

AValiação E RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS

UMA PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO AO DIMENSIONAMENTO DO REFORÇO

Antoine Hennadipgil Junior¹

Edwin Fernando Ruiz Blanco²

Felipe Santana Lopes³

Honório de Resende Morais⁴

Regis Martins Rodrigues⁵

Silvio Rodrigues Filho⁶

RESUMO

Para o desenvolvimento de avaliação e restauração de rodovias há hoje um consenso globalizado no meio técnico em se considerar a sinergia que existe entre *condições estruturais* (capacidade de suportar deformações plásticas definidas como mudança de forma a volume constante, integridade das camadas – fadiga), as *condições funcionais* (conforto ao rolamento, controle direcional – capacidade do motorista em manter a direção sem ser afetado pelas bacias de acumulação de água e pelo coeficiente de atrito lateral, distância de frenagem – coeficiente de atrito) e o *estado da superfície* (natureza, severidade e extensão de defeitos) do um pavimento. Tais considerações têm permitido definir, de forma adequada, o reforço em pavimentos flexíveis, para atender as necessidades de capacidade de suporte caracterizadas com base no desempenho condicionado das características estruturais “*in situ*”. Contudo, no Brasil, na avaliação e restauração de pavimentos flexíveis, que resulta em uma espessura de reforço, tem sido empregado, até hoje, as normas do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes), especificamente as normas PRO - 010/79, PRO - 11/79, PRO - 159/85 e PRO - 269/94 que têm suas limitações, até por falta de experiência à época que estas foram desenvolvidas. Espessuras de reforço têm sido definidas considerando o “*peso*” das deflexões, como primeiro parâmetro a ser observado, em face da experiência de campo ter demonstrado que “*deflexões altas com tráfego pesado, não combinam*”. Contudo, as condições funcionais de um pavimento flexível, expresso pela irregularidade, também têm seu “*peso*”, na medida em que esta, devidamente considerada, pode permitir uma redução na espessura de reforço considerando apenas o “*peso*” das deflexões de campo. O Artigo, então, apresenta uma sugestão de encadeamento de idéias, de forma global, que represente os aspectos mais importantes, que devem ser levados em consideração, em um projeto de restauração de pavimentos flexíveis. Contudo, o projetista como responsável técnico, deve pautar sua decisão, sempre em suas experiências e outras ferramentas e não, se ater unicamente às normas, haja vista o termo “*guia*” utilizado pela AASHTO, considerado uma das maiores ferramentas de decisão em dimensionamento e restauração de pavimentos de rodovias.

PALAVRAS CHAVE: RODOVIA, PAVIMENTO, FLEXÍVEL, AVALIAÇÃO

(1) Aluno de pós-graduação do ITA (disciplina Isolada); (2)/(3)/(4) Alunos de pós- graduação do ITA (Mestrado); (5) Prof. do ITA; (6) Aluno de pós-graduação do ITA (doutorado).

1 INTRODUÇÃO

Na avaliação e restauração de pavimentos flexíveis brasileiros, tem sido empregado, até hoje, as normas do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes), especificamente as normas PRO - 010/79, PRO - 011/79, PRO - 159/85 e PRO - 269/94 que têm suas limitações, até por falta de experiência à época que estas foram desenvolvidas.

Nos Estados Unidos da América, grandes avanços foram obtidos em decorrência da experiência adquirida ao longo dos anos, em função dos resultados da *AASHTO Road test*, realizados perto de Ottawa, Illinois no final dos anos 50, início da década de 1960, que evoluíram para o Guia da *AASHTO Road test* de 1993 e posteriormente de 2002, que passou então a envolver a abordagem empírico-mecanística.

Esses e outros acúmulos de experiências em restauração de rodovias abriram ensejo a se observar a existência de sinergia entre *condições estruturais* (capacidade de suporte – deformações plásticas definidas como mudança de forma a volume constante, integridade das camadas-fadiga), as *condições funcionais* (conforto ao rolamento, controle direcional – capacidade do motorista em manter a direção sem ser afetada pelas bacias de acumulação de água e pelo coeficiente de atrito lateral, distância de frenagem – coeficiente de atrito) e o *estado da superfície* (natureza, severidade e extensão dos defeitos) de um pavimento flexível.

Considerando tais experiências adquiridas ao longo dos anos e as referências bibliográficas, o que se propõe então, é apresentar uma sugestão de encadeamento de idéias, de forma global, que represente os aspectos mais importantes, que devem ser levados em consideração, em um projeto de restauração de pavimentos flexíveis.

Não se trata de uma sugestão de norma e sim, um ferramental útil a ser usado na avaliação e restauração de pavimentos que envolvem diversos modelos e teorias. Contudo, o projetista como responsável técnico, deve pautar sua decisão, sempre em suas experiências e outras ferramentas e não, se atendo unicamente às normas, haja vista o termo “guia” utilizado pela AASHTO, considerado uma das maiores ferramentas de decisão em dimensionamento e restauração de pavimentos de rodovias.

2 ANÁLISE DOS MÉTODOS EXISTENTES

2.1 DNER-PRO 010/79

Trata-se de um método bastante elaborado e que envolve considerações complexas sobre diversos mecanismos que podem afetar o desempenho do pavimento restaurado. Sua origem é a experiência do Departamento de Transporte da Califórnia (CALTRANS) durante as décadas de 50 e 60.

Tem por objetivo estabelecer procedimentos para a avaliação estrutural de pavimentos flexíveis existentes e fornecer elementos para o cálculo da vida restante ou do reforço necessário para um determinado tráfego de projeto, considerando que a inserção de uma camada de reforço será capaz de reduzir as deflexões características do pavimento a um valor admissível.

Entretanto, critérios de deformabilidade são considerados válidos quando a estrutura do pavimento está se comportando como se estivesse em regime elástico. Quando não se verifica tal comportamento, são aceitos critérios de resistência para o cálculo do reforço, onde se verifica a possibilidade de ocorrência ou não de deformações significativas, decorrentes da evolução dos processos de ruptura, por cisalhamento ou consolidação.

A figura 1 da PRO-010/79, exposta na primária página, todavia, apresenta algumas considerações como sendo estas válidas baseadas em critérios de deformabilidade que devem ser reavaliadas. Tal figura induz ao leitor menos atento, por exemplo, a erro de percepção, haja vista que a fase de consolidação não é tão retilínea. Os efeitos da oxidação ou dixotropia podem levar as deflexões a se reduzirem. Já na fase elástica, o comportamento, que também não é retilíneo, pode aumentar ou reduzir em função do tempo, devido à rigidez do revestimento e variação da temperatura.

Embora com o uso dos critérios deflectométricos se observe uma tendência global, que maiores deflexões levam a trincamento mais acentuado, a dispersão do desempenho é tal que sugere serem tais critérios bastante grosseiros para uma confiabilidade adequada em termos de dimensionamento estrutural do pavimento restaurado.

