



AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES ANTT

**RECURSO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO RDT:
PROCEDIMENTO PARA LEVANTAMENTO VISUAL
CONTÍNUO INFORMATIZADO (LVCI)
PELO MÉTODO DA VARREDURA**

RELATÓRIO FINAL

Nova Lima/MG, Agosto de 2017.

RECURSO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO RDT PROCEDIMENTO PARA LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO INFORMATIZADO (LVCI) PELO MÉTODO DA VARREDURA

RESUMO: Através de verba do Recurso de Desenvolvimento Tecnológico (RDT) disponibilizada pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) à Concessionária BR-040 S.A. (Via040) está sendo proposto um método de Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) pelo Método da Varredura de defeitos dos pavimentos. O procedimento já vem sendo aplicado por diversas empresas nacionais e internacionais e pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) em diversas rodovias, concedidas ou não. Entretanto, não há uma Norma específica para realização e aplicação desse tipo de levantamento. Portanto, faz-se necessário a normatização do procedimento e a exemplificação de formas de aplicação dos resultados. O artigo demonstra a aplicação dos resultados para determinação das áreas de trincamento e do índice de gravidade global (IGG), previstos nas Normas do DNIT. Os resultados também podem ser utilizados para definição de segmentos homogêneos e para elaboração de cálculos para obtenção de dados para estudos, projetos e gerência de pavimentos. O vídeo registro é importante para validação do levantamento realizado e para realização de diagnósticos das condições de superfície dos pavimentos. O histórico de filmagens do pavimento também é útil para o desenvolvimento de estudos de previsão de desempenho dos pavimentos. Sabe-se que para validação do procedimento proposto é necessário interagir com o meio técnico-científico e órgãos rodoviários, em particular o Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), para formatar uma apresentação final sujeita a consulta pública. Faz parte do RDT a continuidade dos trabalhos através dessa interação entre a ANTT e IPR/DNIT para validação de uma Norma para o Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) pelo Método da Varredura.

PALAVRAS-CHAVE: pavimento, defeitos, levantamento visual contínuo (LVC), vídeo registro.

ÍNDICE

I – INTRODUÇÃO	4
II – OBJETIVO	5
III – ESCOPO DO TRABALHO	6
IV – DESENVOLVIMENTO E METODOLOGIA DO TRABALHO	7
V – ARTIGO	8
VI – CONCLUSÕES	25
REFERÊNCIAS	26
ANEXOS	28

I – INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico os levantamentos com uso da informática e instrumentação podem melhorar o método de cadastro dos defeitos em pavimentos previstos na Norma DNIT 005/2003-TER. Através de um veículo munido de instrumentos e um sistema de automação, aquisição e processamento de dados (SAPD) pode-se realizar Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) pelo Método da Varredura. A instrumentação é composta por odômetro digital, Global Position System (GPS), câmera filmadora digital e computador. Como resultado obtém-se uma planilha contendo as quantidades de todos os defeitos previstos na Norma DNIT 005/2003-TER em espaçamentos pré-definidos, expressos em área, extensão ou unidade. Os resultados também podem ser utilizados em métodos mecanicistas de dimensionamento de pavimentos e nos tradicionais Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGPs), por exemplo, o HDM-4. As imagens dos pavimentos em sincronia com o odômetro, plani-altimetria e defeitos cadastrados podem ser visualizados através de um sistema visualizador do vídeo registro. O vídeo registro além de “trazer” a rodovia para o escritório, facilitando a elaboração de análises, também valida o LVC, pois demonstra a legenda dos defeitos cadastrados em sincronia com as imagens e o caminhamento do veículo em planta e perfil.

No Brasil os levantamentos dos defeitos são realizados pelas normas do DNIT 006/2003-PRO, DNIT 007/2003-PRO ou DNIT 008/2003-PRO, cujos procedimentos contemplam apenas um percentual da área do pavimento. O LVCI pelo Método da Varredura quantifica todos os defeitos da superfície do pavimento, sem necessidade de trabalhar por amostragem. Além disso, as Normas 006/2003-PRO e 008/2003-PRO consideram apenas a ocorrência do defeito dentro da superfície de avaliação, desprezando sua área, extensão ou quantidade. Por exemplo, dois segmentos com mesmo afundamento em trilha de roda e diferentes percentuais de trincamento apresentarão o mesmo Índice de Gravidade Global (IGG), mesmo que um dos segmentos esteja 100% trincado e outro apenas 5%. A modernização do procedimento de LVC aumenta a precisão do inventário de defeitos dos pavimentos, pois os cálculos consideram toda área de abrangência dos defeitos, não sendo realizados por amostragem.

II – OBJETIVO

Objetiva-se estabelecer e padronizar uma metodologia para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos pelo processo de Levantamento Visual Contínuo (LVC) com uso de tecnologia que faz uso de informática e instrumentação. A metodologia, após avaliação e aprovação da ANTT e do IPR/DNIT, será disponibilizada para consulta pública durante determinado tempo, visando sugestões ao projeto de Norma Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) pelo Método da Varredura. Pretende-se que a Norma complemente o

conjunto de Normas existentes, cada uma com a sua devida aplicação. Diferente das demais, a Norma proposta será muito útil para obter a radiografia dos defeitos dos pavimentos, comprovados por meio de vídeo registro, cujos resultados serão tratados para obtenção da condição do pavimento (nível de deterioração) e sua relação com os critérios de falência dos pavimentos, ensaios laboratoriais e modelos previsão de desempenho.

A aplicação da metodologia permitirá que os defeitos previstos na Norma DNIT 005/2003-TER e no HDM-4 sejam quantificados de forma contínua (varredura), sem fazer tratamento estatístico de estações de amostragens ao longo da rodovia. Destacam-se dois defeitos, a área de trincamento e afundamento em trilha de roda, que representam em qual fase de deterioração relacionada, respectivamente, às deformações resilientes ou elásticas (fadiga) e às deformações permanentes o pavimento se encontra. Esses dois parâmetros, trincamento e afundamento em trilha de roda, são utilizados em métodos mecanicistas de dimensionamento como critérios de falência do pavimento. Os resultados do levantamento proporcionarão informações necessárias para: (i) elaboração de cálculo para definição de índice que determine a condição dos pavimentos; (ii) aferição de modelos de previsão de desempenho dos pavimentos; (iii) orientação dos estudos para estimativa do Fator Laboratório-Campo (FLC); e (iv) execução de estudos de dimensionamento de restauração dos pavimentos.

III – ESCOPO DO TRABALHO

A seguir apresentam-se as atividades que foram desenvolvidas durante a pesquisa de Recurso de Desenvolvimento Tecnológico (RDT), em ordem sequencial.

A- Elaboração de Documento para submeter à ANTT e IPR/DNIT para fins de Normatização

Elaboração de documento contendo o procedimento do levantamento visual contínuo informatizado (LVCI) pelo método da varredura para fins de apresentação para ANTT e, posterior, submissão à avaliação do IPR/DNIT.

B- Aplicação dos Resultados do LVCI pelo Método da Varredura

Elaboração de artigo demonstrando a aplicação dos resultados para determinação das áreas de trincamento e do índice de gravidade global (IGG), previstos nas Normas do DNIT. Os resultados também são aplicados para definição de segmentos homogêneos.

C- Disponibilização da Norma para Consulta Pública

Disponibilidade da Norma para consulta pública, pós aprovação da ANNT e IPR/DNIT.

IV – DESENVOLVIMENTO E METODOLOGIA DO TRABALHO

Buscando a modernização do processo de inventário dos defeitos dos pavimentos o LVC deve ser realizado para que todos os defeitos que se manifestam na superfície do pavimento possam ser qualificados e quantificados ao longo de cada faixa de tráfego de forma contínua (varredura completa da superfície do pavimento). Isso também é importante para a alimentação do modelo HDM-4, que exige a quantificação e qualificação dos defeitos dos pavimentos, como por exemplo, o trincamento, medido por área (m²), que deve ser expresso em percentual (%).

Devido ao caráter dinâmico do LVCI, para aplicação do método é necessário o uso de um veículo equipado com instrumentação, filmadora e sistema de automação, aquisição e processamento de dados (SAPD). A instrumentação, ainda que moderna, consiste de equipamentos de baixo custo e de fácil montagem, sendo composta por hodômetro digital, Global Position System (GPS) de navegação, câmera filmadora digital e computador, interligados e monitorados por um sistema operacional, que permitirá, através da aplicação de uma metodologia de levantamento, obter a “radiografia” de toda a superfície do pavimento, em que os defeitos serão materializados (posição em relação ao km da rodovia e ao sistema de coordenadas global), qualificados e quantificados com unidades representativas (área, extensão e quantidade).

