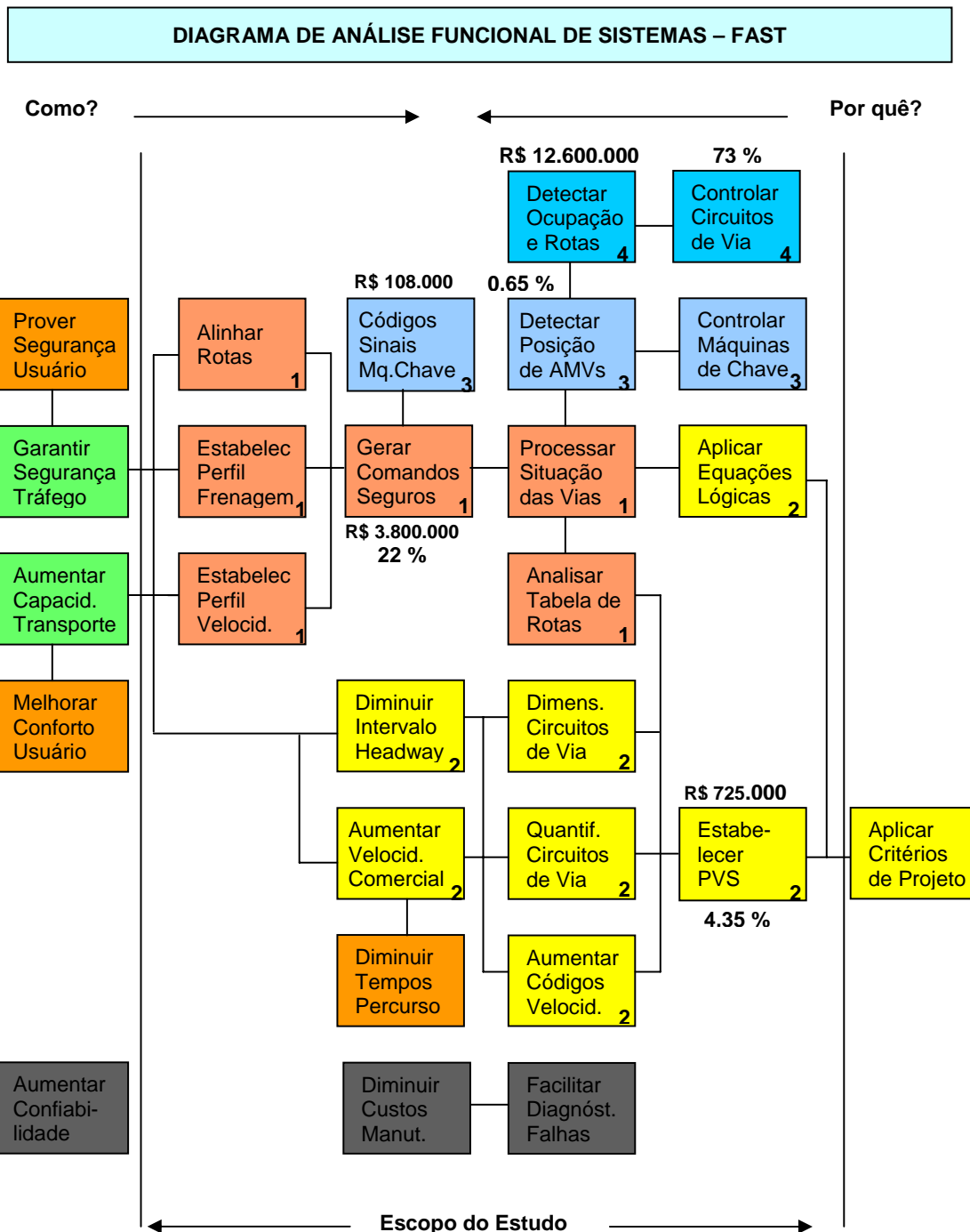


FIG 2: Diagrama FAST – Nova Sinalização Recife – Barro

Essa fase de crítica às soluções alternativas propostas aconteceu de forma consensual na equipe, com a projetista do sistema sendo consultada sobre a viabilidade técnica das soluções. As reavaliações de custo decorrentes das soluções alternativas foram todas feitas pela projetista, à exceção do custo de supervisão técnica da CBTU.

Como não houve soluções mutuamente exclusivas, as sete soluções alternativas desenvolvidas formaram o único conjunto para comparação com o projeto original. Na TAB 1 encontra-se o grupamento das soluções alternativas, com os respectivos custos de implantação e no ciclo de vida (Moeda de Dezembro de 2007), assim como a melhoria de desempenho segundo os critérios de avaliação escolhidos.