Tal fato fica claro no exemplo a seguir apresentado na Figura 1, onde um pavimento flexível com revestimento de CAUQ (6 cm), submetido a um dado tráfego N_f (AASHTO) = $2,4 \times 10^5$ /ano, embora apresente uma tendência nítida que pavimentos com maiores deflexões tendem a apresentar trincamentos classes FC2 e FC3, após 4 anos em serviço, a dispersão do desempenho apresentado é elevada, indicando que a deflexão não é um parâmetro univocamente relacionado ao trincamento por fadiga, embora tenha relação com o fenômeno.

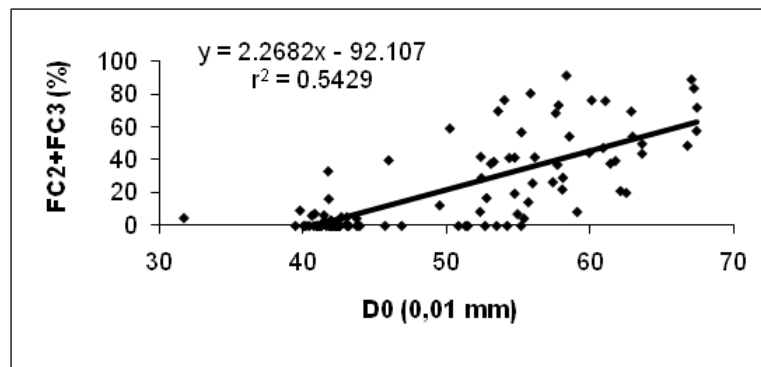


Figura 1– Análise de critério deflectométrico

De fato, um modelo como o desenvolvido na *University of California, Berkeley* (UCB), a partir de ensaios com o *Heavy Vehicle Simulator* (HVS), mostram que o fator de calibração experimental (*shift factor*) cresce com o aumento da espessura da camada asfáltica de revestimento, revelando que o puro e simples aumento dessa espessura já tende a levar o pavimento a maiores vidas de fadiga. Assim, no caso de duas estruturas que tenham diferentes espessuras de revestimento asfáltico, estejam submetidas ao mesmo tráfego e com o mesmo nível de deflexões, a vida de fadiga será maior na seção mais espessa, ao contrário do que resultaria da aplicação do critério de deflexões admissíveis do método PRO 010/79.

Este critério é o que traz mais dificuldades para a aplicação do método, pois pode facilmente levar a indicações de espessuras de recapeamento bastante elevadas, mesmo em situações onde isto não seria necessário, tal como indicado por outros modelos, também baseados no desempenho de rodovias em serviço.

Em síntese, embora a facilidade de se medir deflexões em um pavimento crie uma demanda para seu uso como parâmetro para projeto e controle de obras, é preciso um estudo consistente para a determinação das deflexões que devem ser consideradas admissíveis para uma determinada estrutura de pavimento, sendo impossível a definição de deflexões admissíveis genéricas, apenas em função do tráfego de projeto.

2.2 DNER-PRO 011/79

O método PRO-011/79 mantém o critério de deformabilidade do método DNER-PRO 010/79, que envolve deflexões recuperáveis. A modificação, contudo, está na inserção da correlação entre a magnitude das deflexões e o raio de curvatura.

Na avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis, relaciona-se o aparecimento de falhas no pavimento como uma decorrência da correlação entre as deflexões e o raio de curvatura correspondente.

A ação de uma carga de roda (P), aplicada sobre a superfície da estrutura, provocará uma tensão de tração na fibra inferior do revestimento, e uma compressão vertical na superfície do subleito. Admite-se que o pavimento resista às tensões de cisalhamento, às deformações ou rupturas plásticas no subleito. O pavimento deve ter uma espessura igual ou superior à indicada, por exemplo, considerando o método de dimensionamento com base na capacidade do subleito traduzida pelo ISC (Índice de Suporte Califórnia, ou CBR em inglês).

Para que não surjam trincas no revestimento, deve-se manter a deflexão abaixo da admissível e o raio de curvatura acima do valor mínimo. Isso garante que a tensão de tração na fibra inferior do revestimento, não ultrapasse um valor acima da qual o revestimento irá se romper por fadiga.

O método estabelece um determinado procedimento para determinação do diagnóstico preliminar do pavimento através de subtrechos homogêneos, estado de deterioração, deflexões recuperáveis, raio de curvatura, constituição do pavimento existente, características do subleito e frequência dos defeitos.

Soluções para restauração são apresentadas considerando o cálculo estatístico da deflexão característica, correção sazonal, cálculo da deflexão admissível em função de N, estimativa da vida restante, avaliação estrutural (dimensionamento de reforço do pavimento em função do levantamento da deflexão e da deflexão admissível).

Uma contribuição do método está na proposta de se ter a priori, o levantamento do histórico do pavimento existente, tendo como uma das premissas na avaliação de recuperação do pavimento, o aspecto estrutural de dimensionamento, baseado na deflexão admissível.

Contudo, o cálculo da espessura de recapeamento, de caráter estrutural e não funcional, é função apenas das deflexões admissíveis e características obtidas do campo, sem considerar a deterioração da estrutura do pavimento existente ao longo do tempo em que este esteve sob ação de tráfego.

Sugere o uso da Viga Benkelman na coleta de dados de deflexões, considerada hoje ultrapassado para projetos de restauração de pavimentos, em face às dificuldades na montagem dos elementos necessários para a obtenção das informações (aferição da Viga em prensa CBR, aferição do caminhão padrão de 8,2 tf, ambos, antes de se iniciar o levantamento) e, sua deficiência na repetibilidade dos dados e pouca acurácia, contribuem para a perda da eficácia do método. Por outro lado, não se especifica ou dimensiona o que deve ser feito com o levantamento do estado de superfície e sobre o que deva ser feito nos locais onde as superfícies do pavimento estão mais deterioradas.

Apesar de permitir um diagnóstico do pavimento através dos levantamentos históricos, prospecções preliminares e sondagens complementares, só dimensiona a restauração pelas informações decorrentes do levantamento das deflexões de campo.

2.3 DNER-PRO 269/94

Trata do dimensionamento de pavimento em função das características do subleito em termos de CBR e porcentagem de silte, espessura da camada granular e da deflexão.

O método estabelece o procedimento para determinação do diagnóstico preliminar do pavimento visando à determinação dos parâmetros de projeto, análise da condição do pavimento existente e dimensionamento do reforço do pavimento pelo critério de fadiga, limitando os solos de subleito a somente três grupos de solo em função do CBR e da porcentagem de silte.

2.4 DNER-PRO 159/85

Desenvolvido pelo IPR para ser aplicada a pavimentos flexíveis e semi rígidos, visando normalizar os Projetos de Restauração. Apresenta soluções e alternativas para restauração dos pavimentos em concreto asfáltico, em tratamento superficial e em lama asfáltica. Envolve conceitos de QI (coeficiente de irregularidade), TR (trincamento), D (desgaste), Número Estrutural Corrigido (SNC), N (tráfego atuante) e subtrechos homogêneos. O método analisa várias alternativas de restauração, em função da avaliação do pavimento a nível estrutural e funcional. Define restrições de desempenho baseado em valores limites de QI, TR, D. Portanto, é um método baseado em modelos de previsões, onde se busca soluções que satisfaçam as condições de contorno propostas.