A “radiografia” de toda a superfície do pavimento, com os defeitos materializados (posição em relação ao km da rodovia e ao sistema de coordenadas global), qualificados e quantificados com unidades representativas (área, extensão e quantidade) contempla os seguintes defeitos de superfície: trincas classes 2 e 3; afundamento localizado; afundamento de trilha de roda; ondulação transversal; escorregamento; exsudação; desgaste; panela; remendo; trinca longitudinal; trinca transversal; quebra de bordo e tapa buraco. O defeito denominado *quebra de bordo* não consta nas normas vigentes no país, porém o mesmo faz parte dos dados de entrada do modelo HDM-4. Os defeitos *tapa buraco* e *bombeamento de água* que também não é citado nas normas do Brasil, é incluso no levantamento, pois é um indicativo importante do desempenho do pavimento.

A planilha originada pelo sistema de automação, aquisição e processamento de dados (SAPD) apresenta todos os defeitos do pavimento a cada 1m, de forma que se pode fazer qualquer cálculo, em áreas com quaisquer dimensões (6m x largura da faixa ou 20m x largura da faixa...) posicionadas em qualquer estaca da rodovia. Basta informar as estacas desejadas e quais os comprimentos de ré e vante em relação à estaca, para que o software de processamento de dados possa realizar os cálculos e apresentar os resultados. Comumente os resultados da avaliação do estado da superfície dos pavimentos são apresentados de forma contínua em segmentos com 20 m de extensão em uma planilha eletrônica, em que cada linha corresponde a um segmento de 20 m. As colunas da planilha eletrônica indicam os dados da rodovia e os parâmetros levantados

com suas quantidades. Entretanto, podem-se apresentar os resultados conforme necessidade de determinado estudo ou programa de gerência.

A metodologia de levantamento dos defeitos denominada de Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) pelo método da varredura será objeto de elaboração de Norma de Procedimento. Os resultados do LVCI foram aplicados nas Normas DNIT: 006/2003 PRO, 007/2003 PRO e 008/2003 PRO, demonstrando os diferentes resultados em função da variação do espaçamento entre estações de ensaio. Visto que nas normas de procedimento (PRO) citadas os levantamentos contemplam apenas um percentual da área do pavimento, o método da varredura de todos os defeitos na superfície do pavimento fornece o estado de superfície do pavimento sem necessidade de trabalhar por amostragem, que considera apenas a ocorrência do defeito dentro da superfície de avaliação, desprezando sua área, extensão ou quantidade.

A formatação final da metodologia de procedimento será descrita em formato de Norma. A técnica adotada no levantamento de campo será filmada, sendo também apresentado o vídeo registro para facilitar o entendimento do procedimento. A metodologia (texto e filmagens) será submetida à ANTT e ao IPR/DNIT para que possam contribuir com sugestões e críticas que atendam o objetivo almejado. Quando da reunião no IPR/DNIT, preferencialmente com a presença de um membro da equipe da ANTT, poderá ser feita uma demonstração do método “ao vivo”. A metodologia, após avaliação e aprovação da ANTT e do IPR/DNIT, será disponibilizada para consulta pública durante determinado tempo, visando sugestões ao projeto de Norma Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) pelo Método da Varredura. Durante esse período o Eng. Rafael Cerqueira Silva ficará disponível para o intercâmbio de ideias com aqueles que apresentarem sugestões e críticas. O também engenheiro estará presente no encontro aberto ao público para formatação final da Norma. O local do encontro será definido pela ANTT e IPR/DNIT. Essa interação entre a ANTT e DNIT é importante, pois ambos objetivam que as monitorações dos pavimentos promovam respostas que revelem as condições do pavimento, para garantir o fluxo de tráfego com segurança e baixo custo operacional ao usuário.

Para fins de capacitação técnica, após definição do procedimento, o mesmo será ensinado para a equipe da Via040, estendendo-se o convite à equipe da ANTT, num trecho da rodovia BR-040/MG próximo à Sede da Via040 (Nova Lima/MG). No treinamento também contemplará a execução dos cálculos.

V – PROPOSTA DE TEXTO E FORMATAÇÃO DE NORMA
LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO INFORMATIZADO (LVCI) PELO MÉTODO
DA VARREDURA - PROCEDIMENTO

LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO INFORMATIZADO (LVCI) PELO MÉTODO DA VARREDURA - PROCEDIMENTO

Rafael Cerqueira Silva

ENGGEOTECH, Juiz de Fora, Brasil, rafael@enggeotech.com.br

Resumo

Este documento apresenta os termos técnicos empregados em defeitos que ocorrem nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos e serve para padronizar os termos utilizados nos Levantamentos Visuais Contínuos Informatizados (LVCI) pelo Método da Varredura. Também define o procedimento a ser executado no levantamento para avaliação da condição de superfície através da qualificação e quantificação de todos os defeitos existentes na área do pavimento. O procedimento apresentado foi elaborado através de verba do Recurso de Desenvolvimento Tecnológico (RDT) disponibilizada pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) à Concessionária BR-040 S.A. (Via040). Objetiva-se o estabelecimento de uma Norma de Procedimento do Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) pelo Método da Varredura.

Palavras-chave: pavimento, defeitos, levantamento visual contínuo (LVC), vídeo registro.

1. Introdução

Com o avanço tecnológico os levantamentos com uso da informática e instrumentação podem melhorar o método de cadastro dos defeitos em pavimentos previstos na Norma DNIT 005/2003-TER. Através de um veículo munido de instrumentos e um sistema de automação, aquisição e processamento de dados (SAPD) pode-se realizar Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) pelo Método da Varredura. A instrumentação é composta por odômetro digital, Global Position System (GPS), câmera filmadora digital e computador. Como resultado obtém-se uma planilha contendo as quantidades de todos os defeitos previstos na Norma DNIT 005/2003-TER em espaçamentos pré-definidos, expressos em área, extensão ou unidade. Os resultados também podem ser utilizados em métodos mecanicistas de dimensionamento de pavimentos e nos tradicionais Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGPs), por exemplo, o HDM-4. As imagens dos pavimentos em sincronia com o odômetro, plani-altimetria e defeitos cadastrados podem ser visualizados através de um sistema visualizador do vídeo registro. O vídeo registro além de “trazer” a rodovia para o escritório, facilitando a elaboração de análises, também valida o LVC, pois demonstra a legenda dos defeitos cadastrados em sincronia com as imagens e o caminhamento do veículo em planta e perfil.

No Brasil os levantamentos dos defeitos são realizados pelas normas do DNIT 006/2003-

PRO, DNIT 007/2003-PRO ou DNIT 008/2003-PRO, cujos procedimentos contemplam apenas um percentual da área do pavimento. O LVCI pelo Método da Varredura quantifica todos os defeitos da superfície do pavimento, sem necessidade de trabalhar por amostragem. Além disso, as Normas 006/2003-PRO e 008/2003-PRO consideram apenas a ocorrência do defeito dentro da superfície de avaliação, desprezando sua área, extensão ou quantidade. Por exemplo, dois segmentos com mesmo afundamento em trilha de roda e diferentes percentuais de trincamento apresentarão o mesmo Índice de Gravidade Global (IGG), mesmo que um dos segmentos esteja 100% trincado e outro apenas 5%. A modernização do procedimento de LVC aumenta a precisão do inventário de defeitos dos pavimentos, pois os cálculos consideram toda área de abrangência dos defeitos, não sendo realizados por amostragem.

