

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

KETHELIN ELOISA KLAGENBERG BECKERT

**COMPARAÇÃO ENTRE O NOVO MÉTODO DE
DIMENSIONAMENTO E A AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS
FLEXÍVEIS DAS ESTRADAS BRASILEIRAS**

Porto Alegre
Novembro 2020

KETHELIN ELOISA KLAGENBERG BECKERT

**COMPARAÇÃO ENTRE O NOVO MÉTODO DE
DIMENSIONAMENTO E A AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS
FLEXÍVEIS DAS ESTRADAS BRASILEIRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de
Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos
requisitos para obtenção do título de Engenheira Civil

Orientador: Lélío Antônio Teixeira Brito

Coorientador: Leonardo Pereira Endres

Porto Alegre
Novembro 2020

KETHELIN ELOISA KLAGENBERG BECKERT

**COMPARAÇÃO ENTRE O NOVO MÉTODO DE
DIMENSIONAMENTO E A AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS
FLEXÍVEIS DAS ESTRADAS BRASILEIRAS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRA CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo Professor Orientador e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, novembro de 2020

ORIENTADOR

Prof. Lélío Antônio Teixeira Brito (UFRGS)
Ph.D. pela University of Nottingham

COORIENTADOR

Eng. Leonardo Pereira Endres (UFRGS)
Me. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

BANCA EXAMINADORA

Eng. Celso Luiz dos Santos Romeiro Júnior (UFRGS)
Me. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Eng^a. Bibiana Cardoso Fogaça (DAER/RS)
Me. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Eng. Felipe do Canto Pivetta (North Carolina State University)
Eng. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a você que está lendo,
aos meus amados pais
Hilário (*in memoriam*) e Lourdes
e ao Daniel, o amor da minha vida

AGRADECIMENTOS

O trabalho de conclusão de curso é o marco do final da graduação e tenho muito a agradecer. Embora a trajetória tenha sido percorrida por mim, foi Deus quem iluminou meu caminho porque Dele vem todas as bênçãos, as mencionadas abaixo e incontáveis outras. Nele encontrei ânimo para superar os momentos difíceis e foi Ele quem colocou pessoas tão maravilhosas e inspiradoras na minha vida.

Agradeço aos meus pais pelo amor, ensinamentos e suporte, pelos exemplos e valores que contribuíram com quem eu sou. Por desde cedo mostrarem o caminho, o valor do estudo e por terem investido nisso com tanto carinho e dedicação.

Agradeço ao Daniel por estar amorosamente ao meu lado a cada dia, me incentivando e me inspirando, somando alegrias e dividindo o peso dos momentos difíceis, compartilhando o planejar e o realizar dos nossos sonhos. Obrigada por tudo e por tanto!

À família e aos amigos que de perto ou de longe sempre estiveram na torcida, me auxiliaram de tantas formas e agora se alegram com o final desta etapa. Cada um de vocês está no meu coração!

Gratidão ao meu orientador, Prof. Lélío Brito, por todo apoio, não apenas durante a elaboração deste trabalho, mas por ter um papel incentivador tão importante desde minha época de iniciação científica. Ao Celso Romeiro que iniciou a coorientação deste trabalho, pela sugestão do tema e pela paciência ao compartilhar seu conhecimento. Ao meu coorientador Leonardo Endres, por sempre estar disposto a sanar minhas dúvidas e me motivar ao longo deste trabalho. Agradeço aos componentes da banca avaliadora por terem aceito o convite, pelas contribuições para o trabalho e troca de conhecimento.

Agradeço também a cada um dos muitos professores que tive até aqui, que desde o início da minha vida escolar contribuíram, cada um do seu modo, com a profissional que sou hoje e às empresas que me deram a oportunidade de aprender e contribuir através do estágio durante a graduação, sou grata por tudo o que me ensinaram e pelas excelentes pessoas e profissionais que pude conhecer.

“A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

RESUMO

A presente pesquisa objetiva identificar as diferenças entre o novo método de dimensionamento de pavimentos, MeDiNa, e o sistema de gestão de estradas HDM-4 calibrado pelo DNIT quanto às suas respostas ao trincamento nos pavimentos. Para tanto, três trechos foram analisados com os dois métodos e comparados com o trincamento real em campo. Foi proposto também um ajuste da área simulada no MeDiNa buscando remover o efeito de majoração devido ao método das células, tornando os resultados mais próximos da realidade. Concluiu-se que, para que seja possível comparar as áreas trincadas fornecidas pelos *softwares* aos dados reais, é necessário que suas discrepâncias sejam discutidas e ajustadas, pois atualmente, dimensionar com o MeDiNa e prever manutenções com o HDM-4, no que diz respeito à área trincada, resulta em atrasos nas manutenções que podem chegar a vários anos.

Palavras-chave: Gerência de Pavimentos. Monitoramento de Defeitos. Manutenção de Pavimentos. Dimensionamento de Pavimentos

ABSTRACT

This research aims to identify the differences between the new pavement design method, MeDiNa, and the HDM-4 road management system calibrated by DNIT regarding its responses to cracking in pavements. Three pavement sections were analyzed with both methods and compared with the real cracking observed in the field. An adjustment of the simulated area in MeDiNa was also proposed, seeking to remove the additional area computed by the cell method, making the results closer to reality. It was concluded that, in order to be able to compare the cracked areas provided by the software to the real data, it is necessary to perform some adjustments. Designing with MeDiNa and predicting maintenance with HDM-4, results in a delayed schedule in maintenance that can reach several years.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Correlação entre área trincada estimada e observada dos trechos de calibração e validação da função de transferência do MeDiNa | 16 |
| Figura 2: Erro padrão em função da área trincada prevista para o MeDiNa..... | 16 |
| Figura 3: Nomenclatura das fissuras e trincas conforme a terminologia do DNIT..... | 18 |
| Figura 4: Representação gráfica da incidência dos tipos de eixos nas UAs | 20 |
| Figura 5: Representação da estrutura do pavimento de cada unidade de amostragem | 22 |
| Figura 6: Exemplo de preenchimento dos campos referentes à estrutura do pavimento no programa MeDiNa..... | 23 |
| Figura 7: Informações do eixo padrão e tráfego no programa MeDiNa | 23 |
| Figura 8: Ábaco para definição do coeficiente a, referente ao revestimento asfáltico em função do módulo elástico | 25 |
| Figura 9: Configurações adotadas no HDM-4 para o clima local..... | 27 |
| Figura 10: Exemplo de faixa de rolamento com defeitos e quadrantes do método das células | 30 |
| Figura 11: Trecho da planilha comparativa do monitoramento e método das células..... | 30 |
| Figura 12: Área trincada pelo MeDiNa, método das áreas, monitoramento (real) e HDM-4 padrão e calibrado para a UA 03 | 32 |
| Figura 13: Área trincada pelo MeDiNa, método das áreas, monitoramento (real) e HDM-4 padrão e calibrado para a UA 04..... | 33 |
| Figura 14: Área trincada pelo MeDiNa, método das áreas, monitoramento (real) e HDM-4 padrão e calibrado para a UA 08..... | 33 |
| Figura 15: Comparação da incidência trincas FC-1 com outras trincas nas UAs no terceiro ano | 34 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Trechos utilizados na validação da função de transferência do MeDiNa | 15 |
| Tabela 2: Comparação entre a definição de severidades das trincas pelo HDM-4 e DNIT..... | 18 |
| Tabela 3: Identificação das Unidades de Amostragem selecionadas para este trabalho..... | 19 |
| Tabela 4: Frequência da frota comercial atuante por cada tipo de eixos nas UAs..... | 20 |
| Tabela 5: Cargas utilizadas para o cálculo do Fator Veicular | 21 |
| Tabela 6: Fatores veiculares e número de eixos equivalentes..... | 21 |
| Tabela 7: Resumo dos materiais e propriedades utilizados..... | 22 |
| Tabela 9: Valores recomendados para o coeficiente m para materiais de base e sub-base..... | 26 |
| Tabela 10: Parâmetros utilizados e número estrutural calculado | 26 |
| Tabela 11: Coeficientes de calibração - DNIT - Tropical Brasil Central..... | 28 |
| Tabela 12: Área com defeitos e fator de correlação das UAs a ser aplicado na previsão de trincamento do MeDiNa para obtenção da área trincada pelo método das áreas..... | 31 |

LISTA DE SIGLAS

AASHTO – *American Association of State Highway Transportation Officials*

AT_{MA} – Área trincada calculada pelo método das áreas

AT_{MC} – Área trincada calculada pelo método das células

E_B – Módulo de resiliência da camada de base

E_{SB} – Módulo de resiliência da camada de sub-base

CML – Carga máxima legal

CNT – Confederação Nacional do Transporte

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

FC – Fator de correlação

FV – Fator veicular

HDM – *Highway Development and Management*

MeDiNa – Método de Dimensionamento Nacional

N_{eq} – Número equivalente de aplicações de carga equivalente às do eixo padrão de 8,2 toneladas

PNCT - Plano Nacional de Contagem de Tráfego

UA – Unidade de amostragem

UF – Unidade Federativa

USACE – United States Army Corps of Engineers

VDM_{AC} – Valor diário médio anual comercial

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 13 |
| 2. MÉTODOS..... | 19 |
| 2.1. Tráfego..... | 20 |
| 2.2. Materiais | 22 |
| 2.3 Análise no <i>software</i> MeDiNa | 23 |
| 2.4 Cálculo do Número Estrutural (SN) | 24 |
| 2.5 Análise no <i>software</i> HDM-4..... | 27 |
| 2.6 Previsão de defeitos <i>versus</i> monitoramento de defeitos..... | 28 |
| 3. RESULTADOS..... | 31 |
| 3.1 Cálculo de correlação entre método das células e método das áreas..... | 31 |
| 3.2 Análise dos Pavimentos..... | 32 |
| 4. CONCLUSÕES..... | 35 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 38 |
| ANEXO..... | 42 |

1. INTRODUÇÃO

A Gerência de Pavimentos é um meio útil para embasar decisões de alocação de recursos finitos e escassos na infraestrutura rodoviária, buscando obter o maior benefício para o serviço da sociedade, dispondo do menor custo financeiro. (DNIT, 2011). A gestão de custos de obras de engenharia é o que, no final das contas, une a técnica com a realidade, uma vez que a tecnologia é desenvolvida mas pode esbarrar nos custos para se tornar viável dentro de determinado contexto. O custo financeiro restringe as opções tecnológicas mas ao mesmo tempo estimula seu desenvolvimento, pois em função de limitações financeiras, pesquisas buscam soluções menos dispendiosas e com maior aplicabilidade.

Apesar de contar fortemente com as estradas, apenas 12,4% das rodovias brasileiras são pavimentadas e 59% delas apresenta condição regular, ruim ou péssima. As más condições das rodovias aumentam não apenas o custo final de transporte e o custo de manutenção dos veículos e rodovias, como também aumentam a necessidade de reconstrução das vias e o risco de acidentes. (CNT, 2019). Tendo em vista esse contexto, é de grande importância utilizar os recursos de forma racional, traçando estratégias de manutenção adequadas. O montante de dinheiro de que se pode dispor para investir em determinado empreendimento pode ser mais restrito ou mais abundante, mas em todos os casos ele é limitado.

No Brasil, após décadas dimensionando pavimentos com embasamento empírico, estamos vislumbrando a realidade empírico-mecânica através do *software* MeDiNa, Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos, que dimensiona e analisa pavimentos através da rotina de análise elástica de múltiplas camadas. Paralelamente, a fim de traçar estratégias de manutenção para as rodovias, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), utiliza o sistema HDM-4 (*Highway Development and Management*) para avaliação econômica da malha viária, buscando otimizar o aporte financeiro a valor presente líquido. (DNIT, 2010). Para explorar as potencialidades desses dois recursos, se faz necessário adaptar o percentual de área trincada obtida no MeDiNa com o percentual encontrado em campo nos levantamentos especificados pelo DNIT, do contrário, podem ocorrer diferenças expressivas da camada dimensionada através do MeDiNa.

Segundo Balbo (2007), os métodos de dimensionamento de pavimentos podem ser empíricos, sendo gerados modelos estatísticos a partir da observação do pavimento em campo; semi-empíricos, que consideram extrapolações teóricas racionais; e empírico-mecanicista, que utiliza a calibração de modelos teóricos a partir de dados coletados em campo e ensaios realizados em laboratório. Balbo também considera que os métodos empírico-mecanicistas são os mais promissores por serem capazes de assimilar conceitos de fratura dos materiais à medida que os avanços forem ocorrendo.

No Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do DNER (DNIT, 2006a), vigente até então, baseado no método proposto pelo engenheiro Murillo Lopes de Souza, utiliza-se o conceito empírico de coeficientes de equivalência estrutural, que não diferencia os tipos de ligantes asfálticos, por exemplo. Na abordagem utilizada pelo HDM-4, embora haja um entendimento muito mais amplo das características dos ligantes, ainda são encontradas limitações como, por exemplo, a não diferenciação entre ligantes convencionais e ligantes modificados por polímeros. O desempenho da camada de revestimento é muito afetado pelo tipo de ligante adotado (BERNUCCI, 2008) e através do MeDiNa é possível explorar essas particularidades devido aos modelos incorporados.

Apesar da notável vantagem da consideração dos modelos de fadiga no MeDiNa, o conceito de viscoelasticidade das misturas asfálticas não foi incorporado até o momento. Nas simulações atuais, se determinada série de aplicação de carga for executada em determinado período de tempo ou se a mesma aplicação de carga for executada na metade desse tempo, teremos respostas iguais quanto ao trincamento. Entretanto, sabe-se que essa resposta é incompatível com o que se observa em campo, uma vez que a frequência de aplicação de carga e a temperatura alteram significativamente a resposta das misturas asfálticas devido ao seu comportamento viscoelástico (MENSCH, 2017).

Nascimento (2015) implementou e validou o modelo de dano viscoelástico contínuo para análise de pavimentos brasileiros, propondo uma função de transferência que transforma o dano por fadiga da estrutura obtido por simulações, em previsão de área trincada. Nesse contexto, para realizar a avaliação visual dos defeitos, a área trincada em campo foi observada em trechos implantados no Projeto Fundão no Rio de Janeiro. Os trechos foram separados em

células e cada uma foi inspecionada de modo que, havendo trincamento de qualquer dimensão, toda a área da célula seria considerada trincada (NASCIMENTO, 2015).