Mantém a obtenção das deflexões recuperáveis utilizando a Viga Benkelman e estabelece o levantamento da condição do pavimento, no critério de trincas, buracos, remendos e desgaste, seguindo a Especificação DNER-ES 128/83. Medição de irregularidade deve ser feita através de equipamentos do tipo resposta.

A análise se dá, basicamente, por critérios de irregularidade, trincamento, desgastes e deflexões, que caracterizam o desempenho do pavimento, considerando cada tipo de revestimento (Concreto Asfáltico, Tratamento Superficial e Lama asfáltico).

Ao término da avaliação do pavimento, é proposta uma análise econômica das alternativas onde se escolhe a melhor alternativa técnica e ao menor custo, optando-se pela mais conveniente, no momento da intervenção de restauração, em face às restrições orçamentárias.

É uma norma que apresenta como soluções finais muitas alternativas, que irão provocar resultados muitos semelhantes no trecho após a execução, além de considerar o desempenho funcional como pilar nas tomadas de decisões de alternativas.

2.5 GUIA DA AASHTO 2002

O Guia da AASHTO de 2002 teve origem nos estudos desenvolvidos pelo “*National Cooperative Highway Research Program*” (NCHRP Projeto 1-37A), com o objetivo de disponibilizar a comunidade que atua na área de rodovias o estado-da-arte de uma ferramenta para o dimensionamento e restauração de pavimentos, baseado em princípio empíricos-mecanísticos

Tal abordagem para o dimensionamento de pavimentos flexíveis teve origem no fato da AASHTO dispor de uma ferramenta de dimensionamento baseada, somente, em experiências de campo decorrente de resultados empíricos obtidos na pista experimental da AASHO Road Test. Seu objetivo principal foi o de estabelecer um número estrutural (SN) adequado para proteção do subleito, contra deformações plásticas excessivas, sob um determinado tráfego.

De fato, versões anteriores a 2002 do manual incorporavam procedimentos fortemente dependentes de resultados dos testes da AASHTO, realizados perto de Ottawa, Illinois no final dos anos 50, início da década de 1960. Tratava-se de procedimentos de projeto

provenientes de extrapolações dos testes na AASHTO que, até certo ponto, deram significativas contribuições em termos das propriedades de camadas e subleito de pavimentos. Contudo, bastante limitadas em decorrência das características específicas do local.

Ciente desse fato, em 1986 foi incorporado ao método da AASHTO a caracterização do solo de subleito, baseado no módulo resiliente obtido através do método T274 da AASHTO, representando assim, a primeira tentativa de se considerar propriedades mecânicas em projetos de pavimentos. Esse método de obtenção do módulo resiliente mais tarde foi modificado pelo atual método AASHTO T294-92.

Em linhas gerais, o método da AASHTO 2002 é desenvolvido através de seções experimentais usando um modelo de estrutura do pavimento pré-definida. Cada seção experimental é submetida ao tráfego e condições ambientais e, analisada através da carga acumulada e danos ambientais, incrementalmente ao longo do tempo, usando os modelos de desempenho e resposta estrutural do pavimento. Os modelos de projeto simulam as condições de campo e o risco ou a probabilidade de exceder um nível crítico - capacidade de absorção de efeitos, que geram os “defeitos”. Os montantes de danos esperados ao longo do tempo e tráfego, em seguida, podem ser estimados através de modelos de calibração de defeitos.

Esta relação entre as propriedades mecânicas da estrutura do pavimento e os modelos de absorção de seus efeitos observado ao longo do tempo, é a parte empírica do processo de concepção empírico-mecanicista. O delineamento experimental pode ser modificado e mais iterações são pré-formadas até a obtenção de um projeto considerado satisfatório para a confiabilidade selecionada. O processo de “tentativas de projeto”, então, desenvolvido através do manual da AASHTO de 2002 inclui:

- desempenho de pavimento: estrutural, funcional e estado de superfície (segurança);
- caracterização de tráfego: considera espectros de carga por eixo, em vez do conceito de fatores de eixos equivalentes (ESALs), usado por versões anteriores do guia;
- caracterização de materiais: compreendendo, modelos de resposta do material do pavimento (módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson), critérios de acúmulo de esforços no pavimento (resistência ao cisalhamento, resistência à compressão, etc.) e outras propriedades dos materiais (propriedades especiais como: coeficientes de expansão e contração térmicas do Pavimento de Concreto Cimento - PCC e Concreto Asfáltico - CA);
- modelagem estrutural: inclui modelos de resposta e de acumulação de dano incremental.

A Figura 2, a seguir, apresenta o processo de tentativas proposto pelo método da AASHTO 2002, para obtenção de um “projeto piloto”.

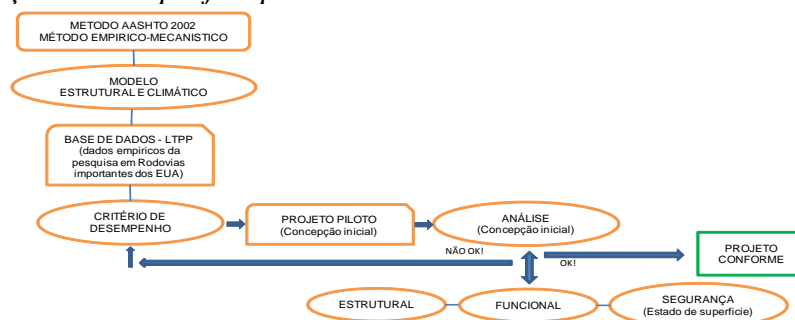


Figura 2 - Processo de tentativas proposto pelo método da AASHTO 2002 para obtenção de um “projeto piloto” conforme

O projeto a ser adotado no novo guia da AASHTO 2002, é um processo iterativo onde software e o conjunto de dados pode ser aplicado considerando três níveis de projeto em função: de sua importância ou nível crítico, da sensibilidade que se possa obter em decorrência dos dados disponíveis de entrada, dos recursos disponíveis ao projetista e a disponibilidade dos dados de entrada no momento de realização do projeto, ou seja:

- nível 1: informações do material disponível no local ou obtido através de ensaios diretos ou medidos. Uso de técnicas que envolvam o estado-da-arte na caracterização dos materiais, tais como o módulo dinâmico do Concreto Asfáltico, bem como a caracterização do tráfego através da coleta de dados através de estações WIM (Weigh-In-Motion);
- nível 2: utiliza-se de correlações para obtenção dos dados de entrada. Por exemplo, o módulo dinâmico pode ser estimado baseando-se nos resultados dos testes desenvolvidos com Binders, graduação de agregados e propriedades da mistura. O nível de acurácia dessa categoria é considerado intermediário;
- nível 3: baixa acurácia. Os dados de entrada são selecionados pelo usuário levando em consideração valores típicos nacionais ou da região, tais como a caracterização do Concreto Asfáltico, usando as propriedades físicas (graduação) e tipo de Binder utilizado.