2. Defeitos nos Pavimentos (Norma DNIT 005/2003-TER)

Os defeitos de superfície são os danos ou deteriorações na superfície dos pavimentos asfálticos que podem ser identificados a olho nu e classificados segundo uma terminologia normatizada. Os defeitos objeto do cadastro realizado pelo LVCI pelo Método da Varredura são aqueles previstos na Norma DNIT 005/2003-TER (Tabela 1). Nas Figuras 1 a 15 são apresentados os principais defeitos de superfície e suas unidades de medição. Dos defeitos descritos na Norma, destacam-se: trinca longitudinal; trinca transversal; trincas classes 2 e 3; afundamento localizado; afundamento de trilha de roda; ondulação transversal; escorregamento; exsudação; desgaste; panela; e remendo. O defeito denominado *quebra de bordo* não consta nas normas vigentes no país, porém faz parte dos dados de entrada do sistema de gerência de pavimentos HDM-4. Os defeitos *tapa buraco* e *bombeamento de água* também podem ser inclusos nos levantamentos, visto que podem ajudar no diagnóstico da condição funcional. O defeito *tapa buraco* tem probabilidade de evoluir para uma panela, em função do processo executivo, que não é muito rigoroso, sendo normalmente executado a nível emergencial. Em trechos com bombeamento de água qualquer alternativa de intervenção no pavimento deverá contemplar um sistema de drenagem. Existem diversas publicações nacionais e internacionais sobre as causas de defeitos nos pavimentos, não sendo objeto de discussão no presente documento. Entretanto, ressalta-se a importância de um diagnóstico com visão mais ampla das prováveis causas que levaram ao aparecimento dos defeitos de superfície para definição de intervenção mais adequada no pavimento.

Tabela 1 - Quadro resumo dos defeitos, codificação e classificação (Anexo A da Norma 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

OUTROS DEFEITOS				CODIFICAÇÃO
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base				O
Escorregamento (do revestimento betuminoso)				E
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento				EX
Desgaste acentuado na superfície do revestimento				D
“Painelas” ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P
Remendos			Remendo Superficial	RS
			Remendo Profundo	RP

NOTA 1: Classe das trincas isoladas

FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm.

FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas.

FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.

NOTA 2: Classe das trincas interligadas

As trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas.



Figura 1 - Trinca longitudinal (extensão, m).



Figura 2 - Trinca transversal (unidade, und).



Figura 3 - Trinca classe 2 FC-2 (área de superfície trincada, m²).



Figura 4 - Trinca classe 3 FC-3 (área de superfície trincada, m²).



Figura 5 - Afundamento localizado (número de afundamentos, und).



Figura 6 - Afundamento da trilha de roda (extensão, m).



Figura 7 - Ondulação transversal O (extensão, m).



Figura 8 - Escorregamento E (extensão, m).



Figura 9 - Exsudação EX (extensão, m).



Figura 10 - Desgaste D (área de superfície desgastada, m^2).



Figura 11 - Painel P (número de painéis: pequena PP, média PM e grande PG - und). A quantidade de painéis pode ser transformada em área (m^2), sabendo-se que a painel média corresponde a 30x30x10cm (padrão do HDM-4).

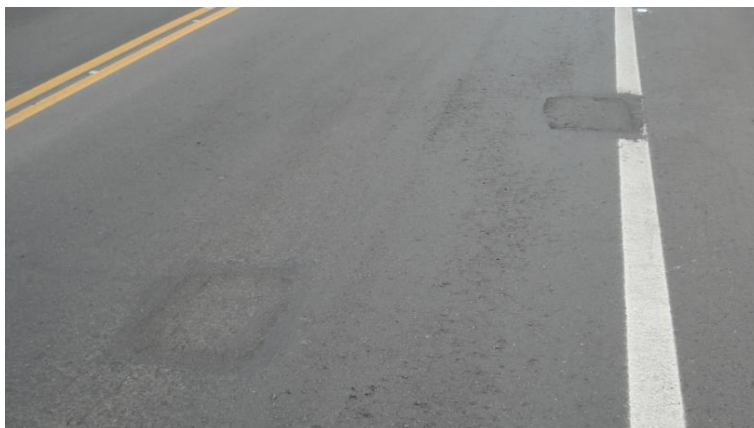


Figura 12 - Remendo (área de superfície remendada, m²).



Figura 13 - Tapa buracos TB ou remendos provisórios pontuais (número de tapa buracos, und).



Figura 14 – Bombeamento de água no pavimento (número de pontos de bombeamento, und).



Figura 15 - Quebra de bordo QB (área de superfície com quebra de bordo, m^2). Esse defeito começou a ser medido pelo DNIT na campanha de LVC de 2006, devido à solicitação deste no modelo HDM-4.

3 - Método de Levantamento

O LVCI pelo Método da Varredura é realizado com auxílio de um veículo equipado com computador de bordo, Global Position System (GPS), câmera digital, teclado padronizado com os tipos de defeitos preconizados, odômetro digital de alta precisão (erro máximo admissível de 1 m/km). Todos os equipamentos são conectados ao computador com um Sistema de Automação, Aquisição e Processamento de Dados (SAPD) instalado.

Os instrumentos são monitorados pelo SAPD, que deve garantir que todos os defeitos qualificados e quantificados em campo ou em escritório sejam apresentados em sincronia com as medições dos equipamentos.

O SAPD também deverá permitir que outras informações sejam digitadas, sendo o registro destas vinculado ao local em que foi acionado o comando para entrada da informação digitada. Como todos os marcos quilométricos devem ser registrados é aconselhável que exista uma tecla de atalho para ser acionada quando a referência do veículo estiver alinhada com a placa do km.

Em outro sistema, ou no próprio SAPD, os dados levantados, a filmagem, a plani-altimetria obtida pelo GPS e a legenda dos defeitos devem ser visualizados em sincronia. O sistema de visualização deverá permitir ao usuário o recurso de pausar, avançar ou retroceder as imagens, conforme interesse. A visualização das imagens e dos demais dados em sincronia é importante para a validação do LVC e para que a equipe de escritório possa avaliar melhor o segmento levantado, para outras finalidades (por exemplo, elaboração de diagnósticos, estudos, projetos e outros). Na Figura 16 apresenta-se um exemplo de apresentação dos resultados através de um sistema de visualização. O esquema de montagem, funcionamento e aplicação do método de levantamento é apresentado na Figura 17.

Como o objetivo do levantamento é obter uma “radiografia” de toda a superfície do pavimento, em que os defeitos são materializados (posição em relação ao km da rodovia e ao sistema de coordenadas global), qualificados e quantificados com unidades representativas (área, extensão e quantidade), os resultados devem ser apresentados em espaçamentos pré-definidos (a cada 20m, por exemplo) em uma planilha eletrônica. Nessa planilha as linhas referem-se ao espaçamento de levantamento. As colunas da planilha referem-se ao início e fim de cada linha da planilha (km i, km f, Longitude, Latitude e Altitude do km i) e, depois destas cinco colunas, aos defeitos dos pavimentos.

3.1 – Condições de Campo

O levantamento não deve ser realizado em dias chuvosos, com muita neblina, ou com pouca luz natural (início ou final do dia).

3.2 – Equipe

São necessárias duas equipes para realização LVCI e preparação/elaboração dos resultados do levantamento: uma equipe de campo e outra de escritório.

A equipe de campo deverá constituída por engenheiro civil (ou técnico) e motorista.

A equipe técnica de escritório deverá ser coordenada por um engenheiro civil. As equipes são coordenadas por um engenheiro civil, responsável técnico dos trabalhos.

3.3 – Operação do Veículo

O veículo é operado a uma velocidade média máxima de 60 km/h, percorrendo o centro da faixa de rolamento.

3.4 – Apresentação dos Resultados

Os resultados da avaliação do estado da superfície dos pavimentos são apresentados de forma contínua em segmentos com espaçamentos pré-definidos em uma planilha eletrônica. Cada linha da planilha corresponde a um segmento com a extensão pré-definida. As colunas da planilha indicam os dados da rodovia e os parâmetros levantados com suas respectivas quantidades. Deve-se também apresentar o vídeo registro em sincronia com os dados levantados, através de um sistema de visualização. Esse servirá para validação do levantamento.

