

ANÁLISE ECONÔMICA DO CUSTO DE CICLO DE VIDA PARA MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO EM RODOVIAS: UM ESTUDO DOS *SOFTWARES* E DO CATÁLOGO DE SOLUÇÕES CREMA-DNIT

Lucas Aguiar Feitosa

Francisco Heber Lacerda de Oliveira

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes
Universidade Federal do Ceará

RESUMO

A Análise do Custo de Ciclo de Vida (*Life Cycle Cost Analysis – LCCA*) é uma ferramenta de engenharia usada para facilitar a tomada de decisões de investimentos em gerenciamento de infraestruturas. Podendo ser aplicada na seleção de projetos e na avaliação de estratégias de manutenção, reabilitação ou reconstrução, as agências de transporte tem no LCCA um conjunto de técnicas fundamentais para a tomada de decisão em seus planos plurianuais de investimento em infraestrutura. Diante do exposto, este artigo analisa as práticas atuais do LCCA em agências de transporte em diversos países, aplicando simulação de um cenário em três diferentes *softwares*. Espera-se com o estudo entender as diferenças de abordagem, as premissas e as limitações com base nas práticas aplicadas pelo Catálogo de Soluções CREMA, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e, portanto, proporcionar auxílio na análise dos custos do ciclo de vida das infraestruturas rodoviárias.

1. PROPOSTA DA PESQUISA

A previsão de desempenho do pavimento e seus custos vêm sendo internacionalmente alvo de discussão na área de infraestrutura de transportes, por se tratar de uma linha de pesquisa que impacta, em termos econômicos, de empresas concessionárias a órgãos governamentais e suas políticas públicas.

Na última década, a Análise de Custo de Ciclo de Vida (*Life Cycle Cost Analysis – LCCA*) vem sendo uma metodologia frequente devido sua abordagem ampla, elencando os possíveis impactos de desempenho e custos que técnicas construtivas e de manutenção possam causar, ao longo prazo, em investimentos em gerenciamento de infraestrutura rodoviária. Com o uso de *softwares* que modelam técnico-economicamente o desempenho de pavimentos de maneira conjunta com dados de serviços de manutenção e reabilitação, podem ser desenvolvidas comparações entre cenários, avaliação hierárquica de indicadores e retificações regimes de intervenção existentes.

Considerando o exposto, este estudo em desenvolvimento propõe uma análise econômica do custo de ciclo de vida através de diferentes *softwares* existentes, a exemplo do HDM4, do LCCA e do RealCosts, aplicada a um contexto nacional via catálogo de soluções e o novo Sistema de Custos Rodoviários (SICRO) do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com DNER (1998), a utilização de diversos tipos de pavimentos evolui juntamente com as metodologias de dimensionamento, projeto e técnicas de construção. Entretanto, algo não mudou ao longo dos tempos: os pavimentos têm uma vida útil de projeto ou ciclo de vida. Geralmente, a classificação decresce quando compromete parâmetros de nível de serviço de aceitabilidade como conforto para o usuário, até nível limite para trafegabilidade onde a estrutura já perde sua capacidade de receber carregamento, podendo provocar maiores danos materiais aos veículos e ocasionar acidentes.

A partir do gráfico na Figura 1, pode-se notar que Walls e Smith (1998) representaram o decréscimo da condição de desempenho ou da serventia do pavimento é correlacionado com o desgaste devido ao tempo e o desgaste proporcionado pela passagem de veículos e deverá ser tratado através de alguma técnica de reabilitação que retome, da melhor maneira possível, o nível de serviço inicial.