Em 2019, Fritzen publicou a atualização da função de transferência, uma revisão de sua contribuição em 2016, tornando maior a correlação entre os valores reais e simulados. A função de transferência que está incorporada ao programa MeDiNa atinge um R^2 de 0,85, para 35 trechos experimentais de calibração e 8 trechos de validação, conforme apresentado na Tabela 1 e Figura 1, e o método de levantamento de defeitos dos trechos realizado por Fritzen em 2016 não foi modificado (FRITZEN *et al.*, 2019). Assim, continuou sendo adotado o método das células, considerado prático e relativamente preciso, vantajoso principalmente por permitir a liberação do tráfego com rapidez, já que o levantamento é realizado por avaliadores que caminham ao longo do trecho (NASCIMENTO, 2015).

Tabela 1: Trechos utilizados na validação da função de transferência do MeDiNa

| Trecho | N_{eq} | Área trincada observada (%) | Área trincada estimada (%) |
|--------------------------------------|----------|-----------------------------|----------------------------|
| 1 CON CER 50/70 ESQ | 2,97E+06 | 13,7 | 3,1 |
| 2 CON CER 50/70 DIR | 1,68E+07 | 48,4 | 58,0 |
| 3 CON CER 30/45 ESQ | 1,05E+06 | 4,0 | 2,2 |
| 4 CON CER 30/45 DIR | 4,20E+06 | 13,8 | 21,2 |
| 5 USP - Segmento 1 - BR-381 | 2,19E+07 | 49,9 | 44,5 |
| 6 USP - Segmento 2 - BR-381 | 3,00E+07 | 1,0 | 0,6 |
| 7 UFSM - Av. H élvio Basso - Faixa 1 | 1,87E+06 | 1,0 | 1,0 |
| 8 UFSM - Av. H élvio Basso - Faixa 2 | 6,68E+06 | 3,2 | 5,1 |

(Fonte: Adaptado de Fritzen *et al.*, 2019)

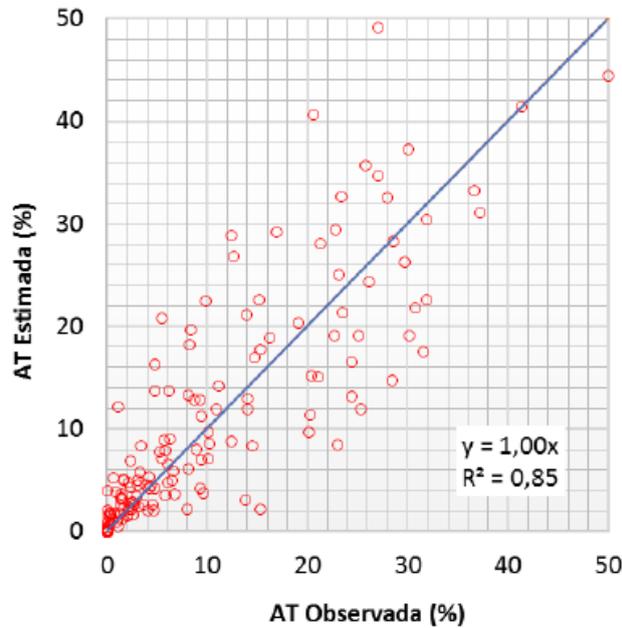


Figura 1: Correlação entre área trincada estimada e observada dos trechos de calibração e validação da função de transferência do MeDiNa

(Fonte: FRITZEN *et al.*, 2019)

Conseqüentemente, com a atualização da função de transferência, foi alterada também a equação do erro padrão em função da área trincada prevista, que se apresenta na Figura 2, em que o erro padrão aumenta com o aumento da área trincada prevista.

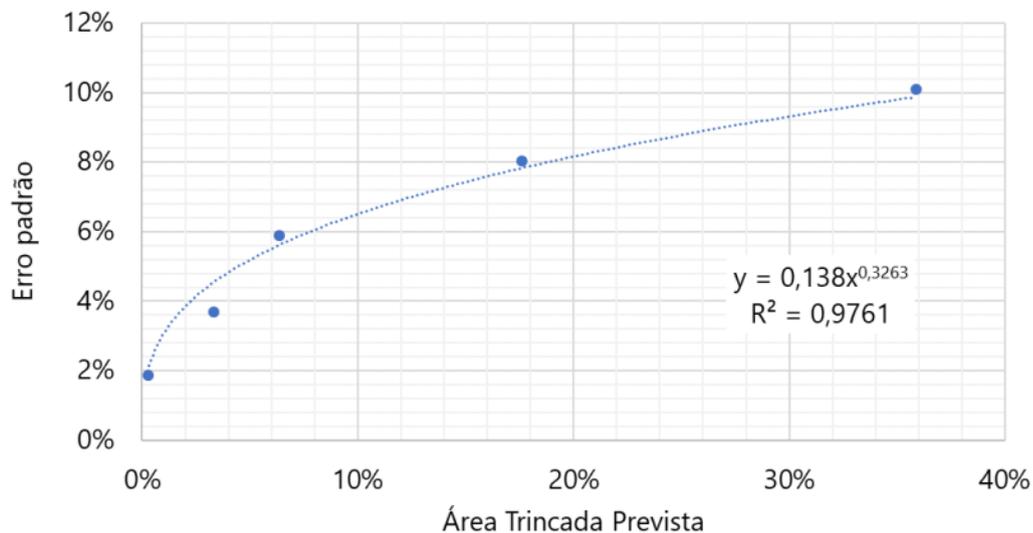


Figura 2: Erro padrão em função da área trincada prevista para o MeDiNa

(Fonte: FRITZEN *et al.*, 2019)

Lopes (2019) já apontou a majoração da área trincada quando calculada através das células de Nascimento. Nos levantamentos de três trechos experimentais em Araranguá, Santa Catarina, as trincas interligadas foram mapeadas e sua área considerada como um retângulo imaginário que englobasse todo o defeito. Foi considerada largura de 20 cm para as áreas referentes às trincas isoladas e seu comprimento mapeado conforme sua ocorrência no pavimento. Ao comparar as áreas trincadas levantadas com o método das células, foram encontradas diferenças muito expressivas, até 20 vezes maior que o trincamento em campo.

Segundo Fontes (2009), os principais defeitos estruturais são a deformação permanente e o trincamento por fadiga. A gênese das fissuras de fadiga ocorre da seguinte maneira, a passagem repetida de veículos sobre o pavimento gera flexão da camada de revestimento asfáltico, incorrendo em compressão na parte superior da camada e tração na parte inferior, provocando trincas ascendentes que com o tempo chegam até sua superfície (MEDINA E MOTA, 2005).

A DNIT 005/2003-TER estabelece os tipos de defeitos de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. As trincas podem ser isoladas e interligadas, sendo que a interligação das trincas representa um agravamento da condição das trincas isoladas. GEIPOT (1982), a extinta Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, definiu a classificação utilizada pelo HDM-4 e embora tenha uma classificação diferente da adotada pelo DNIT (2003), é possível traçar um paralelo de semelhança entre os dois métodos. A Classe 1 de GEIPOT é comparável à severidade FC-1 definida pelo DNIT, enquanto as Classes 2 e 3 englobariam os defeitos FC-2 e a Classe 4 poderia se equivaler à intensidade FC-3, conforme apresentado na Tabela 2. Também é importante destacar que as fissuras ocorrem antes das trincas FC-1 e representam defeitos menos severos que as trincas. Na Figura 3 são apresentadas os defeitos classificados como fendas, segundo DNIT 005/2003-TER.

| FENDAS | | | | CODIFICAÇÃO | CLASSE DAS FENDAS | | |
|--|----------------------|---|---|-------------|-------------------|------|------|
| Fissuras | | | | FI | - | - | - |
| Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga | Trincas Isoladas | Transversais | Curtas | TTC | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | | | Longas | TTL | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | | Longitudinais | Curtas | TLC | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | | | Longas | TLL | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | Trincas Interligadas | "Jacaré" | Sem erosão acentuada nas bordas das trincas | J | - | FC-2 | - |
| | | | Com erosão acentuada nas bordas das trincas | JE | - | - | FC-3 |
| Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga | Trincas Isoladas | Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento | | TRR | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | Trincas Interligadas | "Bloco" | Sem erosão acentuada nas bordas das trincas | TB | - | FC-2 | - |
| | | | Com erosão acentuada nas bordas das trincas | TBE | - | - | FC-3 |

Figura 3: Nomenclatura das fissuras e trincas conforme a terminologia do DNIT

(Fonte: DNIT 005/2003)

No HDM-4 o trincamento estrutural é dividido em *wide cracking* e *all cracking* (em tradução livre, “trincamento de trincas amplas” e “trincamento total”, respectivamente). O grupo *wide cracking* designa apenas as trincas de classe 4, que possuem erosão nas bordas. O grupo *all cracking* considera as trincas de classe 2, 3 e 4 – as trincas de todas as severidades consideradas pelo *software*. O HDM-4 não considera as trincas de classe 1, que são mais difíceis de serem observadas na superfície do pavimento, uma vez que são visíveis apenas em determinadas condições de avaliação, argumentando que a presença desse tipo de trinca representa pouco impacto no comportamento mecânico do pavimento (GEIPOT, 1982).

Tabela 2: Comparação entre a definição de severidades das trincas pelo HDM-4 e DNIT

| HDM-4 | | DNIT 006/2003-PRO | |
|-----------------|---|-------------------|--|
| Classe 1 | Trincas com largura menor ou igual que 1,0mm | FC-1 | Trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm |
| Classe 2 | Trincas com largura de 1,0 a 3,0mm | FC-2 | Trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas |
| Classe 3 | Trinca de largura maior que 3,0mm e sem erosão nas bordas | | |
| Classe 4 | Trincas com erosão nas bordas | FC-3 | Trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas |

(Fonte: Elaborada pela autora)

No Manual de Execução de Trechos Monitorados da Rede Temática de Asfalto, são definidos apenas dois tipos de severidades para trincamento: “baixo” e “alto”, que são sem e com erosão nas bordas, respectivamente. Trincas interligadas com severidade alta tem movimentação de placas ou bombeamento, e diferentemente de Fritzen (2016), as fissuras ficam de fora da avaliação (PETROBRÁS, 2010). Ou seja, além de utilizarem critérios distintos inclusive em tamanho, as avaliações dependem muito do julgamento dos avaliadores principalmente no que diz respeito aos trincamentos de menor severidade.

2. MÉTODOS

Neste estudo foi realizada a análise de três estruturas de pavimentos diferentes com o tráfego atuante em cada uma delas através da simulação nos *softwares* MeDiNa e HDM-4 a fim de verificar a área trincada resultante. Também foi realizado o cálculo da área trincada dos trechos rodoviários reais, buscando compará-los à área trincada calculada através do método das células.

Em 2014 foram implantadas Unidades de Amostragem (UAs) ao longo da BR-040 a fim de monitorar a rodovia e calibrar modelos para previsão de desempenho dos pavimentos. Os três trechos avaliados neste trabalho são as UAs 03, 04 e 08 que se localizam no estado de Minas Gerais com localização e características geomorfológicas conforme Tabela 3, extraídas do Relatório Final - Recurso de Desenvolvimento Tecnológico RDT: Análises do comportamento e desempenho dos pavimentos da Via-040 Brasília/DF à Juiz de Fora/MG do ano de 2016.

Tabela 3: Identificação das Unidades de Amostragem selecionadas para este trabalho

| Unidade de Amostragem | Identificação | UF | Trecho (km) | Extensão (km) | Compartimento Geomorfológico |
|------------------------------|----------------------|-----------|--------------------|----------------------|-------------------------------------|
| 03 | João Pinheiro | MG | 148,980 - 155,250 | 6,270 | Patamares Rio São |
| 04 | Três Marias | MG | 257,820 - 264,120 | 6,300 | Francisco / Tocantins |
| 08 | Conselheiro Lafaiete | MG | 644,550 - 646,550 | 2,000 | Quadrilátero Ferrífero |

(Fonte: Elaborada pela autora)

2.1. Tráfego

Para a definição do volume de tráfego, foi utilizada a contagem realizada pela concessionária Via-040 entre os dias 7 e 13 de abril de 2015 na BR-040 nos quilômetros 144, 253 e 642, que são os postos mais próximos das UAs adotadas, e dados do Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT) para aplicar a expansão sazonal de tráfego conforme o Manual de Estudos de Tráfego (DNIT, 2006b). Os veículos comerciais foram enquadrados nos eixos estabelecidos no Quadro de Fabricantes de Veículos (DNIT, 2012) com a ocorrência conforme apresentada da Tabela 4 e Figura 4.

Tabela 4: Frequência da frota comercial atuante por cada tipo de eixos nas UAs

| Tipo de Eixo | UA03 | UA04 | UA08 |
|--------------|--------|--------|--------|
| 2CB | 5,38% | 5,38% | 6,73% |
| 3BC | 1,65% | 1,18% | 1,25% |
| 2C | 16,48% | 17,12% | 24,73% |
| 3C | 20,35% | 18,44% | 21,94% |
| 4C | 5,50% | 3,68% | 4,19% |
| 2S1 | 0,72% | 0,73% | 0,72% |
| 2S2 | 7,07% | 9,34% | 9,83% |
| 2S3 | 8,00% | 8,03% | 8,61% |
| 3S2 | 2,54% | 2,01% | 2,15% |
| 3S3 | 20,73% | 19,59% | 14,60% |
| 3T4 | 10,10% | 13,25% | 3,47% |
| 3D6 | 1,48% | 1,27% | 1,79% |

Também é possível representar a ocorrência de cada tipo de eixo atuante nas UAs de forma gráfica, a fim de facilitar a comparação entre elas.