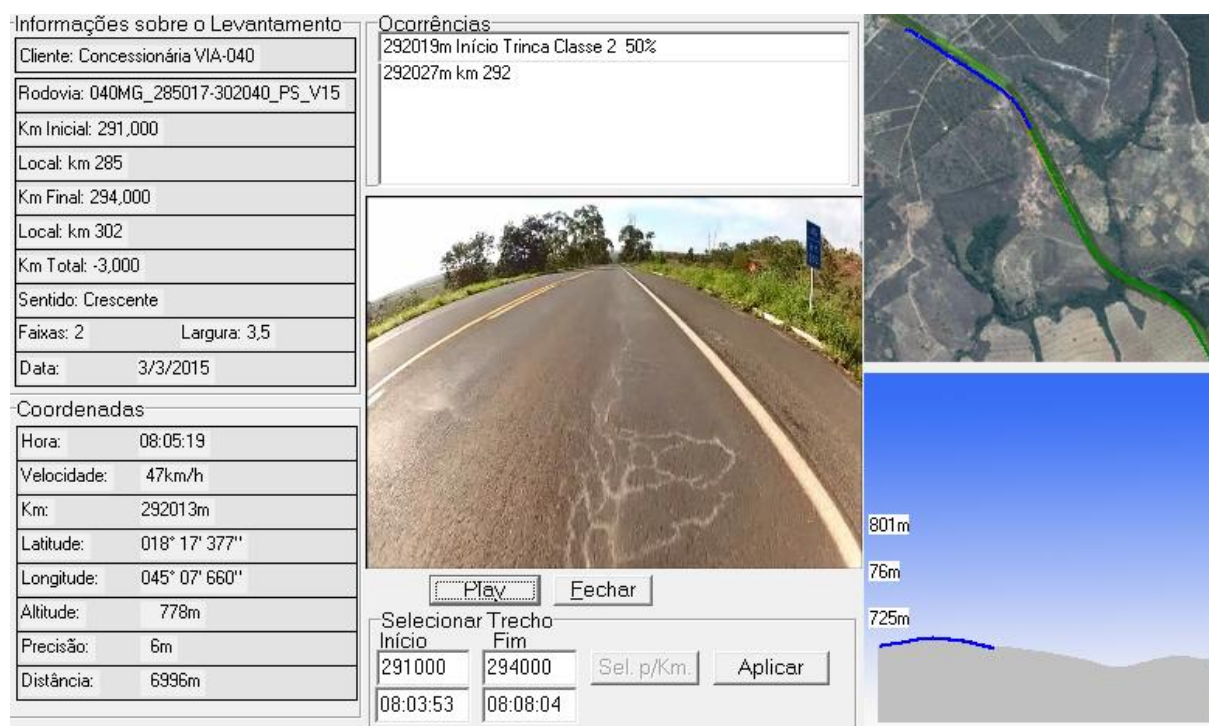


Figura 16 – Exemplo de apresentação do LVCI pelo Método da Varredura com uso de vídeo registro e indicação dos defeitos em sincronia com as imagens e plani-altimetria.

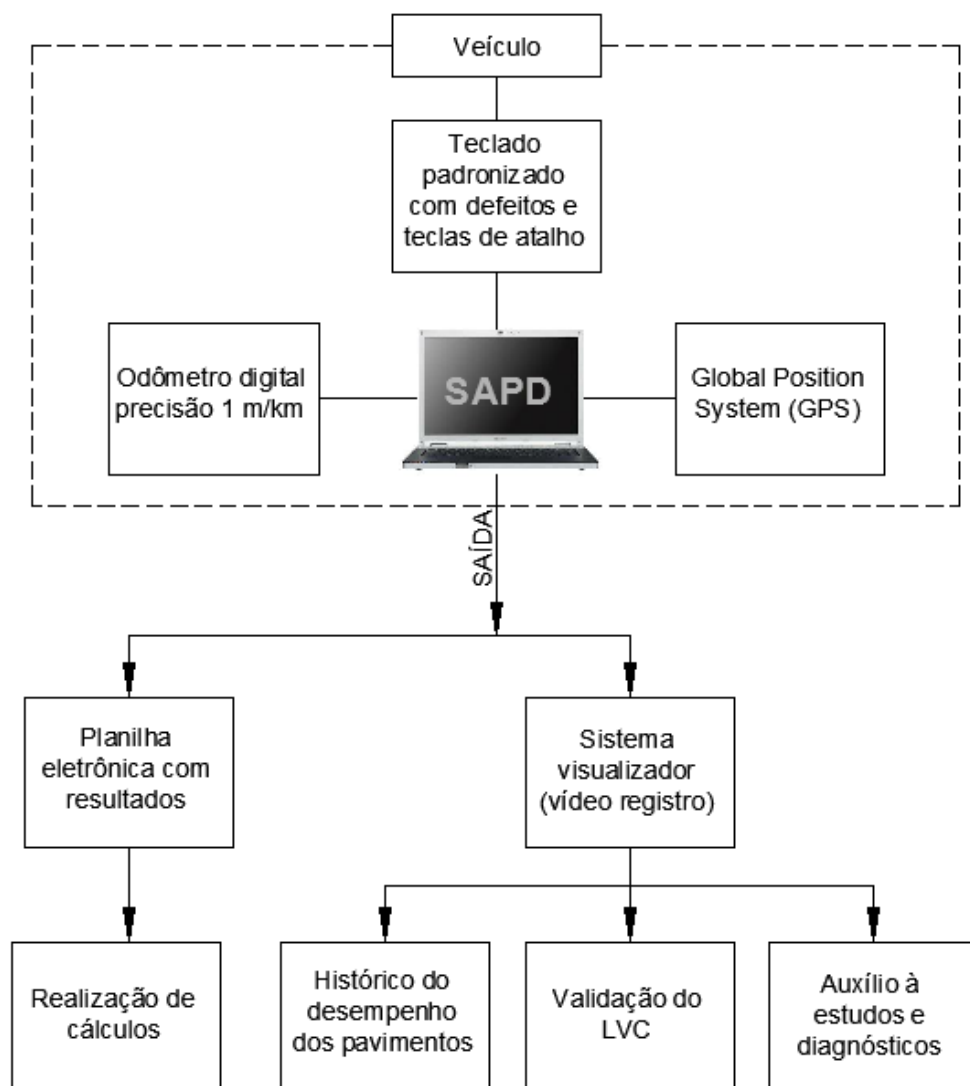


Figura 17 – Esquema de montagem, funcionamento e aplicação do método de levantamento visual contínuo informatizado (LVCI) pelo método da varredura.

4. Considerações Finais

Através de verba do Recurso de Desenvolvimento Tecnológico (RDT) disponibilizada pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) à Concessionária BR-040 S.A. (Via040) está sendo proposto um método de Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) pelo Método da Varredura de defeitos dos pavimentos. O procedimento já vem sendo aplicado por diversas empresas nacionais e internacionais e pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) em diversas rodovias, concedidas ou não. Entretanto, não há uma Norma específica para realização e aplicação desse tipo de levantamento. Portanto, faz-se necessário a normatização do procedimento e a exemplificação de formas de aplicação dos resultados. Assim, através do presente documento objetiva-se o estabelecimento de uma Norma de Procedimento para realização do levantamento e apresentação dos resultados. Em paralelo, um artigo demonstra a aplicação dos resultados para determinação

das áreas de trincamento e dos índices de gravidade global (IGG), previstos nas Normas do DNIT. Os resultados também podem ser utilizados para definição de segmentos homogêneos e para elaboração de cálculos para obtenção de dados para estudos, projetos e gerência de pavimentos. O vídeo registro é importante para validação do levantamento realizado e para realização de diagnósticos das condições de superfície dos pavimentos. O histórico de filmagens do pavimento também é útil para o desenvolvimento de estudos de previsão de desempenho dos pavimentos. Sabe-se que para validação do procedimento proposto é necessário interagir com o meio técnico-científico e órgãos rodoviários, em particular o Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), para formatar uma apresentação final sujeita a consulta pública. Faz parte do RDT a continuidade dos trabalhos através dessa interação entre a ANTT e IPR/DNIT para validação de uma Norma para o Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) pelo Método da Varredura.

Referências Normativas e Bibliografia

DNIT 005/2003-TER. *Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos: terminologia*. Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes DNIT, Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Rodoviárias IPR.

DNIT 006/2003-PRO. *Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirígidos: procedimento*. Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes DNIT, Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Rodoviárias IPR.

DNIT 007/2003-PRO. *Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semi-rígidos para gerência de pavimentos e estudos de projetos: procedimento*. Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes DNIT, Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Rodoviárias IPR.

DNIT 008/2003-PRO. *Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos: procedimento*. Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes DNIT, Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Rodoviárias IPR.

ENGGEOTECH (2003/2004). *Gerência de Pavimentos na Região Sul e Triângulo Mineiro, no Estado de Minas Gerais*. Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais DERMG.

ENGGEOTECH (2006/2007/2008). *Serviços Técnicos Especializados de Levantamento Visual Contínuo de Defeitos (LVC), Lote B-2, Unidades de Federação: GO; DF; BA; SE; AL; PE; PB; RN; CE; PI; MA; PA e TO*. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes DNIT, Coordenação Geral de Planejamento e Programação de Investimentos CGPLAN.