A grande desvantagem do método está em 2 (duas) considerações:

- utilização do conceito de PSI (Presente Serviceability Index) que é função do tipo de rodovia;
- conceito da EALF (*Equivalent Axle Load Factor*) que é decorrente de tabelas de equivalência de carga função dos tipos de eixo que estão estabelecidos considerando o Número Estrutural (SN) e do conceito de PSI.

3 ESTRUTURA DE UM MÉTODO COMPLETO E CONSISTENTE

Um projeto de restauração consiste basicamente, na determinação das espessuras de reforço a ser aplicado, se necessário, para garantir as condições admissíveis de funcionalidade e integridade estrutural do pavimento durante o período de operação previsto. Os procedimentos de fresagem, selagem de juntas ou trincas, inclusão de camadas intermediárias de alívio de tensões, e os reparos e/ou reconstruções localizadas, fazem parte do conjunto de ações que podem ser igualmente adotadas para tal fim.

Portanto, nessa proposta de estruturação, a seguir apresentada, reuniu-se práticas e modelos teóricos conceituados e largamente testados, aproveitando as vantagens e desvantagens observadas nos métodos abordados no item 2 deste artigo, considerando, entretanto, que o projetista como responsável técnico, deve pautar sua decisão, sempre em suas experiências e também em outras ferramentas e não, se atendo unicamente a utilizar normas.

3.1 DIAGNÓSTICO BÁSICO

Uma etapa importante que o projetista deve observar é produzir um diagnóstico em estágio preliminar, baseado fortemente na visita a campo.

Tentar perceber os aspectos funcionais do pavimento, a funcionalidade dos sistemas de drenagem e mudanças significativas do tráfego (número de solicitações e carga) ao longo da utilização do pavimento.

Nesse estágio, procura-se saber, por exemplo, o grau de importância ao detalhamento e fatores de segurança que o projeto deva ter, e dificuldades operacionais que possam delimitar o projeto.

3.2 CONTEXTO DO PROJETO

Outras informações que devem ser estabelecidas para a realização do projeto incluem: prazos, restrições de materiais, de tecnologias construtivas, de orçamento, possibilidade de janelas de intervenção nas faixas, ou mesmo interrupção do tráfego. Muitas vezes, os prazos impedem que sejam feitos ensaios em diferentes cenários climáticos.

3.3 AVALIAÇÃO PRELIMINAR DO PAVIMENTO

3.3.1 Dados cadastrais

Verificar a existência e disponibilidade de dados cadastrais sobre a estrutura original de pavimento, e o histórico de restaurações realizadas. Com base na confiança que as informações podem fornecer sobre a homogeneidade do trecho a ser analisado, pode-se demandar mais ou menos ensaios de sondagem. Ainda, em alguns casos pode ser que, tais ensaios, nem sejam necessários.

3.3.2 Avaliação funcional

Antes de exigir uma lista completa de ensaios, com uma malha (posições e intervalos), sem uma lógica que considere a possibilidade de fazer isso com uma adequação tráfego-estrutura, e também, com a importância do projeto, pode-se assumir como uma etapa essencial a ser feita, a avaliação funcional do pavimento considerando certos aspectos fundamentais a seguir apresentados.

3.3.2.1 Levantamento da irregularidade

Para avaliação da condição funcional dos pavimentos seria de boa norma considerar no levantamento de campo, o uso do perfilógrafo a laser (preferencialmente o de cinco sensores), com o objetivo de se obter um registro contínuo da irregularidade longitudinal e do perfil de afundamento de trilha de roda (ATR), que é um aspecto primordialmente superficial e secundariamente estrutural.

3.3.2.2 Estado de superfície

O levantamento do estado de superfície, através do procedimento LVC (Levantamento Visual Contínuo), a ser adotado para registro dos defeitos de superfície, deve ser capaz de retratar o estado da superfície, baseado na observação das ocorrências de defeitos aparentes, principalmente as que se referem à trincamento ou fissuração, e na realização de medidas de deformações permanentes (Afundamentos nas Trilhas de Rodas - ATR).

Trata-se, portanto, de um levantamento que pode fornecer um conjunto de informação sobre o estado de superfície do pavimento e tem um papel extremamente importante dentro do contexto dessa proposta. Visa permitir ao avaliador, ter uma idéia do desempenho do pavimento em função de suas características locais, com base em um procedimento de fácil aplicação e baixo custo que, inclusive pode ser feito rapidamente, através de levantamento fotográfico contínuo, no caso de se dispor de pouco tempo ou por problemas operacionais em tratando de vias de tráfego intenso.

3.4 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL

Uma abordagem que pode ser adotada, é atentar o fato de que a avaliação estrutural ser uma etapa mais onerosa que a avaliação funcional. Dessa forma, pode ser elaborado um programa de ensaios coerente e em função da adequação tráfego-estrutura, lembrando, contudo,

conforme figura 1, anteriormente apresentada no item 2, que a deflexão não é um parâmetro univocamente relacionado ao trincamento por fadiga, embora tenha relação com o fenômeno.

3.4.1 Diferenças entre faixa simples, duplas ou mais

Normalmente pistas de faixa simples possuem as mesmas estruturas nos dois sentidos e com o mesmo tráfego unilateral. Nesse cenário e considerando o proposto, pode-se programar uma campanha de ensaios de maneira a usar o espaçamento (malha) continua só que, alternando os sentidos. Isto porque, normalmente a solução de restauração será assumida igual nos dois sentidos.

Para pistas de faixas duplas, normalmente a faixa 2 concentra de 80% a 90% do volume médio diário comercial. Assim, a malha de ensaio da faixa 2 deve ter menor intervalo do que a faixa 1. É importante avaliar a faixa 1 porque, em um intervalo de tempo menor, a faixa 2 passa por uma intervenção estrutural. Assim, pode-se ter uma idéia e comparar a deterioração das faixas.

Havendo mais faixas, a partir da terceira, o volume médio diário de tráfego comercial se distribui entre as faixas. Portanto, uma lógica a ser utilizada é: da faixa com menor volume comercial (mais a esquerda) para a com maior (mais a direita), a malha de ensaio também deve aumentar a exigência de informações (menor intervalo).

3.4.2 Interação tráfego e estrutura

Quanto maior a preocupação com a interação tráfego - estrutura, maior a importância de investigar os dados.

3.4.2.1 Estudo de tráfego

Envolve o tráfego que passará pela via, e que deverá solicitar a estrutura de pavimento durante o período de projeto previsto. Dependendo das metodologias de cálculo usadas no projeto, podem ser considerados para a correspondente avaliação, os fatores de veículo baseados nos procedimentos descritos pela AASHTO ou pela USACE, vinculado se possível, ao espectro de cargas obtido de medições efetuadas na rodovia (balanças de pesagem).