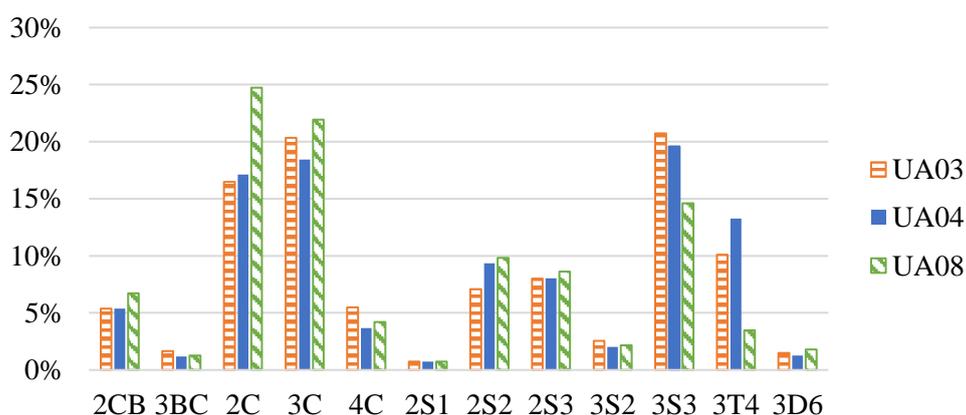


Figura 4: Representação gráfica da incidência dos tipos de eixos nas UAs

(Fonte: Elaborada pela autora)

Visando a otimização das viagens, as empresas transportadoras dificilmente conduzem os veículos carregados na ida e descarregados na volta. Pesquisas apontam que a porcentagem de veículos descarregados variam entre 20% e 30% (ENDRES, 2019). Assim, se considerou a carga de cada eixo como uma combinação da ocorrência de 70% dos eixos carregados com a CML (carga máxima legal) e 30% dos eixos descarregados, ou seja, apenas com a carga da tara (peso da carroceria e equipamentos). Para o cálculo do Fator Veicular (FV) foram considerados os seguintes valores para eixo simples de roda simples (ESRS), eixo simples de roda dupla (ESRD), eixo tandem duplo (ETD) e eixo tandem triplo (ETT), conforme apresentado abaixo na Tabela 5.

Tabela 5: Cargas utilizadas para o cálculo do Fator Veicular

| Eixo | CML (tf) | Tara (tf) |
|-------------|-----------------|------------------|
| ESRS | 6,0 | 3,0 |
| ESRD | 10,0 | 3,5 |
| ETD | 17,0 | 5,5 |
| ETT | 25,5 | 10,0 |

(Fonte: Elaborada pela autora)

Geralmente considera-se que o crescimento do tráfego está relacionado ao crescimento da economia. Para as UAs a concessionária Via-040 considerou um crescimento de 3,5%, entretanto, posteriormente verificou que o crescimento real foi menor (VIA-040, 2016 b). Endres (2019) em sua pesquisa, utilizou a taxa de 1,2%, baseando-se no valor sugerido por Albano (2002). Para este estudo, foi adotada a taxa de crescimento de 2,0% ao ano, intermediária às referências indicadas, para os 15 anos de projeto. Os fatores veiculares foram calculados utilizando o equacionamento dos Fatores Equivalentes de Carga através dos métodos: USACE (DNIT, 2006a) e HDM-4 (ODOKI et al., 2006), resultando nos dados conforme Tabela 6:

Tabela 6: Fatores veiculares e número de eixos equivalentes

| UA | VDM_{Ac} bidirecional | FV | | N_{ano unidirecional} | |
|-----------|--|--------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| | | USACE | ESALF | USACE | ESAL |
| 03 | 1378 | 8,64 | 4,24 | 2,17.10 ⁶ | 1,07.10 ⁶ |
| 04 | 2067 | 8,91 | 4,34 | 3,36.10 ⁶ | 1,64.10 ⁶ |
| 08 | 4783 | 7,16 | 3,73 | 6,25.10 ⁶ | 3,25.10 ⁶ |

(Fonte: Elaborada pela autora)

2.2. Materiais

Os materiais que compõem as UAs foram extraídos de campo e levados à laboratório para a realização dos ensaios. Apenas os valores do módulo de resiliência dos revestimentos asfálticos e dos subleitos foram obtidos a partir de retroanálise (VIA-040, 2016). A caracterização dos materiais bem como suas espessuras nos pavimentos são apresentadas na Tabela 7 e a representação gráfica das camadas são apresentadas na Figura 5.

Tabela 7: Resumo dos materiais e propriedades utilizados

| UA | VDM _{AC} bidirecional | Material / Camada | Espessura (cm) | Massa específica aparente seca (g/cm ³) | Umidade ótima (%) | Módulo de Resiliência (MPa) | k1 | k3 |
|----|-----------------------------------|----------------------|-------------------|---|----------------------|-----------------------------------|-------|--------|
| 03 | 1378 | CA | 10 | - | - | 9413,20 | - | - |
| | | Argila Siltosa | 17 | 2,060 | 7,90 | 1343,61 | 343,9 | 0,095 |
| | | Silte Rosa | 20 | 2,043 | 6,80 | 576,00 | 317,7 | 0,039 |
| | | Subleito | - | - | - | 407,00 | - | - |
| 04 | 2067 | CA | 10 | - | - | 2828,00 | - | - |
| | | Cascalho Arenoso | 17 | 2,096 | 8,40 | 433,46 | 359,8 | -0,128 |
| | | Argila Arenosa | 19 | 2,090 | 9,42 | 400,39 | 461,3 | 0,389 |
| | | Subleito | - | - | - | 502,96 | - | - |
| 08 | 4783 | CA | 18 | - | - | 1061,89 | - | - |
| | | Brita Graduada | 16 | 2,190 | 7,20 | 124,36 | 155,8 | 0,182 |
| | | Cascalho Arenoso | 15 | 2,123 | 6,80 | 108,33 | 379,9 | 0,346 |
| | | Subleito | - | - | - | 216,37 | - | - |

(Fonte: Elaborada pela autora)

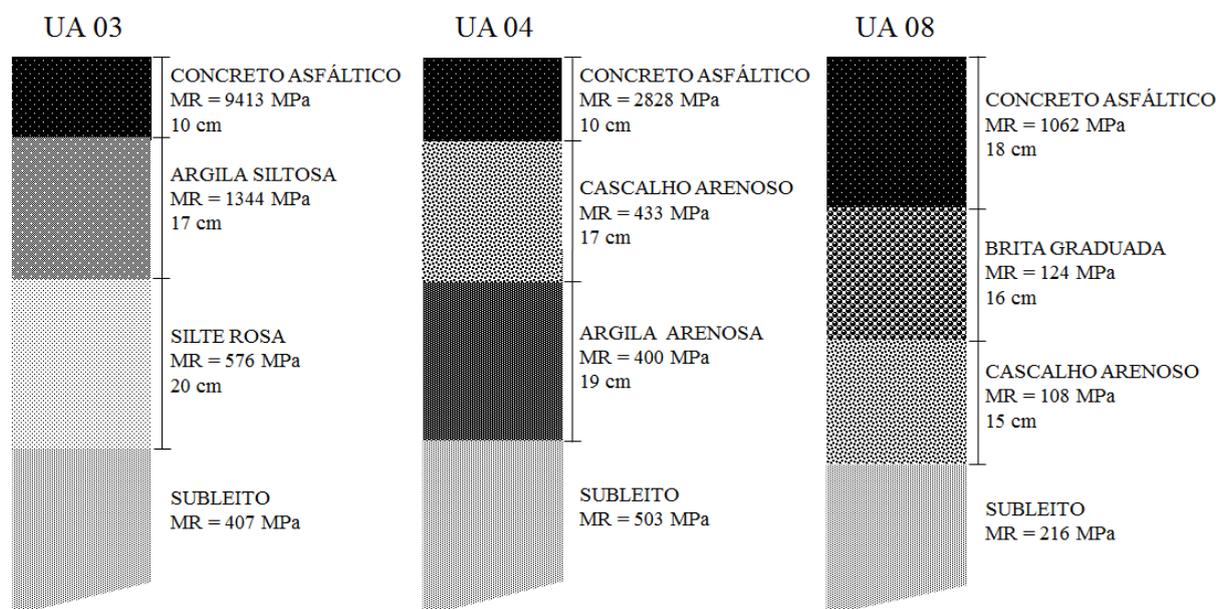


Figura 5: Representação da estrutura do pavimento de cada unidade de amostragem

(Fonte: Elaborada pela autora)

2.3 Análise no software MeDiNa

A simulação dos pavimentos com os respectivos tráfegos atuantes foi realizada primeiramente no software MeDiNa (versão 1.1.3.0 - set/2019), utilizando os modos “Pavimento Novo” e “Análise”. Os coeficientes de Poisson adotados foram os definidos pelo software em modo padrão, sendo 0,35 para materiais granulares; 0,45 para solos em geral e 0,30 para concretos asfálticos. Na Figura 6 e Figura 7 são apresentados exemplos de inserção dos dados referentes à UA 03 no MeDiNa. Não havendo informações detalhadas sobre o tipo do concreto asfáltico que foi aplicado em cada UA, foi adotado um tipo de concreto asfáltico pré-cadastrado no MeDiNa, adequado ao tráfego atuante. O tipo “Classe 4” foi escolhido por enquadrar-se na classificação de “condições severas”, ou seja, N de projeto, para os 15 anos, entre 10^7 e 10^8 (DNIT, 2019). A mistura Classe 4 do MeDiNa tem como parâmetros módulo de resiliência considerada linear de 10492MPa e a curva de fadiga se dá conforme o modelo $N_{fad} = k_1 \cdot \epsilon_t^{k_2}$, onde $k_1 = 1,91 \cdot 10^{-5}$ e $k_2 = -1,9$.

| CAMADA | DESCRIÇÃO DO MATERIAL | TIPO | ESPESSURA (cm) | MÓDULO (MPa) | COEFICIENTE DE POISSON |
|---------|--------------------------------|------------------------------|----------------|-----------------------|------------------------|
| >> 1 << | CONCRETO ASFÁLTICO | Classe 4 | 10,0 | 10492 | 0,30 |
| 2 | SOLO FINO, SILTOSO OU ARGILOSO | UA03 - Argila siltosa (base) | 17,0 | Resiliente Não Linear | 0,45 |
| 3 | SOLO FINO, SILTOSO OU ARGILOSO | UA03 - Silte rosa (subleito) | 20,0 | Resiliente Não Linear | 0,45 |
| SL | SUBLEITO | UA03 - Subleito | 0,0 | 407 | 0,45 |

Figura 6: Exemplo de preenchimento dos campos referentes à estrutura do pavimento no programa MeDiNa

(Fonte: Elaborada pela autora)

| EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO | |
|---------------------------------|---------------------------|
| Carga de eixo (ton): | 8,20 |
| Pressão de pneus (MPa): | 0,56 |
| Sx (cm): | 32,40 |
| Área (cm²): | 366,07 |
| Raio (cm): | 10,79 |
| DADOS DO TRÁFEGO | |
| Tipo de Via: | Sistema Arterial Primário |
| VMD (1º ano): | 1378 |
| FV: | 8,636 |
| N anual (1º ano): | 4,34e+06 |
| % Veículos na faixa de projeto: | 50 |
| N Anual da faixa: | 2,17e+06 |
| Taxa de crescimento (%): | 2,0 |
| Período de projeto (anos): | 15 |
| N Total: | 3,76e+07 |

Figura 7: Informações do eixo padrão e tráfego no programa MeDiNa

(Fonte: Elaborada pela autora)

2.4 Cálculo do Número Estrutural (SN)

O número estrutural (*Structural Number*) foi calculado em função dos dados das UAs, considerando as espessuras das camadas e suas propriedades conforme Equação 1 que consta no manual da AASHTO, 1993. O SN necessário para o cálculo do SNP pelo HDM-4, número estrutural ajustado, que considera a profundidade das camadas e a capacidade do subleito.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 + \dots \quad (1)$$

Onde:

a_i = coeficiente referente ao material da camada

m = coeficiente de drenagem da camada

D = espessura da camada em polegadas

Os coeficientes “a” para a camada de revestimento em função do módulo de resiliência foram determinados a partir do ábaco apresentado na figura 2.5 do manual da AASHTO, 1993, conforme a Figura 8. Cabe ressaltar que o ábaco demanda os valores de módulo de resiliência na temperatura de 68°F, o equivalente à 20°C, enquanto os valores de módulo determinados na retroanálise são equivalentes à 25°C. Embora o comportamento nas misturas asfálticas se diferencie em função da temperatura, para esta análise, os módulos foram considerados equivalentes à diferentes temperaturas.