VI - ARTIGO

PROCEDIMENTO PARA LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO INFORMATIZADO (LVCI) PELO MÉTODO DA VARREDURA

PROCEDIMENTO PARA LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO INFORMATIZADO (LVCI) PELO MÉTODO DA VARREDURA

Rafael Cerqueira Silva

ENGGEOTECH, Juiz de Fora, Brasil, rafael@enggeotech.com.br

Kefren Klein Lopes Vianna

ENGGEOTECH, Juiz de Fora, Brasil, kefren.vianna@gmail.com

José Geraldo de Souza Júnior

ENGGEOTECH, Juiz de Fora, Brasil, jose@enggeotech.com.br

Douglas Pereira da Costa

ENGGEOTECH, Juiz de Fora, Brasil, douglas.costa@engenharia.ufjf.br

Resumo

Através de verba do Recurso de Desenvolvimento Tecnológico (RDT) disponibilizada pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) à Concessionária BR-040 S.A. (Via040) está sendo proposto um método de Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) pelo Método da Varredura de defeitos dos pavimentos. O procedimento já vem sendo aplicado por diversas empresas nacionais e internacionais e pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) em diversas rodovias, concedidas ou não. Entretanto, não há uma Norma específica para realização e aplicação desse tipo de levantamento. Portanto, faz-se necessário a normatização do procedimento e a exemplificação de formas de aplicação dos resultados. O artigo demonstra a aplicação dos resultados para determinação das áreas de trincamento e do índice de gravidade global (IGG), previstos nas Normas do DNIT. Os resultados também podem ser utilizados para definição de segmentos homogêneos e para elaboração de cálculos para obtenção de dados para estudos, projetos e gerência de pavimentos. O vídeo registro é importante para validação do levantamento realizado e para realização de diagnósticos das condições de superfície dos pavimentos. O histórico de filmagens do pavimento também é útil para o desenvolvimento de estudos de previsão de desempenho dos pavimentos.

Palavras-chave: pavimento, defeitos, levantamento visual contínuo (LVC), vídeo registro.

1. Introdução

Conforme estabelecido pelos métodos mecanístico-empíricos de dimensionamento e previsão de desempenho do pavimento, destacam-se dois parâmetros levantados pelo Levantamento Visual Contínuo (LVC), que definem o critério de falência dos pavimentos. São: o trincamento, medido por tipo de trinca (trinca classe 1, 2 ou 3) e em área e a ocorrência de afundamentos de trilhas de roda (ATR). O trincamento está relacionado com as deformações

elásticas, medidas pela Viga Benkelman (VB) e pelo *Falling Weight Deflectometer* (FWD). O ATR é oriundo das deformações plásticas ou permanentes que se manifestam no pavimento pela ação do tráfego, cuja ocorrência também é um critério de definição de vida útil estrutural e funcional de um pavimento, visto que, a partir de certo valor, pode interferir na condição de conforto e segurança do tráfego.

Com o avanço tecnológico os levantamentos com uso da informática e instrumentação podem agregar maior valor às avaliações funcionais dos pavimentos, pois permitem que os defeitos superficiais de toda área do pavimento possam ser qualificados e quantificados.

Atualmente o estado de superfície do pavimento é obtido por amostragem de levantamentos realizados por uma equipe andando a pé pela rodovia, com uso de trenas e pranchetas de anotação. Com um veículo equipado com instrumentos, filmadora e um sistema de automação, aquisição e processamento de dados (SAPD) é possível realizar o Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) de toda a superfície da faixa de rolamento (método da varredura). Através de um outro sistema, ou pelo próprio SAPD, é possível visualizar os resultados (ocorrência dos defeitos) em sincronia com a filmagem que foi realizada durante o levantamento.

Como resultado da aplicação do método, obtém-se uma planilha contendo as quantidades de todos os defeitos previstos na Norma DNIT 005/2003-TER e em Sistemas de Gerência de Pavimentos (por exemplo, o HDM-4), expressas em área, extensão e unidade em espaçamentos pré-definidos. O vídeo registro da rodovia com as imagens em sincronia com o odômetro, diretriz em planta, perfil longitudinal e defeitos levantados, além de “trazer” a rodovia para o escritório, facilitando a elaboração de análises e tomadas de decisão, também constitui uma memória de cálculo importantíssima, que comprovam e, por consequência, validam o levantamento realizado, pois demonstra a legenda dos defeitos em sincronia com as imagens. Ressaltasse ainda a importância das imagens para elaboração de estudos em escritório, que frequentemente precisam da visualização do pavimento para as tomadas de decisão.

Por norma no Brasil os levantamentos dos defeitos são realizados pelas normas do DNIT 006/2003-PRO, 007/2003-PRO e 008/2003-PRO, cujos procedimentos contemplam apenas um percentual da área do pavimento. O LVCI pelo Método da Varredura registra todos os defeitos da superfície do pavimento sem necessidade de trabalhar por amostragem, sendo compatível com os parâmetros de entrada do HDM-4. As Normas 006/2003-PRO e 008/2003-PRO consideram apenas a ocorrência do defeito dentro da superfície de avaliação, desprezando sua área, extensão ou quantidade. Por exemplo, dois segmentos com mesmo afundamento em trilha de roda e diferentes percentuais de trincamento apresentarão o mesmo Índice de Gravidade Global (IGG), mesmo que um dos segmentos esteja 100% trincado e outro apenas 5%. Portanto, não faz sentido trabalhar por amostragem, se é possível obter o inventário completo da superfície do pavimento e com recurso de informática elaborar qualquer cálculo desejado sobre a base resultante do levantamento (defeitos a cada 1 m de extensão ao longo da largura da faixa de rolamento). A modernização do procedimento de LVC aumenta a precisão do inventário de defeitos dos pavimentos, pois os cálculos consideram toda área de abrangência dos defeitos, não sendo realizados por amostragem.

A materialização dos defeitos, qualificados e quantificados, por meio da posição em relação aos marcos quilométricos (km) da rodovia e ao sistema de coordenadas global, permite uma melhor interação com os bancos de dados que alimentam os SGPs, pois os resultados são apresentados numa matriz, cujas linhas representam segmentos, com espaçamento qualquer, e as colunas os defeitos. O uso de recursos mais modernos, como o caso do LVCI pelo Método da Varredura, é uma consequência natural quando se começa a utilizar recursos tecnológicos que fazem uso de um banco de dados georreferenciado voltado para análises com uso de SIG.

Diferente das demais, a metodologia proposta será muito útil para obter a radiografia dos defeitos dos pavimentos, comprovados por meio de vídeo registro, cujos resultados serão tratados para obtenção da condição do pavimento (nível de deterioração) e sua relação com os critérios de falência dos pavimentos, ensaios laboratoriais e modelos previsão de desempenho. Os resultados do levantamento proporcionarão informações necessárias para: (i) elaboração de cálculo para definição de índice que determine a condição dos pavimentos; (ii) aferição de modelos de previsão de desempenho dos pavimentos; (iii) orientação dos estudos para estimativa do Fator Laboratório-Campo (FLC); e (iv) execução de estudos de dimensionamento de restauração dos pavimentos. Devido à maior compreensão dos mecanismos que controlam o comportamento dos pavimentos haverá maior possibilidade de serem adotadas decisões corretas e ao aperfeiçoamento de pessoal.

2. Metodologia

Buscando a modernização do processo de inventário dos defeitos dos pavimentos o LVC deve ser realizado para que todos os defeitos que se manifestam na superfície do pavimento possam ser qualificados e quantificados ao longo de cada faixa de tráfego de forma contínua (varredura completa da superfície do pavimento). Através de um veículo munido de instrumentos e um sistema de automação, aquisição e processamento de dados (SAPD) pode-se realizar Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) pelo Método da Varredura. A instrumentação é composta por odômetro digital, Global Position System (GPS), câmera filmadora digital e computador. Como resultado obtém-se uma planilha contendo as quantidades de todos os defeitos previstos na Norma DNIT 005/2003-TER em espaçamentos pré-definidos, expressos em área, extensão ou unidade. Os resultados também podem ser utilizados em métodos mecanicistas de dimensionamento de pavimentos e nos tradicionais Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGPs), por exemplo, o HDM-4. As imagens dos pavimentos em sincronia com o odômetro, plani-altimetria e defeitos cadastrados podem ser visualizados através de um sistema visualizador do vídeo registro. O vídeo registro além de “trazer” a rodovia para o escritório, facilitando a elaboração de análises, também valida o LVC, pois demonstra a legenda dos defeitos cadastrados em sincronia com as imagens e o caminhamento do veículo em planta e perfil. O esquema de montagem, funcionamento e aplicação do método de levantamento é apresentado na Figura 1. Na Figura 2 apresenta-se um exemplo de apresentação dos resultados através de um sistema de visualização.