De igual forma, as possíveis variações do volume do tráfego produzidas pela presença de povoações, praças de pedágio ou qualquer outro elemento modificador, deverão ser estimadas, considerando a experiência adquirida. Deve-se lembrar, também, que o dimensionamento de restauração do pavimento que se está analisando, decorre de um tráfego estimado com base em critérios pré-estabelecidos. Portanto, o dimensionamento da restauração deve dispor de ferramentas que possam ser objeto de avaliação, se comparada aos métodos atuais ou futuros, até para efeito de calibração do modelo que se pretenda usar na explicação de seu comportamento ao longo da vida de serviço.

Dessa forma, considerando as ferramentas de dimensionamento disponíveis, para o tráfego seria de boa norma desenvolver a avaliação preliminar baseado nos seguintes modelos:

- $N_{anoUSACE}$ = número anual de repetições equivalentes do eixo padrão de 8,2 tf, no Ano zero, calculado com os fatores de equivalência de cargas do Método do DNER;
- $N_{anoAASHTO}$ = número anual de repetições equivalentes do eixo padrão de 8,2 tf, no Ano zero, calculado com os fatores de equivalência de cargas do Guia da AASHTO.

Ressalta-se que, quanto maior a confiabilidade no estudo do tráfego (volume e carga), maior a confiança na solução gerada. Portanto, para o estudo de tráfego pode-se adotar, por exemplo, três níveis de confiabilidade.

3.4.2.2 Nível I - Detalhado

Para o estudo de tráfego, seria de boa norma adotar contagens classificatórias e volumétricas em diferentes momentos do ano, e pesagem na própria rodovia ou nas vias alimentadoras.

Em relação à análise estrutural, sugere-se que seja utilizado resultados do ensaio de FWD com espaçamento a cada 20 metros.

3.4.2.3 Nível II - Normal

Contagens classificatórias e volumétricas em uma única semana do ano, e definição de fatores de expansão típicos (ou de rodovias próximas). Quanto à carga, usar fator de carga de outras rodovias ou hipóteses como por exemplo: 80% do volume médio comercial com carga máxima de eixo legal e 20% sem carga (vazios).

Para a análise estrutural, sugere-se que seja utilizado resultados do ensaio de FWD com espaçamento a cada 50 metros.

3.4.2.4 Nível III – Menor importância

Para o estudo de tráfego, seria de boa norma adotar o volume médio diário comercial extrapolado para o ano. Quanto às cargas, usar fator de veículo (USACE) em função do volume de tráfego: 3,0 para leve; 4,0 para médio e 5,0 para pesado.

Para a análise estrutural, sugere-se que seja utilizado ensaio de Viga Benkelman VB a cada 50 m, incluindo a coleta da deflexão a 25 cm de distância do ponto onde foi feita a coleta da deflexão máxima, visando definir, no ponto, o raio de curvatura pelo método de Ruiz ou FWD com espaçamento a cada 150 metros.

3.5 SUBTRECHOS HOMOGÊNEOS

Sabe-se que as soluções de restauração podem e normalmente são diferenciadas por cada subtrecho, de cada faixa, com características que possam ser consideradas homogêneas. Primeiramente o trecho em estudo do projeto deve ser dividido considerando o tráfego atuante. Em seguida, separa-se pelo tipo de estruturas.

De posse das informações da avaliação de estado de superfície, condição funcional (irregularidade longitudinal e afundamento de trilha de roda) e avaliação estrutural, podem-se produzir os gráficos dos parâmetros ao longo da extensão de cada faixa de projeto.

Quando se utilizar FWD, usar a deflexão zero (D_0) e outro gráfico com a deflexão afastada a 1,5 vezes a espessura total acima do subleito (da qual pode se inferir a correlação com o CBR). Se adotar VB, fazer o gráfico com a deflexão a 25 cm do ponto de carga, visando o raio de curvatura.

Através da avaliação das intersecções das fronteiras dos segmentos homogêneos, definidos por cada parâmetro, determina-se a divisão final dos subtrechos homogêneos a serem utilizados para a descrição da condição atual do pavimento ao longo da rodovia. Cada subtrecho homogêneo implicará em uma solução de restauração. O resultado final deste procedimento é a estimativa dos seguintes parâmetros para cada um dos subtrechos definidos:

FC2 = frequência de trincas Classe 2 (%);

FC3 = frequência de trincas Classe 3 (%);

ATR = afundamento médio em trilha de roda (mm);

IRI = irregularidade longitudinal;

QI = Coeficiente de irregularidade (por correlação com o IRI)

D_{0med} = deflexão média do pavimento, estando o revestimento asfáltico à temperatura de 21°C (10^{-2} mm);

DC = deflexão característica (média + desvio padrão) em 10^{-2} mm;

SN = Número Estrutural (AASHTO) do pavimento;

E = módulo de elasticidade do solo de subleito, em kgf/cm²;

$N_{anoUSACE}$ = número anual de repetições equivalentes do eixo padrão de 8,2 tf, no Ano zero, calculado com os fatores de equivalência de cargas do Método do DNER;

$N_{anoAASHTO}$ = número anual de repetições equivalentes do eixo padrão de 8,2 tf, no Ano zero, calculado com os fatores de equivalência de cargas do Guia da AASHTO.

Lembra-se que, por questões operacionais e construtivas, subtrechos homogêneos menores que 300 m e maiores que 3 000 m longitudinais podem ser irreais. Nos trechos curtos, porque se aumenta a dificuldade operacional da obra. Nos mais longos, pela dificuldade dos vários parâmetros envolvidos serem homogêneos em uma longa distância.

3.6 DIAGNÓSTICO DO DESEMPENHO DO PAVIMENTO EXISTENTE

Baseado nos resultados dos dados cadastrais, da avaliação funcional (Irregularidade/trilha de roda e estado de superfície), da avaliação estrutural (diferenças entre faixas e interação tráfego-estrutura) e da definição dos trechos homogêneos, deve-se pensar em qual seria a melhor hipótese de trabalho que poderia explicar a história do pavimento e quais os mecanismos de deterioração que estiveram atuando até o presente momento.

Por exemplo, afundamentos plásticos decorrentes de problemas de drenagem profunda, não vão ser corrigidos com uma camada de recapeamento. Assim, pode-se ter uma idéia inicial de quais variáveis estariam contribuindo, predominantemente, para o desgaste do pavimento.

3.7 EXEMPLO DE SOLUÇÃO PARA RESTAURAÇÃO

Para cada projeto de restauração, há sempre uma série de alternativas de solução. Portanto, depois de realizado o diagnóstico mais provável, o engenheiro responsável pelo projeto deve elaborar e explicitar uma árvore de decisão a ser adotada, justificando como chegou até a solução final recomendada para cada subtrecho.