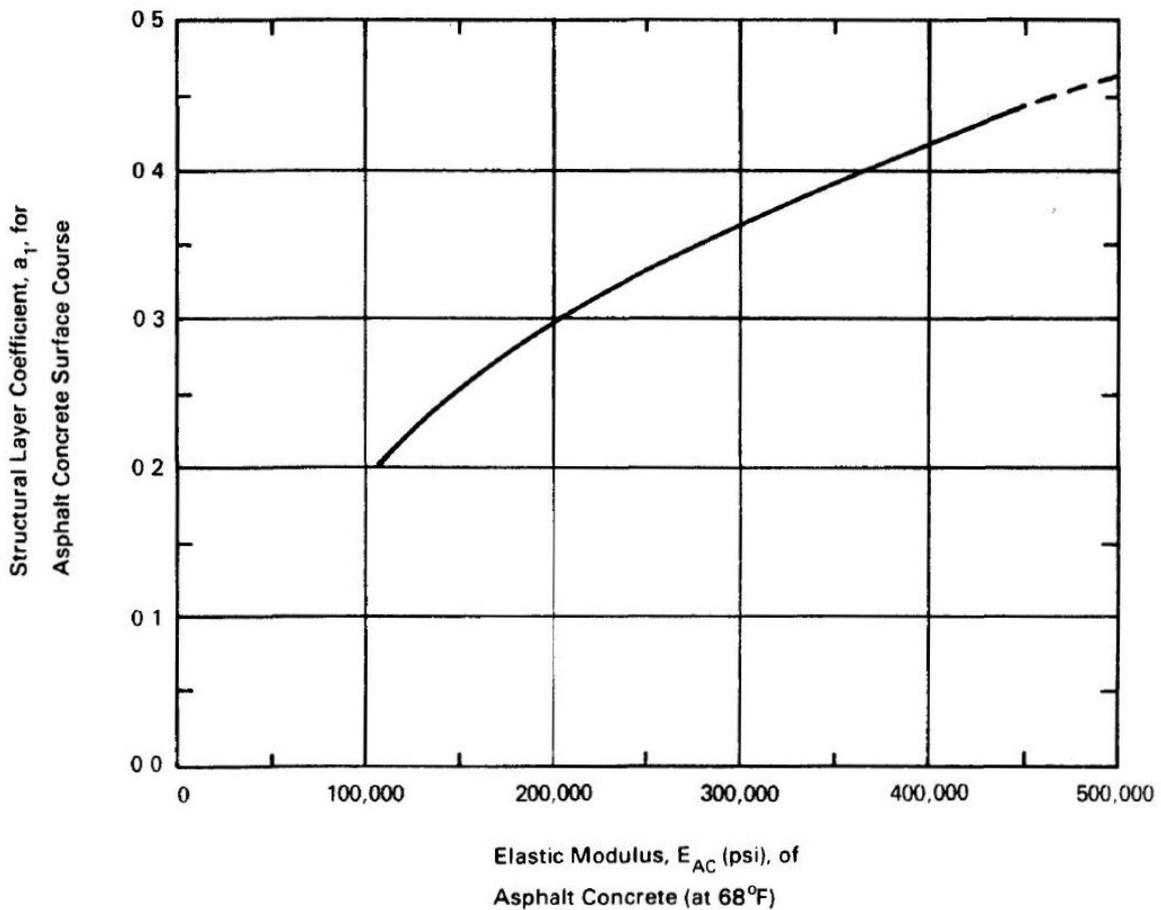


Figura 8: Ábaco para definição do coeficiente a_1 , referente ao revestimento asfáltico em função do módulo elástico

(Fonte: AASHTO, 1993)

Já os coeficientes de base e sub-base granulares, por sua vez, foram calculados a partir das Equações 2 e 3 respectivamente:

$$a_i = 0,249 (\log_{10} E_B) - 0,977 \quad (2)$$

$$a_i = 0,227 (\log_{10} E_{SB}) - 0,839 \quad (3)$$

Onde:

a_i = coeficiente referente ao material da camada granular

E_B = módulo de resiliência da camada de base em psi

E_{SB} = módulo de resiliência da camada de sub-base em psi

Para a determinação dos coeficientes “m” da base e sub-base, foi considerada condição de drenagem boa, de acordo com VIA-040 (2016). O percentual de tempo em que a camada do pavimento é exposta à níveis de umidade próximas da saturação foi estimado em até 5% para a camada de base e até 25% para a sub-base, chegando aos coeficientes “m” para base e sub-base de 1,2 e 1,1, respectivamente, de acordo com a tabela 2.4 também do Manual da AASHTO, 1993 conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8: Valores recomendados para o coeficiente m para materiais de base e sub-base

| Qualidade da drenagem | Percentual de tempo em que a estrutura do pavimento é exposta à umidade próxima da saturação | | | |
|-----------------------|--|-------------|-------------|---------------|
| | Menor que 1% | 1 – 5% | 5 – 25% | Maior que 25% |
| Excelente | 1,40 – 1,35 | 1,35 – 1,30 | 1,30 – 1,20 | 1,20 |
| Boa | 1,35 – 1,25 | 1,25 – 1,15 | 1,15 – 1,00 | 1,00 |
| Regular | 1,25 – 1,15 | 1,15 – 1,05 | 1,00 – 0,80 | 0,80 |
| Ruim | 1,15 – 1,05 | 1,05 – 0,80 | 0,80 – 0,60 | 0,60 |
| Muito ruim | 1,05 – 0,95 | 0,95 – 0,75 | 0,75 – 0,40 | 0,40 |

(Fonte: Adaptada de AASHTO, 1993)

O compilado dos dados utilizados para o cálculo do número estrutural e seu resultado estão na Tabela 9, seguinte.

Tabela 9: Parâmetros utilizados e número estrutural calculado

| UA | Materiais | E (psi) | D (polegadas) | a | m | SN |
|----|------------------|-----------|---------------|------|-----|------|
| 03 | CA | 1.365.269 | 3,94 | 0,46 | - | 6,66 |
| | Argila Siltosa | 194.874 | 6,69 | 0,34 | 1,2 | |
| | Silte Rosa | 59.030 | 7,87 | 0,24 | 1,1 | |
| 04 | CA | 410.167 | 3,94 | 0,42 | - | 5,40 |
| | Cascalho Arenoso | 62.868 | 6,69 | 0,22 | 1,2 | |
| | Argila Arenosa | 58.072 | 7,48 | 0,24 | 1,1 | |
| 08 | CA | 154.014 | 7,09 | 0,26 | - | 3,21 |
| | Brita Graduada | 18.037 | 6,3 | 0,08 | 1,2 | |
| | Cascalho Arenoso | 15.712 | 5,91 | 0,11 | 1,1 | |

(Fonte: Elaborada pela autora)

2.5 Análise no software HDM-4

O HDM-4 é um *software* que colabora com a análise de rodovias do ponto de vista econômico e permite que os custos de manutenção e operação da via que afetam gestores e usuários sejam calculados. Dessa forma, são possíveis a realização de estudos de viabilidade e a criação de estratégias de gerenciamento, inclusive de impacto ambiental. Embora o programa computacional permita a entrada de uma grande quantidade de variáveis, para este trabalho foram inseridos apenas os dados mais relevantes para o relatório de degradação do pavimento, sendo mantidos os valores padrão do HDM-4 para as demais entradas.

Para os ajustes na configuração de zona climática no HDM-4, foram adotados os padrões do *software* para a condição de umidade sub-úmida e temperatura tropical por se tratarem das classificações mais próximas da encontrada nos trechos analisados, conforme apresentado na Figura 9.

The image shows a dialog box titled "Climate Zone: Minas Gerais" with a close button (X) in the top right corner. The dialog is divided into two main sections: "Climate" and "Percentage Of Time Driven".

Climate Section:

- Name: Minas Gerais
- Moisture Classification: Sub-humid (dropdown menu)
- Moisture Index: 0
- Duration of dry season: 6 months
- Mean monthly precipitation: 100 mm
- Temperature Classification: Tropical (dropdown menu)
- Mean temperature: 27 °C
- Avg. Temperature Range: 5 °C
- Days T > 32°C: 90 days
- Freeze Index: 0 C-days

Percentage Of Time Driven Section:

- on snow covered roads: 0 (with formula 0 ≤ PCTDS ≤ 100)
- on water covered roads: 20 (with formula 0 ≤ PCTDW ≤ 100)

At the bottom of the dialog, there is a text field containing "The name of this Climate Zone".

On the right side of the dialog, there are three buttons: "OK", "Cancel", and "Defaults...".

Figura 9: Configurações adotadas no HDM-4 para o clima local

Quanto à região climática, foi definida a Tropical Brasil Central. Os coeficientes de calibração adotados pelo DNIT que foram utilizados neste trabalho estão na Tabela 10. Como a intenção da utilização do HDM-4 neste trabalho é avaliar o desempenho das unidades de amostragem em relação ao trincamento, nenhuma intervenção de manutenção ou reabilitação foi prevista. Assim, foi configurada a manutenção para quebra de bordo (*edgebreak*), não interferindo no trincamento nas faixas e permitindo a visualização da degradação ao longo do tempo e o estudo foi realizado através do modo “*Programme Analysis*” utilizando o tipo de análise como “*multi-year forward programme*”.

Tabela 10: Coeficientes de calibração - DNIT - Tropical Brasil Central

| Coeficientes de calibração (concreto asfáltico com base granular) | | | | |
|---|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| $K_{cia} = 0,75$ | $K_{vi} = 1,00$ | $K_{pp} = 1,00$ | $K_{rst} = 0,49$ | $K_{gs} = 1,00$ |
| $K_{cpa} = 0,95$ | $K_{vp} = 1,00$ | $K_{td} = 1,00$ | $K_{rpd} = 0,00$ | $K_{gc} = 1,00$ |
| $K_{ciw} = 0,01$ | $K_{pic} = 1,00$ | $K_{sfc} = 1,00$ | $K_{rds} = 1,00$ | $K_{gr} = 3,00$ |
| $K_{cpw} = 1,00$ | $K_{pir} = 1,00$ | $K_{rid} = 0,10$ | $K_{gm} = 1,80$ | $K_{gp} = 2,00$ |

(Fonte: Elaborada pela autora, dados de Arango, 2017)

Para os padrões de fluxo de tráfego (*traffic flow pattern*) foi definida via interurbana (*inter-urban*) e para o tipo de fluxo de velocidade (*speed flow type*) foi definido número de faixas (*number of lanes*) equivalente a 2 e “*Two lane road*” para o tipo de estrada (*road type*). Demais parâmetros foram utilizados de acordo com as Tabelas 6, 7 e 10 anteriormente apresentados.

2.6 Previsão de defeitos versus monitoramento de defeitos

É comum que o monitoramento de defeitos das rodovias seja realizado através de levantamento visual contínuo com registro fotográfico da malha rodoviária, permitindo posterior visualização e classificação dos defeitos. Como resultado da análise desse levantamento, é possível obter um relatório do inventário de defeitos da rodovia, contendo localização do defeito (início e fim), tipo, intensidade e área. Esse levantamento é uma adaptação dos procedimentos de ensaio DNIT 006, 007 e 008/2003, e permite que a superfície seja avaliada integralmente, não apenas em áreas amostrais.

A avaliação de superfície das UAs foi realizada através de planilhas de inventário de defeitos de abril de 2017 pela empresa Pavesys Engenharia. Foram consideradas apenas trincas interligadas e isoladas com todas as intensidades (de FC-1 a FC-3). Outros defeitos não foram considerados porque a gênese deles está menos relacionada com os mecanismos de ruptura de trincamento por fadiga, que é um dos defeitos mais críticos nos pavimentos brasileiros.

A demarcação dos defeitos baseada nas fotos catalogadas em campo é realizada pela empresa através de um *software* que permite definir manualmente o início e fim do defeito, seu tipo e intensidade e sua localização transversal na pista. Para o cálculo da área de defeitos o comprimento é variável, mas a largura é definida pelo procedimento de avaliação do *software* e varia apenas em função de sua localização transversal. Trincas isoladas são descritas também por uma área e tem como largura padrão 0,53m, já as painéis tem 0,44m. A largura das trincas interligadas dependendo da posição de ocorrência na pista: 1,17m quando ocorrem no bordo; 1,75m trilha de roda e 3,50m de largura quando ocorrem na faixa de rolamento, sendo considerada toda a largura.

Dessa maneira, a área obtida no monitoramento é uma aproximação da área dos defeitos que pode ser menor ou maior que a área real, e é geralmente menor do que a área de defeito considerada pelo método das células. Assim, considera-se que a área monitorada através desse método é equivalente à área trincada real. Na Figura 10: Exemplo de faixa de rolamento com defeitos e quadrantes do método das células estão representados alguns exemplos de defeitos e como se dá o cômputo da área por meio do inventário de defeitos através do relatório fotográfico *versus* método das células. O método das células considera defeituosa toda a área da célula em destaque, totalizando 2,34m² de área degradada (1,17x2,00m), enquanto o cálculo através do monitoramento em campo classifica como trincado 1,06m² de pavimento (0,53x2,00m).

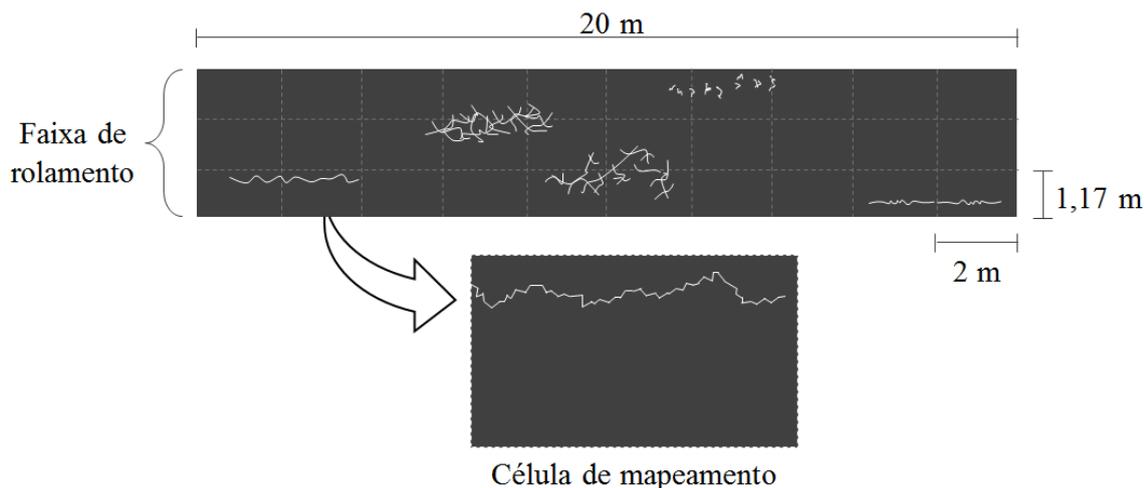


Figura 10: Exemplo de faixa de rolamento com defeitos e quadrantes do método das células
(Fonte: Elaborada pela autora, adaptado de Nascimento, 2015)

De posse da planilha de inventário de defeitos contendo sua localização na pista, área e comprimento, foi possível calcular sua largura e quantas células cada defeito ocuparia se fosse avaliado em campo através do método das células. Além disso, para tornar o cálculo das áreas compatível com o que foi definido por Nascimento (2015), a localização de ocorrência dos defeitos foi levada em conta, evitando que a mesma célula fosse contada mais de uma vez. Um pequeno trecho da planilha é apresentado na Figura 11, e a planilha detalhada consta no Anexo.

| MONITORAMENTO | | | | | | MÉTODO DAS CÉLULAS | | | | | | |
|------------------|---------|-------|----------------------|------------|-----------------|--------------------|------------------------|-------------|--------------------------------|-----------------|-------------------|------------------------------------|
| Localização (km) | | Faixa | Descrição | Severidade | Comprimento (m) | Localização | Área (m ²) | Largura (m) | Quantidade de células ocupadas | | Número de Células | Área das Células (m ²) |
| Inicial | Final | | | | | | | | Largura (m) | Comprimento (m) | | |
| 149,014 | 149,02 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 6 | Faixa | 3,15 | 0,53 | 1 | 3 | 3 | 7,00 |
| 149,025 | 149,032 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 7 | Faixa | 3,68 | 0,53 | 1 | 4 | 4 | 9,33 |
| 149,058 | 149,07 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | Faixa | 6,30 | 0,53 | 1 | 6 | 6 | 14,00 |
| 149,108 | 149,12 | 1 | Trincas Interligadas | FC-2 | 12 | ATR Esq. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |

Figura 11: Trecho da planilha comparativa do monitoramento e método das células
(Fonte: Elaborada pela autora)

3. RESULTADOS

3.1 Cálculo de correlação entre método das células e método das áreas

Comparando a área trincada de cada UA apurada no levantamento com a área trincada avaliada através do método das células, foi possível observar que para as UAs avaliadas neste trabalho o método das células fornece um somatório de área trincada em média 22% maior que a área trincada real como podemos observar na Tabela 8. Os defeitos foram analisados nas faixas 1 do sentido sul de cada trecho, e como para a UA 08 não havia inventário de defeitos detalhado para essa faixa, foram adotados os dados da faixa 2. Para realizar a minoração da área trincada obtida no MeDiNa a fim de compatibilizar com a área do monitoramento, é possível utilizar os fatores de correlação (FC) da Tabela 11 na Equação 4, obtendo resultados para formar a curva que a partir de agora passa a ser denominada “Método das Áreas”. O Método das Áreas busca fornecer valores de áreas trincadas mais próximas da área real, removendo o excesso visual de área trincada atribuído pelo Método das Células.