A planilha originada pelo SAPD apresenta todos os defeitos do pavimento a cada 1m, de forma que se pode fazer qualquer cálculo, em áreas com quaisquer dimensões (6m x largura

da faixa ou 20m x largura da faixa...) posicionadas em qualquer estaca da rodovia. Basta informar as estacas desejadas e quais os comprimentos de ré e vante em relação à estaca, para que o software de processamento de dados possa realizar os cálculos e apresentar os resultados. Comumente os resultados da avaliação do estado da superfície dos pavimentos são apresentados de forma contínua em segmentos com 20 m de extensão em uma planilha eletrônica, em que cada linha corresponde a um segmento de 20 m. As colunas da planilha eletrônica indicam os dados da rodovia e os parâmetros levantados com suas quantidades. Entretanto, podem-se apresentar os resultados conforme necessidade de determinado estudo ou programa de gerência.

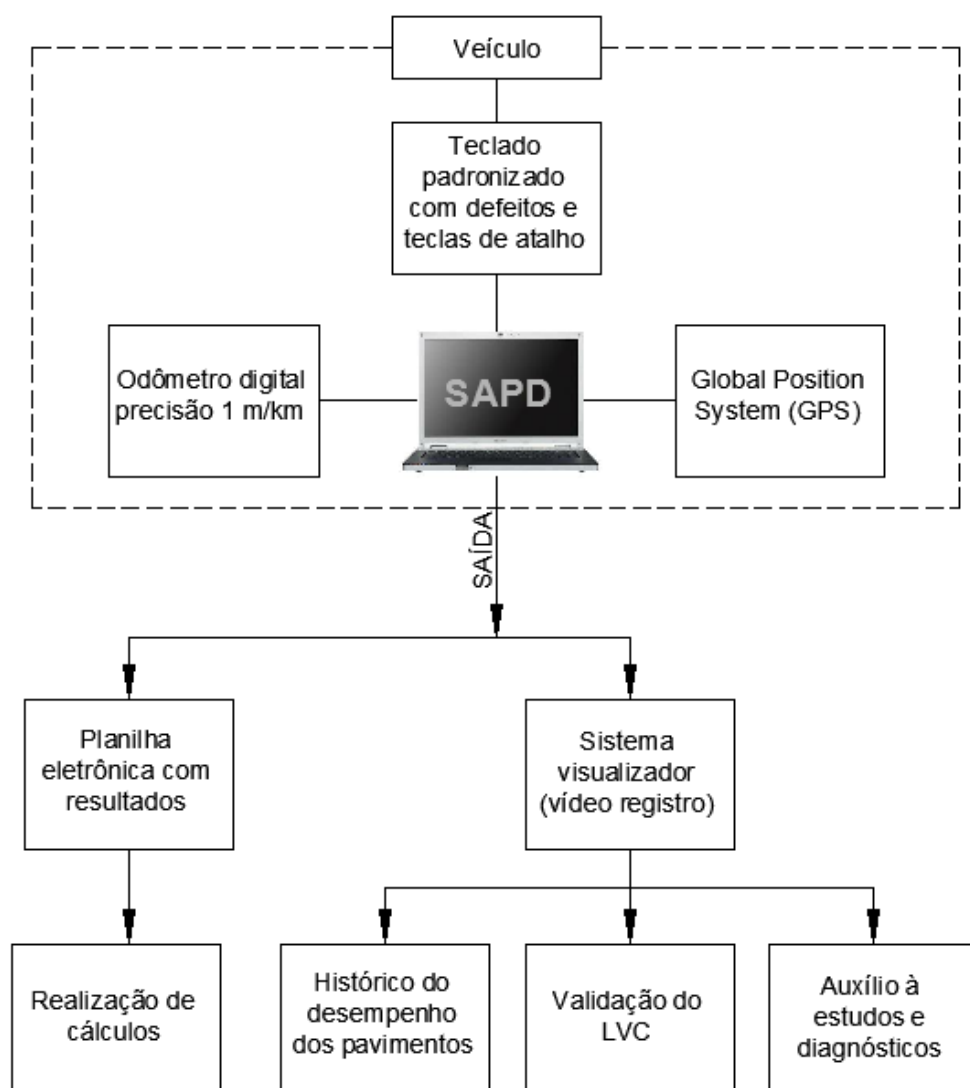


Figura 1. Esquema de montagem, funcionamento e aplicação do método de levantamento visual contínuo informatizado (LVCI) pelo método da varredura.

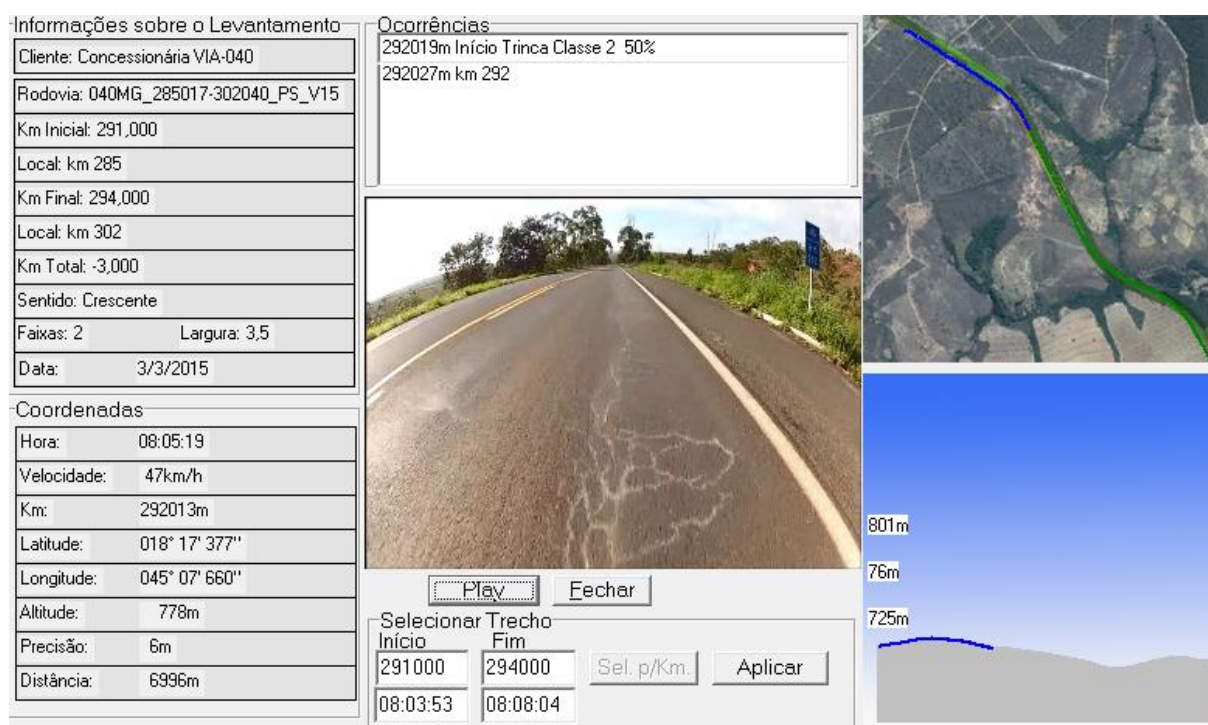


Figura 2. Exemplo de apresentação do LVCI pelo Método da Varredura com uso de vídeo registro e indicação dos defeitos em sincronia com as imagens e plani-altimetria.