Explicar a linha de raciocínio, delimitações e premissas adotadas no projeto, demanda do projetista, capacidade e qualidade na solução proposta.

Os modelos apresentados e criticados no item 2, se aplicados individualmente são incompletos, por não enxergarem o *estado de superfície*, a *condição funcional* (irregularidade longitudinal e afundamento de trilha de roda) e a *avaliação estrutural*, conforme apresentado nos parágrafos anteriores. Dessa forma, gerou-se, a título de exemplo e orientação global, uma árvore de decisão, apresentada na Figura 3, e explicada na seqüência.

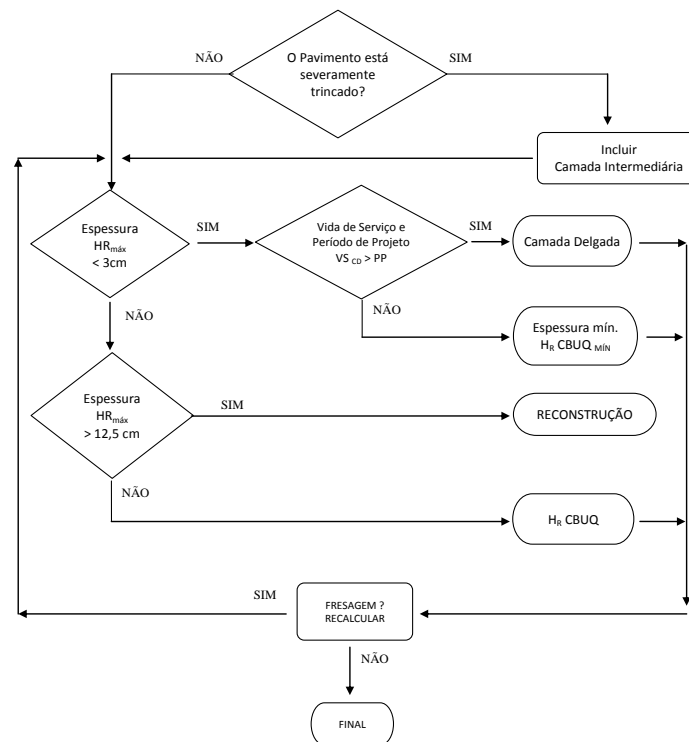


Figura 3 - Árvore de decisão sugerida para o projeto de restauração

3.7.1 Condição de severidade do trincamento

Com base na resposta do LVC, se pavimento apresentar um percentual de trincas de severidade intolerável (FC-2 / FC-3) em percentual de área, da ordem de 20% ou maior, pode-se dizer que está severamente trincado.

Ressalta-se, contudo, que o critério se pauta no aspecto econômico de decisão, entre fazer reparos localizados ou de forma generalizada. A ordem de 20% é tal que seria mais barato fazer uma camada generalizada de massa fria, do que uma campanha de reparos localizados.

Assim, esta decisão está interligada com a necessidade de adotar o uso de camada intermediária para minimizar e retardar o processo de reflexão de trincas existente.

No caso de estar severamente trincado, deve-se prosseguir na árvore de decisão, lembrando que a solução final conterá as respostas de cada etapa incluindo o uso de camada intermediária.

3.7.2 Camada intermediária

Algumas soluções de camadas que podem ser inseridas para minimizar e retardar o processo de reflexão de trincas são:

- brita graduada (BG) com pelo menos 10 cm compactada na energia do Proctor Modificado;
- massa fina de pré-misturado a quente (MF de PMQ) aditivada com polímero, como por exemplo, a especificada na DNER ES-388/99;
- tratamento superficial duplo com asfalto aditivado com polímero; e
- geotêxtil com asfalto (preferencialmente em pavimentos flexíveis) ou geogrelhas (preferencialmente em pavimentos semi-rígidos e rígido).

3.7.3 Calculo da espessura de recapeamento

A espessura de recapeamento dos trechos homogêneos deve ser avaliada de maneira a contemplar os aspectos estruturais e os aspectos funcionais.

Alguns procedimentos podem ser adotados de forma a se definir a espessura do recapeamento. Dentre estes, podem-se citar, por exemplo, um processo simplificado de avaliação contemplando os aspectos estruturais e funcionais.

3.7.3.1 Aspectos estruturais

3.7.3.1.1. *O número estrutural do pavimento*

A determinação do número estrutural do pavimento proposto por Rhode (1994), (número que define a capacidade do pavimento em absorver os esforços aplicados pelo tráfego, traduzido pela espessura total do pavimento) em decorrência das informações obtidas com o FWD, seria um primeiro parâmetro a ser observado em uma avaliação estrutural.

O método se baseia na “regra 2/3” de Irwin (1983) para explicar a distribuição de tensões e, assim, a origem das deflexões encontradas sob um FWD. Esta regra está fundamentada no fato de que aproximadamente 95% da deflexão medida na superfície de um pavimento tem origem abaixo de uma linha a 34° com a horizontal. Com base nesta simplificação, pode-se admitir que a deflexão de superfície medida a uma distância de 1,5 vezes a espessura do pavimento tem origem inteiramente no subleito. Rhode definiu, assim, um índice da estrutura do pavimento da pela equação, a seguir apresentada, que seria incorporado ao número estrutural do pavimento:

$$SIP = D_0 - D_{1,5Hp} \quad (\text{eq.01})$$

onde:

SIP = ‘structural index of the pavement’,

D_0 = deflexão sob uma carga de semi-eixo de 40 kN e a 70°F (21,1°C);

H_p = espessura total do pavimento acima do subleito.

A deflexão em 1,5 vezes a espessura total (H_p) pode ser obtida por interpolação.

Segundo RHODE (1994), o número estrutural do pavimento pode ser obtido pela seguinte expressão:

$$SN = K_1 SIP^{k_2} H_p^{k_3} \quad (\text{eq.02})$$

com SIP dado em μm , H_p em mm e K_i dado pela tabela 1, a seguir apresentada.

Tabela 1 - Coeficientes da fórmula de RHODE

Tipo de Revestimento	K1	K2	K3
Tratamentos Superficiais	0,1165	-0,3248	0,8241
Concreto Asfáltico	0,4728	-0,4810	0,7581

3.7.3.1.2. As deflexões e os fatores de correção para a temperatura de referência

Os ensaios com o FWD são realizados sob condições específicas de temperatura do momento em que os dados são coletados. Contudo, o asfalto tem comportamento termoplástico e, portanto, todas as suas propriedades sofrem alterações significativas com a temperatura.

Dessa forma, a lei de fadiga do concreto asfáltico muda com a temperatura, assim como sua deformabilidade elástica sob as cargas transientes do tráfego, tornando-se necessário efetuar o ajuste das deflexões de campo para uma temperatura de referência, considerando a sazonalidade local. O trincamento por fadiga é crítico, portanto, sob temperaturas intermediárias (10 a 30° C). Para efeito de temperatura de referência tem-se utilizado 21° C.