TAB 1: Grupamento das Soluções Alternativas de EV / AV

SUMÁRIO DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>			CBTU STU-REC
Número	Descrição	Ganhos Potenciais Construção <i>Ciclo de Vida</i>	Desempenho
1.0	Estender Intertravamento de Recife até o domínio de Werneck.	(R\$ 2.015.906) R\$ 374.599	+ 17,4 %
2.0	Empregar CDVs AF conforme novo PVS a ser elaborado de Recife a Barro.	(R\$ 7.202.800) R\$ 9.170.642	+ 32,8 %
3.0	Manter os atuais cabos de controle das máquinas de chave e sinais entre Recife e Barro.	R\$ 0 R\$ 0	+ 0 %
4.0	Construir uma nova rede de dutos (Kanadutos) para lançamento dos cabos, com dispensa da recomposição da camada de imprimação na faixa da abertura da vala de cabos.	(R\$ 914.572) R\$ 0	+ 2,3 %
5.0	Permitir os serviços de abertura de valas, assentamento de dutos e lançamento de cabos em período diurno com os cuidados necessários de segurança.	(R\$ 1.253.488) R\$ 0	+ 2 %
6.0	Eliminar o conceito de condutores reserva nos cabos de circuitos de via. Montar bobinas reservas com as sobras do lançamento.	Computados na Alternativa 2.0 R\$ 0	- 1,4 %
7.0	Emitir documentos estritamente relacionados ao escopo do projeto evitando a repetição de manuais de equipamentos comuns aos demais trechos.	(R\$ 108.292) R\$ 0	0 %
SUMÁRIO DOS CONJUNTOS DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE EV / AV			
Conjunto No	Descrição	Ganhos Potenciais Construção <i>Ciclo de Vida</i>	Ganhos em Desempenho e em Valor
1	Estender o domínio do Intertravamento de Recife até Werneck e empregar circuitos de via em audiofrequência até Barro: (1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 e 7.0)	(R\$ 11.495.058) \$9.545.241	Conforme Matriz de Graus de Desempenho TAB 3

Pela TAB 2 observa-se que, mesmo com a grande redução obtida nos custos de implantação, aliada aos baixos custos no ciclo de vida, ainda assim o custo total do Projeto Alternativo é 12,2 % maior que o do Projeto Original. Um enfoque meramente voltado ao aspecto econômico – financeiro poderia indicar a não viabilidade da implantação do Projeto Alternativo.

TAB 2 – Custos Totais – Projeto Original x Projeto Alternativo

CUSTOS NO CICLO DE VIDA <i>Sinalização Recife – Joana Bezerra</i>			CBTU STU-REC
Período do Ciclo de Vida: 20 anos Taxa de Desconto: 7,215 %		Original	Alternativo
A. CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO		R\$ 516.161	R\$ 12.429.817
Tempo de Serviço do Projeto Original: 20 anos			
B. CUSTOS ANUAIS SUBSEQÜENTES			
Equipes de Manutenção		R\$ 260.000	R\$ 130.000
Reposição de Componentes de Manutenção no Campo		R\$ 85.000	R\$ 55.250
Reposição de Componentes de Manutenção de Laboratório		R\$ 45.000	R\$ 25.000
Operação e Consumo de Energia		--x--	--x--
Custos Anuais Subseqüentes Totais		R\$ 390.000	R\$ 210.250
Fator do Valor Presente		10,42	10,42
Valor Presente dos Custos Anuais Subseqüentes		R\$ 4.063.800	R\$ 2.190.805
C. CUSTOS SUBSEQÜENTES PERIÓDICOS			
Circuitos de Via Reed			
Substituição de Fusíveis de Proteção		R\$ 26.400	R\$ 0
Reposição de Juntas Isolantes (Aquisição e Substituição)		R\$ 493.680	R\$ 0
Remoção de Colmatagem do Lastro		R\$ 147.300	R\$ 0
Manutenção dos Bondes de Impedância		R\$ 68.920	R\$ 0
Custos Subseqüentes Periódicos Totais		R\$ 736.300	R\$ 0
Fator do Valor Presente		10,42	10,42
Valor Presente dos Custos Subseqüentes Periódicos		R\$ 7.672.246	R\$ 0
D. TOTAL DOS CUSTOS SUBSEQÜENTES (B+C)			
Total dos Custos Subseqüentes:		R\$ 11.736.046	R\$ 2.190.805
E. CUSTOS ANUAIS DOS USUÁRIOS			
Atrasos e Supressão de Viagens		R\$ 91.177	R\$ 18.235
Tempo de Viagem		--x--	
Custos Anuais Totais dos Usuários		R\$ 91.177	R\$ 18.235
Fator do Valor Presente		10,42	10,42
Valor Presente Custos Anuais dos Usuários		R\$ 950.064	R\$ 190.009
F. TOTAL DOS CUSTOS			
Total dos Custos de Implantação (A)		R\$ 516.161	R\$ 12.429.817
Total dos Custos no Ciclo de Vida (D+E)		R\$ 12.686.110	R\$ 2.380.814
Total dos Custos: Implantação e Ciclo de Vida		R\$ 13.202.271	R\$ 14.810.631
Ganhos ou Economias			(R\$ 1.608.360)

Já a TAB 3 destaca um desempenho bem melhor do Projeto Alternativo, denotando que a um custo total 12,2 % superior implanta-se um projeto 35 % mais eficiente. Essa relação entre eficiência e custo fica patente nessa Tabela ao se verificar as relações de desempenho e custo para cada projeto: 45,08 para o original e 54,29 para o alternativo, com uma melhoria em valor de 20,43 % propiciada pelo Projeto Alternativo.