Tabela 11: Área com defeitos e fator de correlação das UAs a ser aplicado na previsão de trincamento do MeDiNa para obtenção da área trincada pelo método das áreas

| UA | Área trincada (m ²) | | | Fator de correlação (FC) |
|--------------|---------------------------------|---------|------------|--------------------------|
| | Monitoramento | Células | Incremento | |
| 03 | 2507,4 | 3222,3 | 28,5% | 0,778 |
| 04 | 1609,3 | 1918,0 | 19,2% | 0,839 |
| 08 | 2073,8 | 2671,7 | 28,8% | 0,776 |
| Média | 2063,5 | 2604,0 | 22,0% | 0,798 |

(Fonte: Elaborada pela autora)

$$AT_{MA} = FC \cdot AT_{MC} \quad (4)$$

Onde:

AT_{MA} = Área trincada calculada pelo método das áreas;

AT_{MC} = Área trincada calculada pelo método das células (calculada pelo MeDiNa);

FC = Fator de correlação.

Ao comparar os resultados do método das células e método das áreas, Lopes (2019) obteve áreas de 2,2 a 20 vezes maiores para o método das células, valor bastante alto e muito superior ao encontrado neste trabalho. Essa diferença se deve a alguns fatores: os trechos avaliados são diferentes e o trincamento pode ocorrer de maneira distinta ao longo do trecho, variando sua

incidência e se apresentando de maneira mais ou menos concentrada. Outro fator significativo, é que Lopes (2019) considerou a largura da área referente à trinca isolada como 20cm, conforme manual da Rede Temática de Asfalto, enquanto esta pesquisa definiu 53cm de largura para a área relativa a esse defeito.

3.2 Análise dos Pavimentos

As estruturas foram analisadas nos *softwares* MeDiNa e HDM-4, sendo traçados quatro panoramas:

- análise no MeDiNa;
- análise no MeDiNa ajustado através do método das áreas;
- análise no HDM-4 com calibração padrão (*default*);
- análise no HDM-4 com a calibração do DNIT.

Através da aplicação do MeDiNa se obtiveram os resultados de área trincada em função do número N. Por se tratar de resultados probabilísticos a faixa de erro padrão definido por Fritzen *et al.* (2019) foi incorporada nos gráficos. Aos resultados de trincamento obtidos das UAs, foi aplicado o fator de correlação da Tabela 11, utilizando a Equação 4 para ajustar a previsão às condições de campo, originando a curva “método das áreas”. Ao comparar o trincamento fornecido pelo MeDiNa com a área trincada calculada através do método das áreas, observa-se que os resultados dos dois tipos de análise estão dentro da faixa de erro do MeDiNa para até cerca de 40% da área trincada. Os resultados são apresentados nas Figuras Figura 12, Figura 13 e Figura 14.

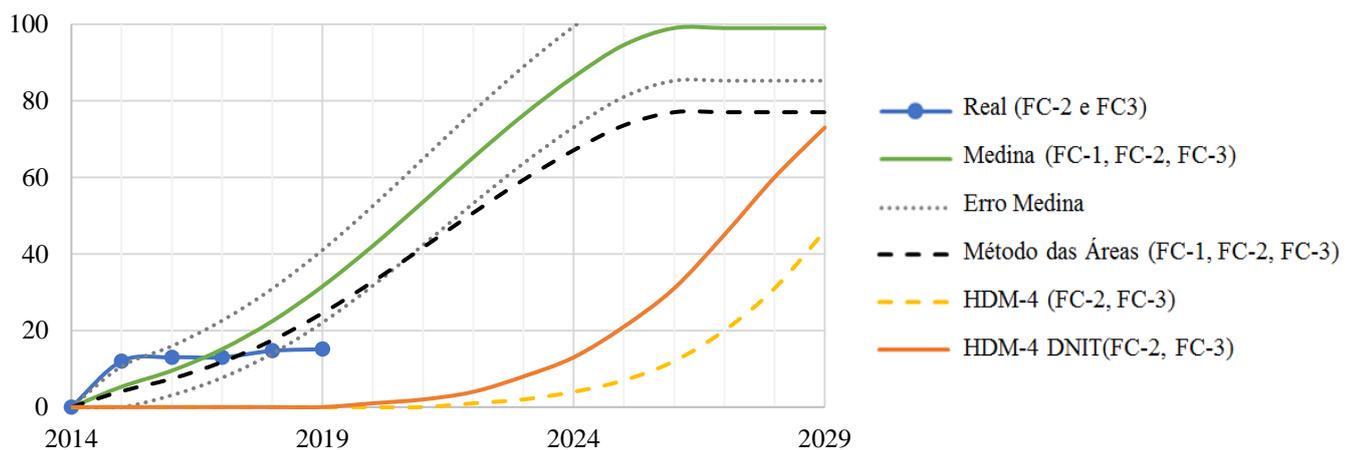


Figura 12: Área trincada pelo MeDiNa, método das áreas, monitoramento (real) e HDM-4 padrão e calibrado para a UA 03

(Fonte: Elaborada pela autora)

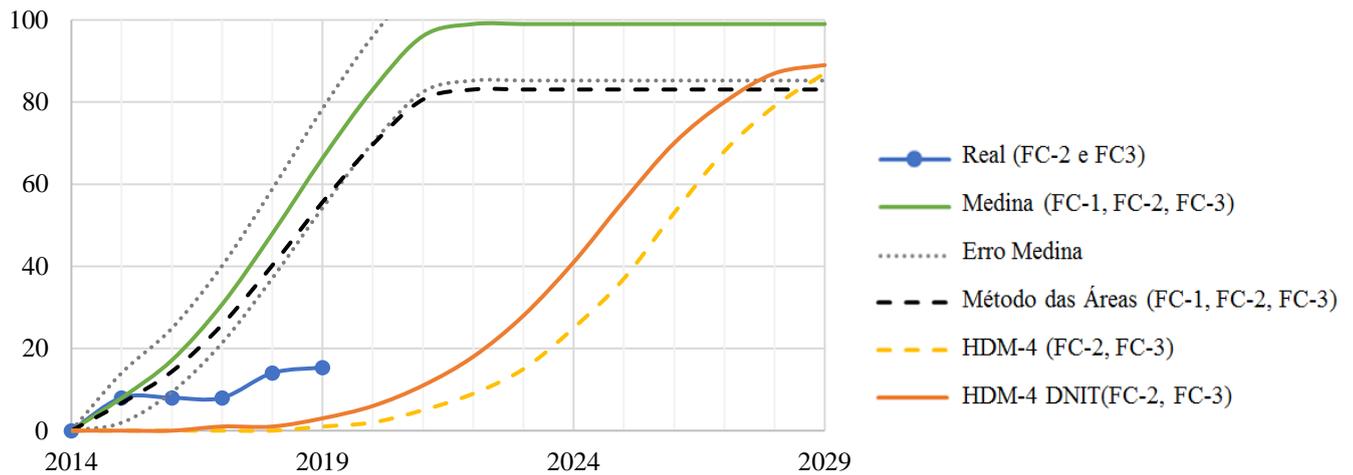


Figura 13: Área trincada pelo MeDiNa, método das áreas, monitoramento (real) e HDM-4 padrão e calibrado para a UA 04

(Fonte: Elaborada pela autora)

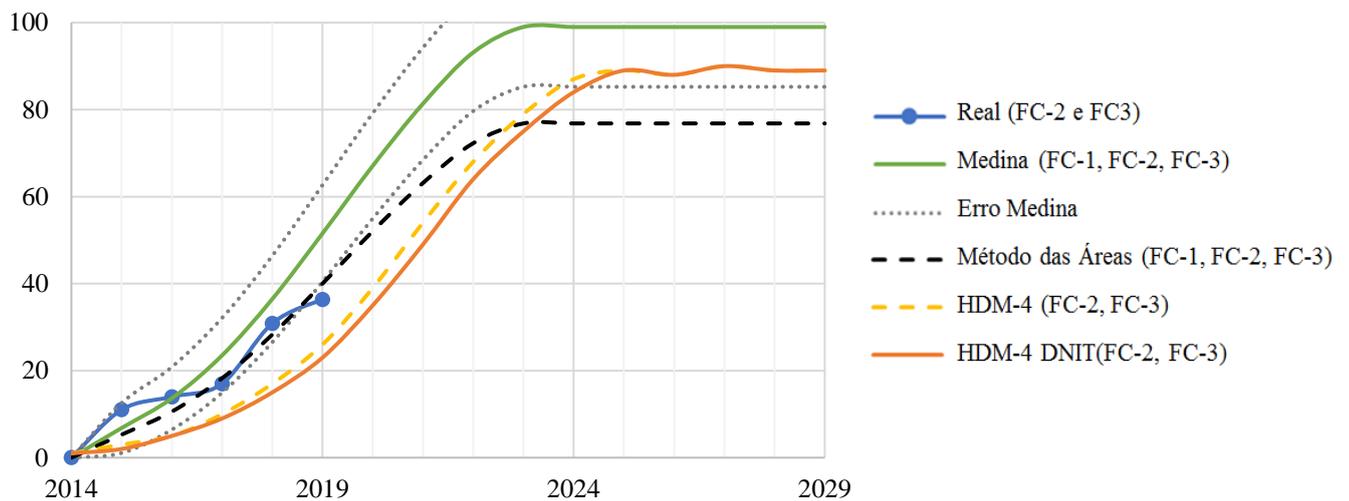


Figura 14: Área trincada pelo MeDiNa, método das áreas, monitoramento (real) e HDM-4 padrão e calibrado para a UA 08

(Fonte: Elaborada pela autora)

Ao agregar à análise os dados de área trincada resultantes do HDM-4, com e sem a calibração do DNIT, observa-se que existe considerável distância as duas condições no HDM-4 e sobretudo entre os dois *softwares* e principalmente nas UAs 03 e 04, demonstrando que o crescimento da área trincada no HDM-4 é mais tardio. Isso se deve ao fato de que a área trincada no MeDiNa considera todos os tipos de trincas, enquanto no HDM-4 o trincamento de severidade FC-1 é desprezado. Em um contexto de trincas *top-down*, de cima para baixo, o

desprezo do trincamento FC-1 pode não representar grande prejuízo, mas um dos principais mecanismos de degradação dos pavimentos brasileiros é o trincamento por fadiga, que ocorre de baixo para cima, ou seja, quando visualizamos as trincas significa que toda espessura do revestimento já se encontra trincada.

Apesar das condições climáticas, de iluminação e ofuscamento interferirem no levantamento visual dos defeitos de menor severidade, esse tipo de defeito é considerado pelo MeDiNa e seu número de ocorrências é expressiva. No inventário de defeitos analisado neste trabalho, que descreve o levantamento visual contínuo para 2017, o terceiro ano dos trechos, ao separar as áreas trincadas por severidade, observamos que 82% do trincamento total das três UAs é composto apenas por trincas do tipo FC-1, conforme exposto na Figura 15. Fritzen (2016) menciona até mesmo o levantamento de fissuras, enquanto as avaliações dos trechos da Rede Temática de Asfalto considera apenas duas severidades de trincamento, diferentemente da norma DNIT 005/2003 que considera três severidades. Além dessas divergências, os levantamentos visuais são fortemente dependentes da interpretação do avaliador, principalmente os defeitos de menor severidade. Como elas podem se apresentar em grande número, o impacto nos resultados de área trincada pode ser expressivo.