Pode-se utilizar a correção proposta pelo Instituto do Asfalto, pelo guia da AASHTO ou outro qualquer que tem se mostrado confiável para o local onde os dados foram obtidos.

Para efeito de exemplo é inserido a seguir, Figura 4 A e B, os fatores de ajuste para se ter uma idéia de como seria feita essa correção de temperatura em revestimento sobre bases cimentadas e bases granulares, adaptadas da AASHTO/93 por (FRANCO, 2009).

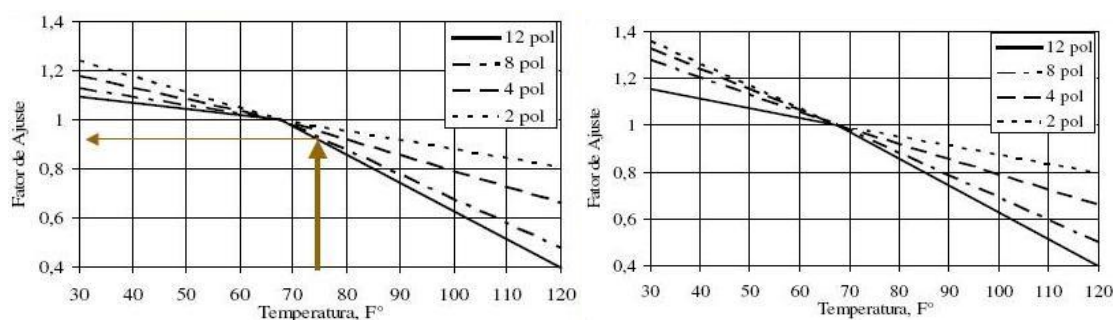


Figura 4 – A) Bases cimentadas

B) Bases granulares.

3.7.3.1.3. Cálculo do módulo de elasticidade do subleito

Para os sensores de deflexões afastados mais que $1,5.H_p + A$, onde H_p é a espessura total de pavimento acima do solo de subleito e A é o raio da área carregada, o módulo de elasticidade do subleito pode ser calculado pela equação 3, a seguir apresentada.

$$E_{SL} = \frac{0,904 \text{ pa}^2(1-\nu^2)}{rd_r} \quad (\text{eq.03})$$

onde:

p = pressão de contato sob a placa;

a = raio da placa;

ν = coeficiente de Poisson;

dr = deflexão na distância $1,5.H_p$; e

$r = 1,5.H_p$

3.7.3.2 Estimativa do CBR

O CBR pode ser estimado com base na pela equação 4, a seguir apresentada.

$$\text{CBR} = \frac{E_i}{K_i} \quad (\text{eq.4})$$

onde:

K_i = e uma constante que varia com o material do subleito.

Alguns valores empíricos usuais em kgf/cm^2 são:

- Brita Graduada: $MR / CBR = 17$
- Solo Granular Estabilizado: $MR / CBR = 23$ a 35
- Solos Finos Coesivos: $MR / CBR = 70$ a 200 (média = 100)

Uma relação que pode ser utilizada para prever a espessura de recapeamento em concreto asfalto usinado a quente, que evitará ao fim do período de projeto que as deflexões plásticas estejam acima daquela admissível, é a pela equação 5, a seguir apresentada.

$$H_R^{estr} = 40 \log \left(\frac{\delta_c}{\delta_p} \right) \quad (\text{eq.5})$$

Onde:

H_r em cm

δ_c = deflexão característica em 10^{-2} mm;

δ_p = deflexão admissível de projeto estimada por:

$$\log(\delta_p) = 3,01 - 0,176 \log(N_p) \quad (\text{eq.6})$$

Onde

N_p = tráfego de projeto (USACE);

δ_p = deflexão admissível em 10^{-2} mm:

3.7.3.3 Aspectos funcionais

3.7.3.3.1. Irregularidade admissível

A Irregularidade Longitudinal é medida por meio de equipamento tipo resposta (como o Maysmeter), obtendo-se o parâmetro “Quarter-car Index” (QI, em contagens/km), com o qual se pode calcular o IRI (“International Roughness Index”) pela seguinte correlação da eq.(7):

$$QI = 13 \times IRI \quad (\text{eq.7})$$

A Tabela 2, a seguir apresentada, mostra uma classificação que foi padronizada dentro da OCDE (*Organisation de Coopération et de Développement Économiques*, que reúne Alemanha, Áustria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, Espanha, EUA, França, Grécia, Irlanda, Islândia, Itália, Luxemburgo, Noruega, Países Baixos, Portugal, Reino Unido, Suécia, Suíça, Turquia, Japão, Finlândia, Austrália e Nova Zelândia) e que pode ser tomada como referência para a definição de padrões aceitáveis de irregularidade, no que diz respeito ao conforto ao rolamento.

Por este critério, uma irregularidade admissível $QI = 35$ cont/km, por exemplo, implica em manter as rodovias dentro de uma condição funcional excelente, de modo a serem adequadas para tráfego a velocidades acima de 120 km/h.

Tabela 2 - Referência para a definição de padrões aceitáveis de irregularidade

IRI(m/km)	QI(cont/km)	v*(km/h)	Condição Funcional	Categoria OCDE
≤ 3	≤ 39	> 120	Excelente	1
> 3 e ≤ 6,5	> 39 e ≤ 84,5	100 - 120	Aceitável	2
> 6,5 e ≤ 8,5	> 84,5 e ≤ 110,5	70 - 90	Tolerável	3
> 8,5 e ≤ 10,5	> 110,5 e ≤ 136,5	50 - 60	Intolerável	4
> 10,5	> 136,5	<50	Péssima	5

v* = velocidade de tráfego “confortável”.

Tendo em vista que o principal componente do Índice de Serventia de um pavimento é a irregularidade longitudinal, utilizou-se como referência para o cálculo da vida restante o seguinte modelo do HDM-III (PATERSON, 1987):

$$IRI(t) = [IRI_0 + 725(1 + SNC)^{-4,99} NE_4(t)] e^{0,0153t} \quad (\text{eq.8})$$

onde:

NE₄ = tráfego acumulado do eixo padrão 8,2 tf, em milhões por faixa (AASHTO);

t = idade do pavimento desde a construção ou restauração, em anos;

SNC = número estrutural corrigido do pavimento, dado por:

$$SNC = SN + 3,51 \log_{10} CBR - 0,85(\log_{10} CBR)^2 - 1,43 \quad (\text{eq.9})$$

onde :

SN = número estrutural do pavimento (AASHTO) = a₁h₁ + a₂h₂m₂ + a₃h₃m₃;

a_i = coeficiente de equivalência estrutural da camada i;

h_i = espessura da camada i, em polegadas;

m_i = coeficiente de drenagem da camada i;

CBR = CBR do solo de subleito.