Os defeitos de superfície são os danos ou deteriorações na superfície dos pavimentos asfálticos que podem ser identificados a olho nu e classificados segundo uma terminologia normatizada. Os defeitos objeto do cadastro realizado pelo LVCI pelo Método da Varredura são aqueles previstos na Norma DNIT 005/2003-TER (Tabela 1). Dos defeitos descritos na Norma, destacam-se as unidades de medição destes: trinca longitudinal (extensão, m); trinca transversal (quantidade, und); trincas classes 2 e 3 (área de superfície trincada, m²); afundamento localizado (quantidade, und); afundamento de trilha de roda (extensão, m); ondulação transversal (extensão, m); escorregamento (extensão, m); exsudação (extensão, m); desgaste (área de superfície desgastada, m²); panela (quantidade, und); e remendo (área de superfície remendada, m²). O defeito denominado *quebra de bordo* não consta nas normas vigentes no país, porém faz parte dos dados de entrada do sistema de gerência de pavimentos HDM-4. Os defeitos *tapa buraco* e *bombeamento de água* também podem ser inclusos nos levantamentos, visto que podem ajudar no diagnóstico da condição funcional. O defeito *tapa buraco* tem probabilidade de evoluir para uma panela, em função do processo executivo, que não é muito rigoroso, sendo normalmente executado a nível emergencial. Em trechos com bombeamento de água qualquer alternativa de intervenção no pavimento deverá contemplar um sistema de drenagem. Existem diversas publicações nacionais e internacionais sobre as causas de defeitos nos pavimentos, não sendo objeto de discussão no presente documento. Entretanto, ressalta-se a importância de um diagnóstico com visão mais ampla das prováveis causas que levaram ao aparecimento dos defeitos de superfície para definição de intervenção mais adequada no pavimento.

Tabela 1. Quadro resumo dos defeitos, codificação e classificação (Anexo A da Norma 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

OUTROS DEFEITOS				CODIFICAÇÃO
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base				O
Escorregamento (do revestimento betuminoso)				E
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento				EX
Desgaste acentuado na superfície do revestimento				D
“Painéis” ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P
Remendos			Remendo Superficial	RS
			Remendo Profundo	RP

NOTA 1: Classe das trincas isoladas

FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm.

FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas.

FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.

NOTA 2: Classe das trincas interligadas

As trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas.

3. Aplicação dos Resultados do Levantamento

Para aplicar o método demonstrando a consistência dos resultados foram selecionados trechos de pavimentos com diferentes níveis de degradação. Nesses trechos foram realizados cálculos, incluindo estudos comparativos com as Normas existentes.

3.1. Índice de Gravidade Global (IGG)

Conforme destaca Bernucci *et al.* (2008), o diagnóstico geral dos defeitos de superfície de pavimentos rodoviários é imprescindível para o estabelecimento da melhor solução de restauração ou aplicação de qualquer critério numérico ou normativo para cálculo de reforços. A partir do levantamento dos defeitos, a definição de um parâmetro indicador das condições de superfície auxilia na gerência de pavimentos e permite racionalizar a distribuição de recursos e a definição de prioridades na manutenção de rodovias. Dentre os parâmetros utilizados para este fim, o Índice de Gravidade Global (IGG) tem um papel importante devido a sua larga aplicação no cenário brasileiro, especialmente por concessões rodoviárias. Por vezes, o IGG é definido, pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), como critério de controle de qualidade dos pavimentos das rodovias concedidas.

O procedimento de avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis analisa o estado do pavimento mediante a contagem e classificação de ocorrências aparentes e da medida das deformações permanentes nas trilhas de roda. No Brasil, a norma técnica que regulamenta esse procedimento é a DNIT 006/2003-PRO. As superfícies de avaliação têm 6 m de extensão na direção longitudinal da rodovia. São posicionadas a cada 20 m na faixa de tráfego mais solicitada (faixa externa), no trecho de pista dupla, ou, no trecho de pista simples, a cada 20 m alternados em relação ao eixo da pista de rolamento (40 m em 40 m em cada faixa de tráfego). Em cada superfície de avaliação são levantados todos os defeitos, como trincas (com suas diferentes configurações), afundamentos plásticos, ondulações, panelas, remendos superficiais e profundos, exsudação e desgaste. A partir do cadastro das ocorrências, pode-se calcular o Índice de Gravidade Global (IGG), que confere ao pavimento inventariado um conceito de grau de deterioração atingido.

O Índice de Gravidade Global (IGG) é um parâmetro indicador das condições de superfície do pavimento. Para a determinação do IGG, são empregados os dados levantados na avaliação da superfície do pavimento, com a divisão de segmentos pré-definidos. Em geral, esses segmentos possuem as mesmas características ou defeitos, sendo determinados em análise prévia. A Tabela 2 apresenta os conceitos do IGG em função da faixa de valores, conforme determina a norma DNIT 006/2003 – PRO.

Conforme discute Bernucci *et al.* (2008), a atribuição de um conceito para as faixas de IGG é útil para distinguir casos, subdividindo-os em poucas classes. Entretanto, o conceito não deve substituir a referência ao valor calculado, uma vez que segmentos de mesmo conceito geralmente apresentam valores de IGG distintos e, dessa forma, diferentes condições a serem consideradas em projetos de restauração. A determinação do IGG se torna ainda mais relevante quando as condições aceitáveis dos pavimentos exigidas de concessões rodoviárias são baseadas em valores limites desse parâmetro, como ocorre em diversos casos no Brasil.

Tabela 2. Conceito do IGG por faixa de valores (DNIT 006/2003 - PRO).

Conceito	Limites do IGG
Ótimo	$0 < \text{IGG} \leq 20$
Bom	$20 < \text{IGG} \leq 40$
Regular	$40 < \text{IGG} \leq 80$
Ruim	$80 < \text{IGG} \leq 160$
Péssimo	$\text{IGG} > 160$

Realizaram-se cálculos de IGG com diferentes configurações (Figura 3) daquela prevista em norma em 9 trechos de rodovia com 1 km de extensão cada. Os trechos 1, 2, 4, 8 e 9 são segmentos homogêneos com relação ao trincamento. Já os trechos 3, 5, 6 e 7 não são segmentos homogêneos. A primeira configuração para o cálculo do IGG (Figura 3a) corresponde àquela recomendada pela norma DNIT 006/2003-PRO: estações de avaliação com 6 m de extensão, alternadas e espaçadas a cada 20 m. Na segunda configuração (Figura 3b) as estações não foram alternadas. A terceira e quarta configurações (Figuras 3c e 3d) são semelhantes, respectivamente, às primeira e segunda (Figuras 3a e 3b), exceto pela extensão da estação de avaliação, que apresenta 20 m de extensão. Note-se que a quarta configuração refere-se a uma varredura completa dos defeitos presentes nas faixas de tráfego. Os valores de IGG obtidos para cada trecho e para cada configuração são apresentados na Tabela 3. A Figura 4 apresenta uma análise gráfica dos resultados.

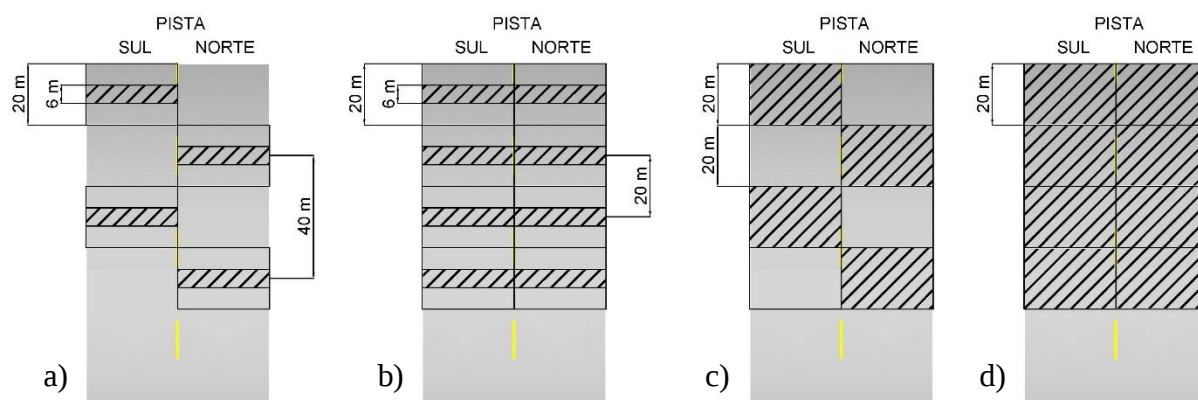


Figura 3. Configurações adotadas para cálculo do IGG.