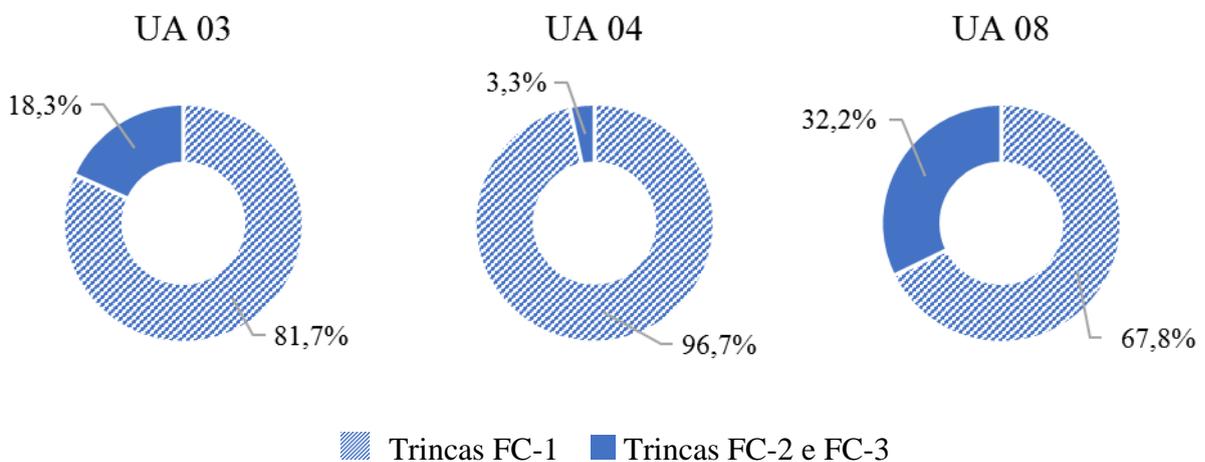


Figura 15: Comparação da incidência trincas FC-1 com outras trincas nas UAs no terceiro ano (Fonte: Elaborada pela autora)

Ao comparar as duas análises realizadas no HDM-4, uma sem calibração, com o padrão do *software*, e a outra com a calibração realizada pelo DNIT, pode-se observar que o trincamento ocorre de maneira mais precoce na análise que utiliza a calibração do DNIT, exceto na UA 08

em que as duas avaliações estão muito próximas mas se invertem. O fato da curva de desempenho quanto à fadiga do HDM-4 calibrado estar mais próxima do trincamento avaliado real e do previsto pelo MeDiNa se deve ao fato da calibração ter sido baseada em pavimentos dentro do território brasileiro. O MeDiNa se apresenta mais adequado para prever o trincamento FC-2 e FC-3 real nos primeiros anos do pavimento e mais tarde, o HDM-4 calibrado parece ser mais condizente.

4. CONCLUSÕES

A discussão das capacidades e limitações do novo método de dimensionamento que está sendo implantado no Brasil é de extrema importância para que o MeDiNa seja utilizado de forma proveitosa, explorando seus benefícios. O MeDiNa representa um valioso salto no dimensionamento de pavimentos, uma vez que incorpora modelos mecanístico-empíricos com o potencial de contemplar os mecanismos de deterioração das rodovias brasileiras, sendo muito mais aderente à realidade.

Até cerca de 40% da área trincada, a previsão do MeDiNa e do método das áreas estão muito próximas e dentro da faixa de erro padrão admitida pela função de transferência do MeDiNa. Embora a função de erro não contemple a majoração de área trincada do método das células, para este trabalho, as áreas trincadas estão próximas mesmo após os 40% de trincamento.

Para as análises das três UAs neste trabalho, os dados de trincamento monitorado em campo nas avaliações de 2015 a 2019, ainda que não englobem trincamento FC-1, estão mais próximos das previsões realizadas pelo MeDiNa que do HDM-4. Estima-se que caso o trincamento monitorado abrangesse o trincamento FC-1 conforme o MeDiNa considera, a área trincada monitorada seria ainda maior. O conhecimento do nível de degradação do pavimento em determinado momento é de suma importância, uma vez que é por meio dele que se faz possível estabelecer uma previsão das manutenções rodoviárias em uma janela de tempo mais adequada, otimizando, assim, o investimento de recursos. Para as UAs deste trabalho, ao dimensionar com o MeDiNa e planejar as manutenções com o HDM-4 haveria um atraso nas intervenções que poderiam chegar a vários anos.

O cálculo que correlaciona o método das células e a área trincada real deve ser realizado caso a caso, pois o fator de correlação pode ser próximo em determinados trechos da malha rodoviária, mas pode também variar. Outro possível fenômeno é a variação fator de correlação em um determinado trecho ao longo do tempo, uma vez que, à medida que a degradação se acentua, o método das células se aproxima mais da realidade, já que os defeitos ocupam mais área em uma mesma célula. Assim, é possível supor que o método das células é mais eficiente para descrever a área trincada de pavimentos em tempos maiores de vida, entretanto, mais estudos precisam ser realizados para que essa suposição seja validada.

Embora o HDM-4 não considere as trincas de severidade FC-1 no cálculo da área trincada, não é desejável que esse defeito seja desprezado, já que a existência de trincas na superfície do pavimento pode sinalizar trincamento por fadiga, que tem seu início a partir da base do revestimento devido aos esforços de tração pela atuação repetida do tráfego. Embora esse defeito represente baixíssimo ou nenhum desconforto ao rolamento, quando as trincas aparecem na superfície do pavimento sinalizam que o trincamento já ocorreu em toda sua espessura, abrindo um caminho livre para a infiltração de água, provocando o bombeamento de finos que causa a perda de material da base.

As áreas consideradas em campo para a construção dos modelos do MeDiNa e do HDM-4 são diferentes. O MeDiNa considera o método das células de Nascimento (2015), majorando a área de defeitos em aproximadamente 22% para as unidades de amostragem avaliadas neste trabalho. Apesar disso, entendendo-se que o trincamento por fadiga ocorre da interligação de microtrincas no revestimento de baixo para cima, a área trincada impressa na superfície acusa uma área danificada maior ao longo da espessura do pavimento. Já o HDM-4 despreza o trincamento do tipo FC-1, minorando a área trincada quando comparado ao MeDiNa. Assim, se faz necessária uma maior atenção às definições de trincamento e suas severidades para haver equivalência nos métodos a serem correlacionados, ou seja, não se pode equiparar a área trincada dada pelo MeDiNa com a dada pelo HDM-4 indistintamente.

Para buscar resultados quantitativos conclusivos é necessário realizar a análise de um número muito maior de trechos, mas qualitativamente, para serem comparáveis, as áreas trincadas determinadas nos dois programas deveriam sofrer ajustes quanto ao tipo de trincamento

considerado e ao tipo de método de levantamento de defeitos. Por esse motivo, o dimensionamento de um pavimento realizado com o MeDiNa com previsões de manutenções obtidas no HDM-4 pode fornecer informações com certo descompasso, uma vez que determinado nível de trincamento deve ocorrer muito antes do momento previsto para sua manutenção.

Ao realizar estudos para previsão de manutenções de pavimentos é importante basear a previsão de defeitos nos modelos com a melhor calibração possível e realizando os melhores ajustes. Assim, é aconselhável aplicar a calibração do DNIT nas simulações no HDM-4 pois ela leva em conta o comportamento de pavimentos brasileiros, aproximando os resultados de trincamento dos obtidos no MeDiNa, também calibrado de acordo com a realidade nacional.

Até o momento, o MeDiNa não considera a viscoelasticidade das misturas asfálticas mas já é possível aplicar as diferenças entre os materiais. Para que o dimensionamento tenha a melhor qualidade possível, deve-se utilizar dados dos ensaios dos materiais e não apenas estimativas da bibliografia.

A ótica abordada pelos *softwares* MeDiNa e HDM-4 para a avaliação de pavimentos é diferente pois o MeDiNa tem seu foco no dimensionamento de pavimentos enquanto o HDM-4 é um sistema de gerência de pavimentos, talvez por esse motivo o HDM-4 não tenha o objetivo de modelar o trincamento FC-1, em função do nível de detalhamento exigido. Assim, é importante que se tenha clareza quanto às suas divergências para se obter resultados mais adequados ao contexto e a realidade em campo.

É de extrema importância a qualidade dos levantamentos de defeitos em campo porque elas influenciam a tomada de decisões no que concerne à gerência de pavimentos. Ainda que as normas sejam em parte subjetivas, o bom treinamento de avaliadores e a possibilidade de registro fotográfico das rodovias avaliadas favorece a qualidade e controle de qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993.

Albano, J. F.; Masiero, E. *Efeitos da falta de fiscalização por pesagem sobre os pavimentos flexíveis*. p. 1–8, 2002.

Arango, L. F.; Nunez, A. (2017) *Resultados do projeto de calibração e aferição do modelo HDM-4 para as condições da rede de rodovias do Brasil* Disponível em: <<https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/campanhas-e-eventos/semana-do-planejamento/2a-semana-do-planejamento/1-calibracao-hdm-4-dnit-luisa-fernanda-arango.pdf/view>>. Acesso em: 11 jun 20.

Balbo, J. T. *Pavimentação asfáltica: materiais, projetos e restauração*. São Paulo: Oficina de Textos. Capítulo 10.1., 2007.

Bernucci, L. B.; Motta, L. M. G.; Ceratti, J. A. P.; Soares, J. B.(2008) *Pavimentação asfáltica – formação básica para engenheiros*. 1ª ed. (3ª reimpr.) Rio de Janeiro: PETROBRÁS, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ASFALTO, 2008 (reimpr. 2010), pg 63.

CNT (2019). *Pesquisa CNT de Rodovias 2019*. SEST SENAT. Brasília, 2019.

DNIT (2006) a. Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do DNER. Publicação IPR 667. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT (2006) b Publicação IPR 723. *Manual de Estudos de Tráfego*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro.

DNIT (2010). *HDM-4*. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/download/planejamento-e-pesquisa/planejamento/evolucao-da-malha-rodoviaria/hdm-4.pdf>> Acesso em: 28 mai 20.

DNIT (2011). *Manual de gerência de pavimentos. Publicação IPR 745*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, pg 7.

DNIT (2012) *Quadro de Fabricantes de Veículos*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro.

DNIT 005/2003. *Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Terminologia* . Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT 006/2003. *Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT 007/2003. *Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semi-rígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos – Procedimento*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT 008/2003 *Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, 2003.

Endres, L. P. (2019). *Estudo do impacto da "lei do caminhoneiro" nos custos de manutenção de pavimentos flexíveis*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

- Eslaminia, M.; Thirunavukkarasu, S.; Guddati, M. N.; Kim, Y. R. (2012) *Accelerated pavement performance modelling using layered viscoelastic analysis*. 7th International RILEM Conference on Cracking in Pavements, Delft, The Netherlands, 2012.
- Fontes, L. P. T. L. (2019) *Optimização do desempenho de misturas betuminosas com betume modificado com borracha para reabilitação de pavimentos*. Tese (Doutorado) – Universidade do Minho/Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.
- Franco, F. A. C. P. (2007) *Método de dimensionamento mecânico-empírico de pavimentos asfálticos – SISPAV*. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- Fritzen (2016), *Desenvolvimento e validação de função de transferência para previsão do dano por fadiga em pavimentos asfálticos*. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- Fritzen *et al.* (2019) *Atualização da função transferência do dano de fadiga para a área trincada do programa Medina*. 9º Congresso Rodoviário Português, Lisboa, 2019.
- GEIPOT (1982) *Research on the Interrelationships between Costs of Highway Construction, Maintenance and Utilisation (PICR)*. Final Report, 12 volumes. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT), Ministério dos Transportes, Brasília, 1982.
- Lopes, T. A. S. (2019) *Análise do efeito da sazonalidade da temperatura e do tráfego no desempenho de pavimentos flexíveis: segmentos monitorados de Araranguá*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Medina, J.; Motta, L. M. G. *Mecânica dos pavimentos*. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.

- Mensch N. G. (2017) *Análise viscoelástica de misturas asfálticas quentes e mornas*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.
- Morosiuk G., Riley M. J., Odoki J. B., *Modelling Road Deterioration and Works Effects*. HDM 4 - Highway Development & Management Series, v. 6, 2004.
- Nascimento, L. A. H. *Implementation and validation of the viscoelastic continuum damage theory for asphalt mixture and pavement analysis in Brazil*. Dissertation. North Carolina State University, 2015.
- Odoki, J. B.; Kerali, H. G. R. (2006) *Analytical Framework and Model Descriptions*. HDM 4 - Highway Development & Management Series, v. 4, p. 1–627, 2006.
- Paterson, W. D. O. (1987) *Road Deterioration and Maintenance Effects*. World Bank Publications, Washington, D. C., 1987.
- PNCT (2020) *Plano Nacional de Contagem de Tráfego – Contagem contínua*. Disponível em: <<http://servicos.dnit.gov.br/dadospnct/ContagemContinua>>. Acesso em: 11 jun 20.
- VIA-040 (2016) b. *Relatório Final - Recurso de Desenvolvimento Tecnológico RDT: Análises do comportamento e desempenho dos pavimentos da Via-040 Brasília/DF à Juiz de Fora/MG do ano de 2016*. Belo Horizonte, 2016. p 267.
- VIA-040 (2016). *Relatório Final - Recurso de Desenvolvimento Tecnológico RDT: Análises do comportamento e desempenho dos pavimentos da Via-040 Brasília/DF à Juiz de Fora/MG do ano de 2016*. Belo Horizonte, 2016.
- Wang, Y.; Norouzi, A.; Kim, Y. R. *Comparison of fatigue cracking performance of asphalt pavement predicted by Pavement ME and LVECD programs*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, no. 2590. Washington, D.C., 2016.