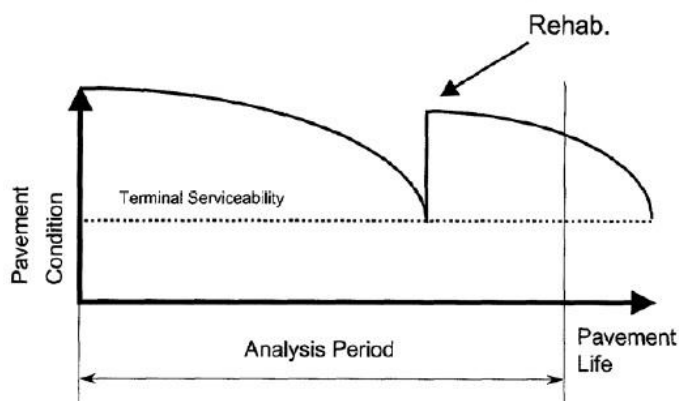


Figura 1: Variação da serventia incluindo reabilitação em análise de rodovia (Walls and Smith, 1998)

Nesse contexto, a LCCA é uma ferramenta de engenharia usada para facilitar a tomada de decisões de investimento em gerenciamento de infraestruturas aliando critérios técnicos e financeiros. Segundo Babashamsi *et al* (2016), a análise do LCCA pode aumentar a transparência no processo de seleção de projetos, garantindo que as agências tomem decisões estratégicas que maximizem o valor esperado de seus investimentos descrevam as categorias de abordagem econômica provenientes de cada programa analisado.

Um dos pioneiros na linha de pesquisa, Haas *et al.* (1994) apresentou as principais funções dos modelos de desempenho. Estes buscam otimizar a condição do pavimento na rede rodoviária, mantendo-o em um nível de serviço aceitável até seu fim de ciclo de vida através de análise técnico-econômica, tentando projetar cenários com as condições futuras da rede e estimando tipos e frequência de manutenções para segmentos rodoviários específicos.

Estes modelos foram otimizados ao longo do tempo, gerando trabalhos de importante avanço como Rangaraju *et al.* (2008) que desenvolveu um comparativo entre alternativas de conservação e manutenção de rodovias considerando a flutuação de projeções econômicas da taxa de juros, utilizando como base de estudo dados do estado americano da Carolina do Sul. Outro trabalho que pode ser destacado, Swei *et al.* (2016), aborda a questão probabilística e da verificação do risco que envolvem as estimativas de desempenho das técnicas de reabilitação indicadas.

Dos *softwares* listados por Babashamsi *et al.* (2016), considerados programas mais acessíveis, o HDM-4 é um programa clássico para tratar a abordagem do planejamento de gerência de pavimentos e o LCCA e o RealCosts são *softwares* usados nos Estados Unidos e Canadá para auxiliar nas mesmas práticas.

Acerca dos *softwares* propostos, a ideia que viria a ser o HDM-4 foi desenvolvida inicialmente a partir de estudos desenvolvidos pelo Banco Mundial e conjunto com os laboratórios de Transporte da Grã-Bretanha e França em 1968. Moraes (2010) define o modelo atual, chamado de HDM-4, como uma ferramenta que pode ser utilizada na gestão de

rodovias, mediante avaliação técnica e econômica das alternativas de projetos. Esse tipo de modelagem é proporcionado através da combinação de quatro tipos de modelos de desempenho específicos que são: Modelo RD - Deterioração da Via; Modelo WE – Efeitos aos Trabalhos de Manutenção; Modelo RUE – Efeitos Sob os Usuários; Modelos SEE – Efeitos sob o Meio Ambiente. A estrutura do *software* HDM-4 é formada por quatro gestores de entrada de dados: uma rede de estradas, frota, obras e configurações e por três ferramentas de análise para o ciclo de vida da rodovia (projeto, estratégia e programa).

Já o programa LCCA foi proposto através da sistematização de orientações e análises guiadas por um boletim técnico como Caltrans (2013), que descreve políticas e procedimentos uniformes análise adaptadas a uma realidade vigente do estado da califórnia. Um dos diferenciais da ferramenta é abordar a questão do impacto das obras e intervenções no sistema de transportes, estimando impactos financeiros proporcionados por acréscimos de tempo de viagem devido a restrição de rotas ou da redução de faixas disponíveis para o tráfego.

Por fim, o RealCost é uma rotina, disponível em formato de macro, que foi desenvolvido pela *Federal Highway Administration* (FHWA, 2004) e tem o manual do usuário que fornece instruções acerca dos tipos de análise e como deve-se inserir os dados necessários para executar o LCCA, incorporando a tomada de decisões a nível de projeto.