3.7.3.3.2. Espessura de recapeamento em termos funcionais

Pode-se estimar espessura necessária para que ao fim do período de projeto a irregularidade seja a admissível por meio da eq 10:

$$QI_d = 19 + \frac{QI_a - 19}{0,602H_R + 1} \quad (\text{eq.10})$$

3.7.3.4. Espessura a ser considerada

Após calcular as espessuras de caráter funcional e estrutural, em princípio, a maior das duas será aquela que deve ser considerar a mínima para garantir o período de projeto.

$$H_R = \max(H_R^{estr}, H_R^{func}) \quad (\text{eq.11})$$

Contudo, há de se observar os valores obtidos no procedimento de obtenção da espessura de recapeamento considerando:

3.7.3.4.1. Opções para espessuras de recapeamento menores que 3 cm

Nos casos em que a espessura de recapeamento em CAUQ convencional calculada for da ordem de 3 cm ou menor, pode-se testar a possibilidade de utilizar outros tipos de materiais para a camada de recape, como por exemplo, adotar camadas delgadas de micro-concreto asfáltico.

3.7.3.4.2. A vida de serviço de camadas delgadas é menor que o período de projeto

Ao fazer a análise da possibilidade de utilizar camadas delgadas, deve-se calcular a vida de serviço que estas apresentarão. Pois, se o período de tempo da vida de serviço for menor que o período de projeto, não será uma solução satisfatória. Assim, pode-se adotar a espessura mínima construtiva de concreto asfáltico convencional, aproximadamente 3 cm.

3.7.3.4.3. Quando a espessura de recape é maior que 12,5 cm

Muitas das vezes, os valores de espessura de recapeamento, obtidos pela equação 17, é acima de 12,5 cm. O que pode ser considerada uma espessura elevada. Em cenários deste caso, pode-se pensar em partir para a reconstrução do pavimento.

Ainda, um subcaso que pode ocorrer é que a origem da elevada espessura, baseia-se na demanda funcional. Quando ocorre isto, pode-se estimar uma espessura de fresagem e recalcular (pois a irregularidade diminui) obtendo-se uma espessura menor. Esse processo pode ser feito até “equilibrar” com a solicitação da espessura estrutural.

3.8 SOLUÇÃO DE ALTERNATIVAS

Assim como no exemplo de árvore de decisão apresentado, o projetista poderá obter várias soluções de restauração ou reconstrução para cada subtrecho homogêneo, ou locais específicos. Isso decorre das possibilidades de usar materiais diferentes, fresar ou não, “equilibrar” os aspectos estruturais e funcionais requeridos, entre outras variáveis.

Uma vez atingido esse ponto, as alternativas podem ser comparadas, considerando o custo inicial, restrição orçamentária, custo de manutenção no novo período de projeto e vida de serviço estimada.

O custo inicial precisa ser menor que as restrições orçamentárias e a vida de serviço maior que o período de projeto. Contudo, podem ser obtidas soluções que não satisfaçam as duas coisas ao mesmo tempo.

3.9 ANÁLISE ECONOMICA

A solução de restauração adotada deverá corresponder a mais eficaz em termos econômicos, e não aquela que é a de menor custo de implantação. Desta forma, a rigor, um projeto efetivamente otimizado, pode ser definido por meio do parâmetro: Custo Anual Uniforme Equivalente de Manutenção (CAUEM) eq. 12.

$$CAUEM = \frac{Vs}{CI} \quad (\text{eq.12})$$

Onde:

Vs = vida de serviço; e

CI = custo inicial.

A solução que apresentar o menor CAUEM é aquela mais indica.

4 COMENTÁRIOS FINAIS

Apresentou-se então, uma sugestão de encadeamento de idéias, de forma global, que represente os aspectos mais importantes, que devem ser levados em consideração, em um projeto de restauração de pavimentos flexíveis.

Baseado em uma avaliação crítica de normas e guias, mais disseminados, nacional e internacionalmente (DNIT, AASHTO, HDM), o artigo reuniu práticas e modelos teóricos conceituados e largamente testados, aproveitando as vantagens e desvantagens observadas nos métodos abordados no item 2 deste artigo.

Uma contribuição significativa repousa no apelo por não considerar somente os critérios defletoométricos no cálculo das espessuras de restauração. A avaliação funcional em sinergia com a estrutural conduz a resultados mais apropriados nos projetos de restauração. Pois, nem sempre a deterioração predominante vem da insuficiência funcional e não estrutural do pavimento.

Outro quesito destacável é interação tráfego-estrutura. A qual, se bem compreendida pelo projetista, permite que sejam especificados métodos de ensaios e coleta de informações de maneira mais racional e eficiente ao longo do trecho objeto da restauração.

Apesar do método proposto, o projetista como responsável técnico, deve pautar sua decisão, sempre em suas experiências e outras ferramentas e não, se ater unicamente às normas, haja vista o termo “guia” utilizado pela AASHTO, considerado uma das maiores ferramentas de decisão em dimensionamento e restauração de pavimentos de rodovias.

Para cada projeto de restauração, há sempre uma série de alternativas de solução. Portanto, depois de realizado o diagnóstico mais provável, o engenheiro responsável pelo projeto deve elaborar e explicitar uma árvore de decisão a ser adotada, justificando como chegou até a solução final recomendada para cada subtrecho. Uma prática recomendável, mas pouco encontrada no mercado nacional.

Explicar a linha de raciocínio, delimitações e premissas adotadas no projeto, demanda do projetista, capacidade e qualidade na solução proposta.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO. **The AASHTO Guide for Design of Pavement Structures**. The American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC. 1986.

_____. **The AASHTO Guide for Design of Pavement Structures**. The American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC. 2002.

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos, **Procedimento**. PRO - 08/78a. 11 p.

_____. Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis, **Procedimento A** PRO-10/79a. 31 p.

_____. Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis, **Procedimento B** PRO-11/79b. 16 p.

_____. Projeto de Restauração de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos. **Procedimento** PRO-159/85. 25 p.

_____. Projeto de Restauração de Pavimentos Flexíveis - TECNAPAC. **Procedimento** PRO-269/94. 17p.

IRWIN, L.H., *User's Guide to Modcomp2*, Version 2.1., **Local Roads Program, Cornell University**, Ithaca, NY, 1983.

PATERSON, W.D.O. (1987) - Road Deterioration and Maintenance Effects - models for planning and management. **The World Bank**, Washington, D.C., 1987.

RODRIGUES, R.M. 2001. "Aperfeiçoamento e Consolidação de Modelos de Previsão de Desempenho para Pavimentos Rodoviários e Aeroportuários com base na Pesquisa LTPP-FHWA". **Relatório Final da Pesquisa CNPq No 301314/96-9**. Stephens, Ralph I.; Fuchs,

ROHDE, G.T., "Determining Pavement Structural Number from FWD Testing," *Transportation Research Record 1448*, Washington, DC, 1994.

ROHDE, G T and VAN WIJK, A J 1996. A mechanistic procedure to determine basin parameter criteria. **Southern African Transportation Conference**, Pretoria.