ANEXO

INVENTÁRIO DE DEFEITOS DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO (LVD-Vídeo)

UA: 03

km 148,98 à 155,25

Rodovia: BR-040/MG

Faixa: 1

Data: abril/17

| MONITORAMENTO | | | | | | | | | MÉTODO DAS CÉLULAS | | | |
|------------------|---------|-------|----------------------|------------|-----------------|-------------|-----------|-------------|--------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|
| Localização (km) | | Faixa | Descrição | Severidade | Comprimento (m) | Localização | Área (m²) | Largura (m) | Quantidade de células ocupadas | | Número de Células | Área das Células (m²) |
| Inicial | Final | | | | | | | | Largura (m) | Comprimento (m) | | |
| 149,014 | 149,020 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 6 | Faixa | 3,15 | 0,53 | 1 | 3 | 3 | 7,00 |
| 149,025 | 149,032 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 7 | Faixa | 3,68 | 0,53 | 1 | 4 | 4 | 9,33 |
| 149,058 | 149,070 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | Faixa | 6,30 | 0,53 | 1 | 6 | 6 | 14,00 |
| 149,108 | 149,120 | 1 | Trincas Interligadas | FC-2 | 12 | ATR Esq. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 149,130 | 149,142 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 149,157 | 149,175 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 18 | ATR Dir. | 31,50 | 1,75 | 2 | 10 | 20 | 46,67 |
| 149,245 | 149,257 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 149,267 | 149,279 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 149,644 | 149,656 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | ATR Esq. | 6,30 | 0,53 | 1 | 6 | 6 | 14,00 |
| 149,842 | 149,865 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 23 | ATR Dir. | 40,25 | 1,75 | 2 | 12 | 24 | 56,00 |
| 150,074 | 150,097 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 23 | Bordo Dir. | 12,08 | 0,53 | 1 | 12 | 12 | 28,00 |
| 150,107 | 150,119 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 150,140 | 150,175 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 35 | ATR Dir. | 61,25 | 1,75 | 2 | 18 | 36 | 84,00 |
| 150,727 | 150,739 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | ATR Esq. | 6,30 | 0,53 | 1 | 7 | 7 | 16,33 |
| 150,727 | 150,751 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 24 | ATR Dir. | 42,00 | 1,75 | 2 | 13 | 26 | 60,67 |
| 150,738 | 150,751 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 13 | Faixa | 6,83 | 0,53 | 1 | 7 | 7 | 16,33 |
| 150,761 | 150,784 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 23 | ATR Dir. | 12,08 | 0,53 | 1 | 12 | 12 | 28,00 |
| 150,772 | 150,784 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 150,783 | 150,795 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Esq. | 21,00 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 150,783 | 150,795 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | ATR Esq. | 6,30 | 0,53 | 1 | 7 | 7 | 16,33 |
| 150,849 | 150,862 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 13 | Faixa | 6,83 | 0,53 | 1 | 7 | 7 | 16,33 |
| 150,938 | 150,983 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 45 | Faixa | 157,50 | 3,5 | 3 | 23 | 69 | 161,00 |
| 150,982 | 151,039 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 57 | ATR Dir. | 99,75 | 1,75 | 2 | 29 | 58 | 135,33 |
| 151,049 | 151,061 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | Faixa | 42,00 | 3,5 | 3 | 7 | 21 | 49,00 |
| 151,060 | 151,072 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 151,060 | 151,072 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | ATR Esq. | 6,30 | 0,53 | 1 | 6 | 6 | 14,00 |
| 151,104 | 151,127 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 23 | Faixa | 80,50 | 3,5 | 3 | 12 | 36 | 84,00 |
| 151,126 | 151,138 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Esq. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 151,159 | 151,172 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 13 | Faixa | 45,50 | 3,5 | 3 | 7 | 21 | 49,00 |
| 151,171 | 151,183 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 151,182 | 151,193 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 11 | Faixa | 38,50 | 3,5 | 3 | 6 | 18 | 42,00 |
| 151,204 | 151,227 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 23 | Faixa | 80,50 | 3,5 | 3 | 12 | 36 | 84,00 |
| 151,403 | 151,415 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | Faixa | 6,30 | 0,53 | 1 | 7 | 7 | 16,33 |
| 151,514 | 151,537 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 23 | Faixa | 80,50 | 3,5 | 3 | 12 | 36 | 84,00 |
| 151,547 | 151,559 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | ATR Esq. | 6,30 | 0,53 | 1 | 7 | 7 | 16,33 |
| 151,558 | 151,570 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 151,591 | 151,614 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 23 | ATR Dir. | 40,25 | 1,75 | 2 | 12 | 24 | 56,00 |
| 151,635 | 151,647 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | Bordo Esq. | 6,30 | 0,53 | 1 | 7 | 7 | 16,33 |
| 151,646 | 151,658 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | ATR Dir. | 6,30 | 0,53 | 1 | 6 | 6 | 14,00 |
| 151,657 | 151,669 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Esq. | 21,00 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 151,657 | 151,669 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | Faixa | 6,30 | 0,53 | 1 | 7 | 7 | 16,33 |
| 151,735 | 151,758 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 23 | Bordo Dir. | 12,08 | 0,53 | 1 | 12 | 12 | 28,00 |
| 151,968 | 151,980 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | Faixa | 42,00 | 3,5 | 3 | 6 | 18 | 42,00 |
| 151,979 | 151,991 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | ATR Dir. | 6,30 | 0,53 | 1 | 7 | 7 | 16,33 |
| 151,990 | 152,002 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | Faixa | 42,00 | 3,5 | 3 | 6 | 18 | 42,00 |
| 152,001 | 152,013 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Esq. | 21,00 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 152,001 | 152,013 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | ATR Esq. | 6,30 | 0,53 | 1 | 7 | 7 | 16,33 |
| 152,034 | 152,046 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | ATR Dir. | 6,30 | 0,53 | 1 | 6 | 6 | 14,00 |
| 152,045 | 152,068 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 23 | ATR Esq. | 40,25 | 1,75 | 2 | 12 | 24 | 56,00 |
| 152,067 | 152,079 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | ATR Esq. | 6,30 | 0,53 | 1 | 7 | 7 | 16,33 |
| 152,123 | 152,135 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | Faixa | 6,30 | 0,53 | 1 | 7 | 7 | 16,33 |
| 152,178 | 152,201 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 23 | Faixa | 12,08 | 0,53 | 1 | 12 | 12 | 28,00 |
| 152,200 | 152,212 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 152,377 | 152,389 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | Faixa | 6,30 | 0,53 | 1 | 7 | 7 | 16,33 |
| 152,675 | 152,687 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | ATR Dir. | 6,30 | 0,53 | 1 | 7 | 7 | 16,33 |

INVENTÁRIO DE DEFEITOS DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO (LVD-Vídeo)

UA: 03

km 148,98 à 155,25

Rodovia: BR-040/MG

Faixa: 1

Data: abril/17

| MONITORAMENTO | | | | | | | | MÉTODO DAS CÉLULAS | | | | |
|------------------|---------|-------|----------------------|------------|-----------------|-------------|------------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------|-------------------|------------------------------------|
| Localização (km) | | Faixa | Descrição | Severidade | Comprimento (m) | Localização | Área (m ²) | Largura (m) | Quantidade de células ocupadas | | Número de Células | Área das Células (m ²) |
| Inicial | Final | | | | | | | | Largura (m) | Comprimento (m) | | |
| 152,697 | 152,720 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 23 | Faixa | 12,08 | 0,53 | 1 | 12 | 12 | 28,00 |
| 152,853 | 152,865 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 152,875 | 152,887 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | ATR Esq. | 6,30 | 0,53 | 1 | 7 | 7 | 16,33 |
| 152,964 | 153,020 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 56 | ATR Dir. | 98,00 | 1,75 | 2 | 28 | 56 | 130,67 |
| 153,030 | 153,053 | 1 | Trincas Interligadas | FC-2 | 23 | ATR Dir. | 40,25 | 1,75 | 2 | 12 | 24 | 56,00 |
| 153,152 | 153,175 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 23 | ATR Dir. | 40,25 | 1,75 | 2 | 12 | 24 | 56,00 |
| 153,218 | 153,241 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 23 | ATR Dir. | 40,25 | 1,75 | 2 | 12 | 24 | 56,00 |
| 153,406 | 153,430 | 1 | Trincas Interligadas | FC-2 | 24 | ATR Dir. | 42,00 | 1,75 | 2 | 12 | 24 | 56,00 |
| 153,451 | 153,474 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 23 | ATR Esq. | 40,25 | 1,75 | 2 | 12 | 24 | 56,00 |
| 153,484 | 153,496 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Esq. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 153,495 | 153,518 | 1 | Trincas Interligadas | FC-2 | 23 | ATR Dir. | 40,25 | 1,75 | 2 | 12 | 24 | 56,00 |
| 153,517 | 153,529 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 153,528 | 153,551 | 1 | Trincas Interligadas | FC-2 | 23 | ATR Dir. | 40,25 | 1,75 | 2 | 12 | 24 | 56,00 |
| 153,583 | 153,607 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 24 | ATR Dir. | 42,00 | 1,75 | 2 | 13 | 26 | 60,67 |
| 153,628 | 153,651 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 23 | ATR Dir. | 40,25 | 1,75 | 2 | 12 | 24 | 56,00 |
| 153,728 | 153,751 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 23 | ATR Dir. | 40,25 | 1,75 | 2 | 12 | 24 | 56,00 |
| 153,960 | 153,983 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 23 | ATR Dir. | 40,25 | 1,75 | 2 | 12 | 24 | 56,00 |
| 154,004 | 154,016 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | Faixa | 6,30 | 0,53 | 1 | 6 | 6 | 14,00 |
| 154,004 | 154,050 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 46 | ATR Dir. | 80,50 | 1,75 | 2 | 23 | 46 | 107,33 |
| 154,060 | 154,072 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 154,159 | 154,171 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 154,281 | 154,293 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | ATR Esq. | 6,30 | 0,53 | 1 | 7 | 7 | 16,33 |
| 154,292 | 154,304 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 154,359 | 154,371 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 154,381 | 154,393 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 154,403 | 154,426 | 1 | Trincas Interligadas | FC-2 | 23 | ATR Dir. | 40,25 | 1,75 | 2 | 12 | 24 | 56,00 |
| 154,547 | 154,570 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 23 | ATR Esq. | 40,25 | 1,75 | 2 | 12 | 24 | 56,00 |
| 154,558 | 154,570 | 1 | Trincas Interligadas | FC-2 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 154,580 | 154,592 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 154,635 | 154,647 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 12 | ATR Esq. | 6,30 | 0,53 | 1 | 7 | 7 | 16,33 |
| 154,658 | 154,703 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 45 | ATR Dir. | 78,75 | 1,75 | 2 | 23 | 46 | 107,33 |
| 154,801 | 154,825 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 24 | ATR Dir. | 42,00 | 1,75 | 2 | 13 | 26 | 60,67 |

Área de defeitos monitorada: 2507,44 m²

Número de células: 1507

Área de células: 3516,33 m²

Área de células sem sobreposição de defeitos: 3222,33 m²

INVENTÁRIO DE DEFEITOS DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO (LVD-Vídeo)

UA: 04

km 257,82 à 264,12

Rodovia: BR-040/MG

Faixa: 1

Data: abril/17

| MONITORAMENTO | | | | | | | | | MÉTODO DAS CÉLULAS | | | |
|------------------|---------|-------|----------------------|------------|-----------------|-------------|-----------|-------------|--------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|
| Localização (km) | | Faixa | Descrição | Severidade | Comprimento (m) | Localização | Área (m²) | Largura (m) | Quantidade de células ocupadas | | Número de Células | Área das Células (m²) |
| Inicial | Final | | | | | | | | Largura (m) | Comprimento (m) | | |
| 257,844 | 257,856 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Esq. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 257,850 | 257,851 | 1 | Trincas Interligadas | FC-2 | 1 | ATR Esq. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 257,861 | 257,862 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | ATR Esq. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 257,861 | 257,862 | 1 | Trincas Interligadas | FC-2 | 1 | ATR Esq. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 258,052 | 258,053 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | ATR Esq. | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 258,464 | 258,465 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | ATR Dir. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 258,503 | 258,509 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 6 | Faixa | 21,00 | 3,5 | 3 | 4 | 12 | 28,00 |
| 258,514 | 258,515 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | ATR Dir. | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 258,525 | 258,531 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 6 | ATR Esq. | 10,50 | 1,75 | 2 | 4 | 8 | 18,67 |
| 258,569 | 258,570 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | ATR Esq. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 258,607 | 258,613 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 6 | Faixa | 3,15 | 0,53 | 1 | 4 | 4 | 9,33 |
| 258,656 | 258,674 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 18 | ATR Dir. | 31,50 | 1,75 | 2 | 9 | 18 | 42,00 |
| 258,711 | 258,729 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 18 | ATR Dir. | 9,45 | 0,53 | 1 | 10 | 10 | 23,33 |
| 258,744 | 258,745 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | ATR Esq. | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 258,810 | 258,816 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 6 | ATR Esq. | 10,50 | 1,75 | 2 | 3 | 6 | 14,00 |
| 258,854 | 258,871 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 17 | ATR Esq. | 29,75 | 1,75 | 2 | 9 | 18 | 42,00 |
| 258,925 | 258,932 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 7 | ATR Dir. | 12,25 | 1,75 | 2 | 4 | 8 | 18,67 |
| 258,942 | 258,948 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 6 | Faixa | 21,00 | 3,5 | 3 | 3 | 9 | 21,00 |
| 258,964 | 258,970 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 6 | ATR Esq. | 10,50 | 1,75 | 2 | 3 | 6 | 14,00 |
| 259,029 | 259,030 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | ATR Dir. | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 259,040 | 259,046 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 6 | ATR Dir. | 10,50 | 1,75 | 2 | 3 | 6 | 14,00 |
| 259,056 | 259,068 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | Faixa | 42,00 | 3,5 | 3 | 6 | 18 | 42,00 |
| 259,078 | 259,079 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | ATR Esq. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 259,089 | 259,123 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 34 | Faixa | 119,00 | 3,5 | 3 | 18 | 54 | 126,00 |
| 259,232 | 259,239 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 7 | ATR Dir. | 3,68 | 0,53 | 1 | 4 | 4 | 9,33 |
| 259,365 | 259,366 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | ATR Esq. | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 259,469 | 259,487 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 18 | ATR Dir. | 31,50 | 1,75 | 2 | 10 | 20 | 46,67 |
| 259,491 | 259,498 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 7 | ATR Esq. | 3,68 | 0,53 | 1 | 4 | 4 | 9,33 |
| 259,924 | 259,925 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | ATR Esq. | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 259,995 | 260,001 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 6 | ATR Dir. | 10,50 | 1,75 | 2 | 4 | 8 | 18,67 |
| 260,099 | 260,100 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | Faixa | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 260,225 | 260,232 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 7 | Faixa | 24,50 | 3,5 | 3 | 4 | 12 | 28,00 |
| 260,247 | 260,248 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | ATR Esq. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 260,264 | 260,286 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 22 | ATR Dir. | 11,55 | 0,53 | 1 | 11 | 11 | 25,67 |
| 260,269 | 260,286 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 17 | ATR Esq. | 29,75 | 1,75 | 2 | 9 | 18 | 42,00 |
| 260,307 | 260,314 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 7 | ATR Esq. | 12,25 | 1,75 | 2 | 4 | 8 | 18,67 |
| 260,329 | 260,330 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | Faixa | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 260,390 | 260,402 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 260,417 | 260,424 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 7 | ATR Esq. | 12,25 | 1,75 | 2 | 4 | 8 | 18,67 |
| 260,439 | 260,445 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 6 | ATR Esq. | 10,50 | 1,75 | 2 | 4 | 8 | 18,67 |
| 260,494 | 260,500 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 6 | ATR Dir. | 10,50 | 1,75 | 2 | 3 | 6 | 14,00 |
| 260,494 | 260,500 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 6 | Faixa | 3,15 | 0,53 | 1 | 3 | 3 | 7,00 |
| 260,521 | 260,533 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 260,521 | 260,539 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 18 | ATR Esq. | 31,50 | 1,75 | 2 | 10 | 20 | 46,67 |
| 260,527 | 260,533 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 6 | Faixa | 3,15 | 0,53 | 1 | 4 | 4 | 9,33 |
| 260,592 | 260,593 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | ATR Esq. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 260,620 | 260,627 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 7 | Faixa | 24,50 | 3,5 | 3 | 4 | 12 | 28,00 |
| 260,664 | 260,676 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 260,703 | 260,720 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 17 | Faixa | 59,50 | 3,5 | 3 | 9 | 27 | 63,00 |
| 260,730 | 260,742 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 260,769 | 260,775 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 6 | ATR Dir. | 10,50 | 1,75 | 2 | 4 | 8 | 18,67 |
| 260,802 | 260,803 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | ATR Dir. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 260,813 | 260,814 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | Faixa | 3,50 | 3,5 | 3 | 1 | 3 | 7,00 |
| 260,845 | 260,984 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 139 | Faixa | 486,50 | 3,5 | 3 | 70 | 210 | 490,00 |
| 260,868 | 260,869 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | Faixa | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |

INVENTÁRIO DE DEFEITOS DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO (LVD-Vídeo)

UA: 04

km 257,82 à 264,12

Rodovia: BR-040/MG

Faixa: 1

Data: abril/17

| MONITORAMENTO | | | | | | | | | MÉTODO DAS CÉLULAS | | | |
|------------------|---------|-------|----------------------|------------|-----------------|-------------|-----------|-------------|--------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|
| Localização (km) | | Faixa | Descrição | Severidade | Comprimento (m) | Localização | Área (m²) | Largura (m) | Quantidade de células ocupadas | | Número de Células | Área das Células (m²) |
| Inicial | Final | | | | | | | | Largura (m) | Comprimento (m) | | |
| 260,950 | 260,951 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | Faixa | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 260,994 | 261,000 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 6 | ATR Esq. | 10,50 | 1,75 | 2 | 3 | 6 | 14,00 |
| 261,010 | 261,022 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 261,032 | 261,039 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 7 | ATR Dir. | 12,25 | 1,75 | 2 | 4 | 8 | 18,67 |
| 261,060 | 261,061 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | ATR Dir. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 261,114 | 261,132 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 18 | Faixa | 63,00 | 3,5 | 3 | 9 | 27 | 63,00 |
| 261,164 | 261,170 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 6 | ATR Dir. | 10,50 | 1,75 | 2 | 3 | 6 | 14,00 |
| 261,208 | 261,209 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | ATR Dir. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 261,208 | 261,214 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 6 | ATR Esq. | 10,50 | 1,75 | 2 | 3 | 6 | 14,00 |
| 261,279 | 261,280 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | ATR Dir. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 261,290 | 261,291 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | ATR Esq. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 261,301 | 261,313 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | Faixa | 42,00 | 3,5 | 3 | 7 | 21 | 49,00 |
| 261,323 | 261,324 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | ATR Esq. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 261,454 | 261,455 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | ATR Dir. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 261,498 | 261,499 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | Faixa | 3,50 | 3,5 | 3 | 1 | 3 | 7,00 |
| 261,542 | 261,554 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 261,608 | 261,609 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | ATR Dir. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 261,707 | 261,708 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | ATR Dir. | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 261,740 | 261,741 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | ATR Dir. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 261,762 | 261,769 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 7 | ATR Dir. | 12,25 | 1,75 | 2 | 4 | 8 | 18,67 |
| 261,784 | 261,785 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | ATR Dir. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 261,916 | 261,917 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | Faixa | 3,50 | 3,5 | 3 | 1 | 3 | 7,00 |
| 261,949 | 261,961 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 261,977 | 262,000 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 23 | ATR Dir. | 40,25 | 1,75 | 2 | 12 | 24 | 56,00 |
| 262,004 | 262,005 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | ATR Dir. | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 262,092 | 262,115 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 23 | ATR Dir. | 40,25 | 1,75 | 2 | 12 | 24 | 56,00 |
| 262,153 | 262,154 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | ATR Esq. | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 262,197 | 262,198 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | Faixa | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 262,268 | 262,269 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | Faixa | 3,50 | 3,5 | 3 | 1 | 3 | 7,00 |
| 262,449 | 262,450 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | ATR Esq. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 262,580 | 262,581 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | ATR Dir. | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 262,751 | 262,752 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | ATR Dir. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 262,850 | 262,851 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | ATR Dir. | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 262,855 | 262,856 | 1 | Trincas Interligadas | FC-2 | 1 | ATR Dir. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 262,910 | 262,911 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | Faixa | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 262,943 | 262,944 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | Faixa | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 263,052 | 263,053 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | Faixa | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 263,228 | 263,234 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 6 | ATR Esq. | 10,50 | 1,75 | 2 | 3 | 6 | 14,00 |
| 263,272 | 263,273 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | Faixa | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 263,381 | 263,382 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | ATR Dir. | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 263,436 | 263,437 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | ATR Esq. | 1,75 | 1,75 | 2 | 1 | 2 | 4,67 |
| 263,447 | 263,448 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | Faixa | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 263,772 | 263,773 | 1 | Trincas Isoladas | FC-2/3 | 1 | Faixa | 0,53 | 0,53 | 1 | 1 | 1 | 2,33 |
| 263,927 | 263,933 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 6 | ATR Dir. | 10,50 | 1,75 | 2 | 4 | 8 | 18,67 |
| 263,982 | 263,983 | 1 | Trincas Interligadas | FC-1 | 1 | Faixa | 3,50 | 3,5 | 3 | 1 | 3 | 7,00 |

Área de defeitos monitorada: 1609,25 m²

Número de células: 894

Área de células: 2086,00 m²

Área de células sem
sobreposição de defeitos: 1918 m²

INVENTÁRIO DE DEFEITOS DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO (LVD-Vídeo)

UA: 08

km 644,55 à 646,55

Rodovia: BR-040/MG

Faixa: 2

Data: abril/17

| MONITORAMENTO | | | | | | | | | MÉTODO DAS CÉLULAS | | | |
|------------------|---------|-------|----------------------|------------|-----------------|-------------|-----------|-------------|--------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|
| Localização (km) | | Faixa | Descrição | Severidade | Comprimento (m) | Localização | Área (m²) | Largura (m) | Quantidade de células ocupadas | | Número de Células | Área das Células (m²) |
| Inicial | Final | | | | | | | | Largura (m) | Comprimento (m) | | |
| 644,650 | 644,678 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 28 | ATR Dir. | 49,00 | 1,75 | 2 | 14 | 28 | 65,33 |
| 644,683 | 644,695 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Esq. | 21,00 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 644,721 | 644,728 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 7 | ATR Esq. | 12,25 | 1,75 | 2 | 4 | 8 | 18,67 |
| 644,732 | 644,744 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 644,787 | 644,805 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 18 | ATR Dir. | 31,50 | 1,75 | 2 | 10 | 20 | 46,67 |
| 644,798 | 644,843 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 45 | ATR Esq. | 78,75 | 1,75 | 2 | 23 | 46 | 107,33 |
| 644,919 | 644,931 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Esq. | 21,00 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 644,979 | 644,991 | 2 | Trincas Interligadas | FC-2 | 12 | ATR Esq. | 21,00 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 644,996 | 645,013 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 17 | ATR Dir. | 29,75 | 1,75 | 2 | 9 | 18 | 42,00 |
| 645,051 | 645,057 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 6 | ATR Esq. | 10,50 | 1,75 | 2 | 4 | 8 | 18,67 |
| 645,067 | 645,085 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 18 | ATR Esq. | 31,50 | 1,75 | 2 | 10 | 20 | 46,67 |
| 645,122 | 645,173 | 2 | Trincas Interligadas | FC-2 | 51 | ATR Esq. | 89,25 | 1,75 | 2 | 26 | 52 | 121,33 |
| 645,144 | 645,151 | 2 | Trincas Interligadas | FC-2 | 7 | ATR Dir. | 12,25 | 1,75 | 2 | 4 | 8 | 18,67 |
| 645,188 | 645,200 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 645,188 | 645,216 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 28 | ATR Esq. | 49,00 | 1,75 | 2 | 14 | 28 | 65,33 |
| 645,205 | 645,233 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 28 | ATR Dir. | 49,00 | 1,75 | 2 | 15 | 30 | 70,00 |
| 645,215 | 645,228 | 2 | Trincas Interligadas | FC-2 | 13 | ATR Esq. | 22,75 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 645,232 | 645,249 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 17 | ATR Esq. | 29,75 | 1,75 | 2 | 9 | 18 | 42,00 |
| 645,248 | 645,260 | 2 | Trincas Interligadas | FC-2 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 645,259 | 645,288 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 29 | ATR Dir. | 50,75 | 1,75 | 2 | 15 | 30 | 70,00 |
| 645,270 | 645,283 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 13 | ATR Esq. | 22,75 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 645,293 | 645,299 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 6 | ATR Dir. | 10,50 | 1,75 | 2 | 4 | 8 | 18,67 |
| 645,304 | 645,315 | 2 | Trincas Interligadas | FC-2 | 11 | Faixa | 38,50 | 3,5 | 3 | 6 | 18 | 42,00 |
| 645,314 | 645,348 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 34 | ATR Esq. | 59,50 | 1,75 | 2 | 17 | 34 | 79,33 |
| 645,320 | 645,343 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 23 | ATR Dir. | 40,25 | 1,75 | 2 | 12 | 24 | 56,00 |
| 645,347 | 645,403 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 56 | Faixa | 196,00 | 3,5 | 3 | 29 | 87 | 203,00 |
| 645,402 | 645,414 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Esq. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 645,440 | 645,463 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 23 | Faixa | 80,50 | 3,5 | 3 | 12 | 36 | 84,00 |
| 645,468 | 645,480 | 2 | Trincas Interligadas | FC-2 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 645,473 | 645,502 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 29 | ATR Esq. | 50,75 | 1,75 | 2 | 15 | 30 | 70,00 |
| 645,495 | 645,518 | 2 | Trincas Interligadas | FC-2 | 23 | ATR Dir. | 40,25 | 1,75 | 2 | 12 | 24 | 56,00 |
| 645,512 | 645,518 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 6 | ATR Esq. | 10,50 | 1,75 | 2 | 3 | 6 | 14,00 |
| 645,556 | 645,568 | 2 | Trincas Interligadas | FC-2 | 12 | ATR Esq. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 645,600 | 645,700 | 2 | Trincas Interligadas | FC-2 | 40 | ATR Dir. | 70,00 | 1,75 | 2 | 20 | 40 | 93,33 |
| 646,134 | 646,157 | 2 | Trincas Interligadas | FC-2 | 23 | Faixa | 80,50 | 3,5 | 3 | 12 | 36 | 84,00 |
| 646,156 | 646,168 | 2 | Trincas Interligadas | FC-2 | 12 | Bordo Dir. | 14,00 | 1,17 | 1 | 6 | 6 | 14,00 |
| 646,172 | 646,184 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 646,239 | 646,267 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 28 | Faixa | 98,00 | 3,5 | 3 | 15 | 45 | 105,00 |
| 646,266 | 646,300 | 2 | Trincas Interligadas | FC-2 | 34 | ATR Esq. | 59,50 | 1,75 | 2 | 17 | 34 | 79,33 |
| 646,354 | 646,366 | 2 | Trincas Interligadas | FC-2 | 12 | ATR Esq. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 646,359 | 646,382 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 23 | ATR Dir. | 40,25 | 1,75 | 2 | 12 | 24 | 56,00 |
| 646,409 | 646,421 | 2 | Trincas Interligadas | FC-2 | 12 | ATR Esq. | 21,00 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 646,453 | 646,465 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Esq. | 21,00 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 646,469 | 646,487 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 18 | Faixa | 63,00 | 3,5 | 3 | 10 | 30 | 70,00 |
| 646,624 | 646,636 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 6 | 12 | 28,00 |
| 646,624 | 646,664 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 40 | ATR Esq. | 70,00 | 1,75 | 2 | 20 | 40 | 93,33 |
| 646,722 | 646,734 | 2 | Trincas Interligadas | FC-2 | 12 | Faixa | 42,00 | 3,5 | 3 | 6 | 18 | 42,00 |
| 646,744 | 646,762 | 2 | Trincas Interligadas | FC-2 | 18 | ATR Dir. | 31,50 | 1,75 | 2 | 9 | 18 | 42,00 |
| 646,838 | 646,856 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 18 | ATR Esq. | 31,50 | 1,75 | 2 | 9 | 18 | 42,00 |
| 646,877 | 646,889 | 2 | Trincas Interligadas | FC-2 | 12 | ATR Esq. | 21,00 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 646,905 | 646,917 | 2 | Trincas Interligadas | FC-2 | 12 | ATR Dir. | 21,00 | 1,75 | 2 | 7 | 14 | 32,67 |
| 646,927 | 646,939 | 2 | Trincas Interligadas | FC-1 | 12 | Faixa | 42,00 | 3,5 | 3 | 7 | 21 | 49,00 |

Área de defeitos monitorada: 2073,75 m²

Número de células: 1145

Área de células: 2671,67 m²

Área de células sem
sobreposição de defeitos: 2671,7 m²