O catálogo de soluções CREMA, esquematizado na Figura 2, é uma das referências nacionais para a tomada de decisão. A partir do relatório técnico Engemap (2015), é possível entender de melhor maneira como foram escolhidos alguns dos critérios, premissas técnicas e considerações utilizados na formulação do mesmo.

Condição Funcional		Tráfego	VMDc <= 800		800 < VMDc <= 1600	
		Estrutura	Dc/Dadim <= 1,1	Dc/Dadim > 1,1	Dc/Dadim <= 1,1	1,1 < Dc/Dadim <= 1,5
IRI <= 2,5 m/km	TR <= 10	Mi	H4	Mi	H4	H7
	TR > 10	FSp+Mi	FSp+H4	FSp+Mi	FSp+H4	FSp+H7
IRI <= 4 m/km	TR <= 10	REP+TSD	H4	H4	H4	H7

Figura 2: Catálogo de Soluções CREMA – Adaptado (Engemap 2015)

3. METODOLOGIA

De início, a partir da simulação de um trecho de uma rodovia federal, haverá o comparativo entre os três *softwares*. Como o LCCA e o RealCosts tem origens muito similares, sendo um a variação de parâmetros e equações do outro, a hipótese inicial é que os programas se aproximem em relação aos outputs, diferente do HDM-4 que foi proposto a partir da parâmetros calibrados para cenários diferentes. Na comparação entre as premissas e

limitações práticas expostas podemos avaliar a eficácia do mesmo para dados disponíveis de um cenário nacional.

Após a escolha do *software* a ser utilizado, será feita a projeção de análise para uma via específica, utilizando como base de dados valores compostos através do novo SICRO-DNIT. Com base nesses resultados, poderá ocorrer a comparação econômica com o catálogo de soluções existente do DNIT e uma comparação referente a alguma das soluções similares expostas no quadro.

Desta maneira, espera-se obter evidências para ratificar a relevância dos parâmetros e o satisfatório dimensionamento do catálogo vigente, que ajudem a consolidar o mesmo ou, caso não haja concordância acerca dos resultados, aconteça a proposta de otimização do catálogo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Babashamsi, P; Yusuff N Izzi; Ceylan, H.; Nor, N. G. & S.J, Hashem. (2016) *Evaluation of Pavement Life Cycle Cost Analysis: Review and Analysis*. International Journal of Pavement Research and Technology. 9. 10.1016/j.ijprt.2016.08.004
- CALTRANS (2013). *Life cycle cost analysis procedure manual* Caltrans – FHWA.
- DNER (1998). *Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos*. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. 243f. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro.
- ENGEMAP (2015) *Relatório Técnico – Catálogo de Soluções de Manutenção para Pavimentos Flexíveis*, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT
- FHWA (2004) *Life cycle cost analysis for INDOT pavement design procedure*, FHWA/IN/JTRP-2004/28, Joint Transportation Research Program, Project No. C-36-63Q, File No. 9-7-18, SPR-2712.
- Haas, R.; Hudson, W.R.; Zaniewski, J. (1994). *Modern Pavement Management*. Krieger Publishing Co. Malamar, Flórida.
- Moraes, O. (2010). *Avaliação econômica, programação e planejamento de investimentos em rodovias por meio do modelo HDM-4*. Manual do aluno - DNIT.
- Rangaraju, P. R., S. Amirkhanian, and Z. Guven. (2008) *Life Cycle Cost Analysis for Pavement Type Selection*. FHWA-SC-08-01 South Carolina Department of Transportation, Columbia
- Swei, O; Gregory, J; Kirchain, R(2016). *Pavement management systems: opportunities to improve the current framework*. TRB 2016 Annual Meeting.
- Walls, J. and Smith, M. R. (1998). *Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design - Interim Technical Bulletin*. Federal Highway Administration, Washington, DC

Lucas Aguiar Feitosa (lucasaguiar@det.ufc.br)

Francisco Heber Lacerda de Oliveira (heber@det.ufc.br)

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará

Campus do Pici, Bloco 703 – Fortaleza, CE, Brasil