No que compete ao Estudo de Análise do Valor, recomenda-se a implantação desse Projeto Alternativo por proporcionar melhorias significativas na segurança, eficiência e

confiabilidade do Sistema de Sinalização e sua conseqüente contribuição para a melhoria operacional, embora apresente custos totais superiores ao Projeto Original.

Os propósitos de aumentar a capacidade de transporte com a garantia da segurança do tráfego, de aumentar as facilidades de manutenção e diminuir seus custos são atingidos.

TAB 3: Matriz dos Graus de Desempenho – Projeto Original x Projeto Alternativo

MATRIZ DOS GRAUS DE DESEMPENHO – PROJETO ALTERNATIVO												CBTU	
Nova Sinalização Recife – Barro												STU-REC	
Critérios	Pesos	Projeto	Graus de Desempenho										Desempenho Total
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Segurança Operacional	29	Original								7			203
		Alternativo									9		261
Eficiência Operacional	24	Original							6				144
		Alternativo									8		192
Confiabilidade	19	Original				4							76
		Alternativo									9		171
Facilidades de Manutenção	14	Original					5						70
		Alternativo									9		126
Facilidades de Implantação	2	Original						6					12
		Alternativo						6					12
Prazos de Implantação	2	Original					5						10
		Alternativo	1										2
Impactos Operacionais Implantação	10	Original									8		80
		Alternativo				4							40
Desempenho Total			Total de Pontos	% de Melhoria Desempenho		Custo Total em milhões	Índice Valor Desempenho / Custo		% Melhoria de Valor				
Projeto Original			595			R\$ 13,2	45,08						
Projeto Alternativo			804	35 %		R\$ 14,81	54,29				20,43 %		

5. CONCLUSÕES

Da mesma forma que no setor industrial, na área de transportes aplica-se a EV / AV cada vez mais na fase de planejamento e, particularmente nos projetos de transporte urbano, observa-se uma forte agregação da EV / AV aos projetos de urbanização,

conforme observados em alguns estudos das cidades de Ottawa e Ontário no Canadá, em New Britain e Hartford nos EUA e em Tilburg na Holanda.

Quanto à metodologia do CALTRANS, empregada nesse estudo de caso, as conclusões foram: (a) a metodologia revelou-se plenamente aplicável em todas as etapas do plano de trabalho do estudo de engenharia do valor; (b) a única adequação necessária, que era bem evidente, foi na adoção dos critérios de avaliação de desempenho e julgamento das idéias, pois tiveram que ser elaborados assim como estabelecidas as escalas de pontuação.

Quanto à experiência do estudo de caso, as conclusões são as seguintes: (a) um pouco facilitado pelo fato da equipe envolvida não ser considerada multidisciplinar, com 7 componentes ligados à sinalização ferroviária – projeto, implantação e manutenção, e um ligado à área operacional, a metodologia do CALTRANS, por ser estruturada e sistematizada, funcionou muito bem como facilitadora do trabalho em equipe; (b) outra constatação, pelo enfoque essencialmente funcional da metodologia, é que o empreendimento estudado foi realmente encarado como um meio para se atingir propósitos mais amplos; (c) apesar de, para a totalidade da equipe envolvida, ser a primeira experiência em análise do valor, a busca pelo cumprimento de todas as etapas e a elaboração de todos os documentos e tabelas recomendados na metodologia do CALTRANS, aliado ao grande conhecimento da equipe em sinalização ferroviária, compensaram essa inexperiência em EV / AV.

Como um resultado geral do estudo de caso, ficou o sentimento de segurança na equipe de recomendar a realização do empreendimento calcada numa análise de custos ampliada, não se restringindo aos custos de implantação, e com uma medida mais apurada dos benefícios para a operação e manutenção do sistema, mesmo com os custos totais do projeto alternativo superiores aos do projeto original a ser implantado.

6. BIBLIOGRAFIA

CALTRANS-CALIFORNIA (April 2003). **Value Analysis Team Guide** - 3. Edition. Disponível em <http://www.dot.ca.gov/hq/oppd/value/pdf/team-guide-3rd-rev-0803.pdf> (capturado em 21/10/2006).

CSILLAG, João Mário. **Análise do Valor** - 4.ed. - São Paulo: Ed. Atlas, 1995.

HUNTER, George C. (CALTRANS-CALIFORNIA). **8a. Semana da Tecnologia Metroviária**. São Paulo, Agosto de 2002.

MILES, Lawrence D. **Techniques of Value Analysis and Engineering**. New York: McGraw-Hill, 1961.

SAVE INTERNATIONAL. **Function Analysis Systems Technique – The Basics**. Disponível em http://www.value-eng.org/pdf_docs/monographs/FAbasics.pdf (capturado em 24/03/2007).