Os resultados das análises mostram que, de modo geral, não ocorrem diferenças significativas quando o levantamento é realizado ou não de forma alternada. Esse comportamento fica evidenciado no gráfico da Figura 4, onde as duas curvas inferiores são referentes aos métodos com estações de 6 m de extensão, enquanto as duas curvas superiores ilustram os resultados dos cálculos de IGG com estações de 20 m. No entanto, ao comparar o método da norma com o método da varredura, verifica-se que, em todos os trechos analisados, o IGG calculado pelo método da varredura apresenta valores mais elevados do que aqueles obtidos com base no método da norma. Dessa forma, as análises comparativas indicam que para qualquer tipo de

segmento, homogêneo ou não homogêneo, o método da varredura fornece um cenário pior e, possivelmente, mais realista da condição da superfície do pavimento.

Tabela 3. Valores de IGG obtidos para cada trecho e configuração.

Trecho	IGG (Conceito)			
	Norma DNIT 006/2003 (alternado)	Norma DNIT 006/2003 (não alternado)	Método da Varredura A (alternado)	Método da Varredura B (não alternado)
1	15,5 (Ótimo)	19,7 (Ótimo)	30,8 (Bom)	31,5 (Bom)
2	21,7 (Bom)	21,3 (Bom)	31,9 (Bom)	36,8 (Bom)
3	40,4 (Regular)	46,9 (Regular)	63 (Regular)	62,8 (Regular)
4	57,7 (Regular)	59 (Regular)	69,2 (Regular)	67,4 (Regular)
5	60,6 (Regular)	58,3 (Regular)	65,6 (Regular)	68,8 (Regular)
6	62,9 (Regular)	69,2 (Regular)	74 (Regular)	73,6 (Regular)
7	83,2 (Ruim)	99,3 (Ruim)	121,7 (Ruim)	116,1 (Ruim)
8	103,1 (Ruim)	109,6 (Ruim)	124 (Ruim)	125,9 (Ruim)
9	121,3 (Ruim)	126,4 (Ruim)	144 (Ruim)	142,8 (Ruim)

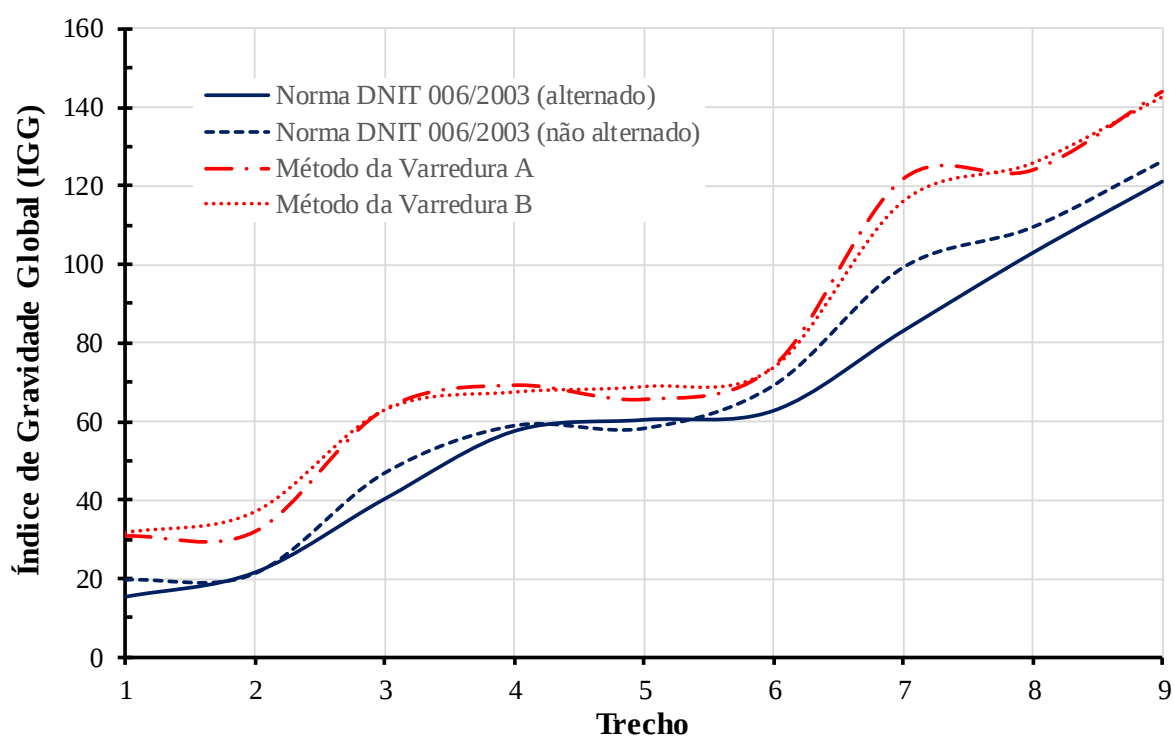


Figura 4. Representação gráfica dos IGGs obtidos para cada trecho e configuração.

3.2. Área de Trincamento

O conhecimento da área de trincas nos pavimentos é importante para elaboração de diagnóstico, dimensionamento por métodos mecanicistas e alimentação de SGPs. No Brasil a área de trincamento pode ser obtida pela Norma DNIT 007/2003-PRO. Entretanto, da mesma forma que nas demais normas de avaliação das condições de superfície dos pavimentos e ao contrário do LVCI pelo Método da Varredura, a determinação da área de trincas é realizada de forma amostral. Foram selecionados 9 trechos de rodovia para avaliar os resultados obtidos pelos dois métodos. As características de cada faixa de tráfego (lados direito e esquerdo) destes trechos e as áreas de trincas (m²) e trincamento (%) obtidos pelos métodos DNIT 007/2003-PRO e LVCI pelo Método da Varredura e são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Áreas de trincas e trincamento obtidos pelos métodos DNIT 007/2003 e LVCI.

DNIT 007/2003-PRO								
Trechos	Faixa da Direita (LD)			Faixa da Esquerda (LE)			Faixas (LD/LE)	
	Área Trincada (m ²)	Trincamento (%)	SH	Área Trincada (m ²)	Trincamento (%)	SH	Área Trincada (m ²)	Trincamento (%)
1	1,49	1,15%	S	0,00	0,00%	S	1,49	0,57%
2	1,80	1,39%	S	3,31	2,55%	S	5,11	1,97%
3	2,70	2,08%	N	0,00	0,00%	S	2,70	1,04%
4	4,00	3,09%	S	0,00	0,00%	S	4,00	1,54%
5	12,42	9,58%	S	6,15	4,75%	S	18,57	7,16%
6	3,24	2,50%	N	2,00	1,54%	S	5,24	2,02%
7	4,20	3,24%	S	0,00	0,00%	S	4,20	1,62%
8	6,18	4,77%	N	2,16	1,67%	S	8,34	3,22%
9	0,00	0,00%	N	2,76	2,13%	S	2,76	1,06%

LVCI pelo Método da Varredura								
Trechos	Faixa da Direita (LD)			Faixa da Esquerda (LE)			Faixas (LD/LE)	
	Área Trincada (m ²)	Trincamento (%)	SH	Área Trincada (m ²)	Trincamento (%)	SH	Área Trincada (m ²)	Trincamento (%)
1	336,00	9,3%	S	59,50	1,7%	S	395,5	5,49%
2	178,50	5,0%	S	327,25	9,1%	S	505,8	7,02%
3	315,00	8,8%	N	77,00	2,1%	S	392,0	5,44%
4	588,00	16,3%	S	210,00	5,8%	S	798,0	11,08%
5	1034,25	28,7%	S	763,00	21,2%	S	1797,3	24,96%
6	505,75	14,0%	N	56,00	1,6%	S	561,8	7,80%
7	763,00	21,2%	S	140,00	3,9%	S	903,0	12,54%
8	441,00	12,3%	N	147,00	4,1%	S	588,0	8,17%
9	430,50	12,0%	N	82,25	2,3%	S	512,8	7,12%

Verificam-se variações de trincamento entre faixas de um mesmo segmento. Também ocorrem diferenças entre a distribuição das trincas nas faixas, que em certos trechos configura segmento homogêneo (SH) numa faixa (S) e na outra não (N). Os trechos 1, 2, 4, 5 e 7 são segmentos homogêneos com relação ao trincamento. Já os trechos 3, 6, 8 e 9 não são segmentos homogêneos. Análises comparativas podem ser visualizadas através da Figura 5.

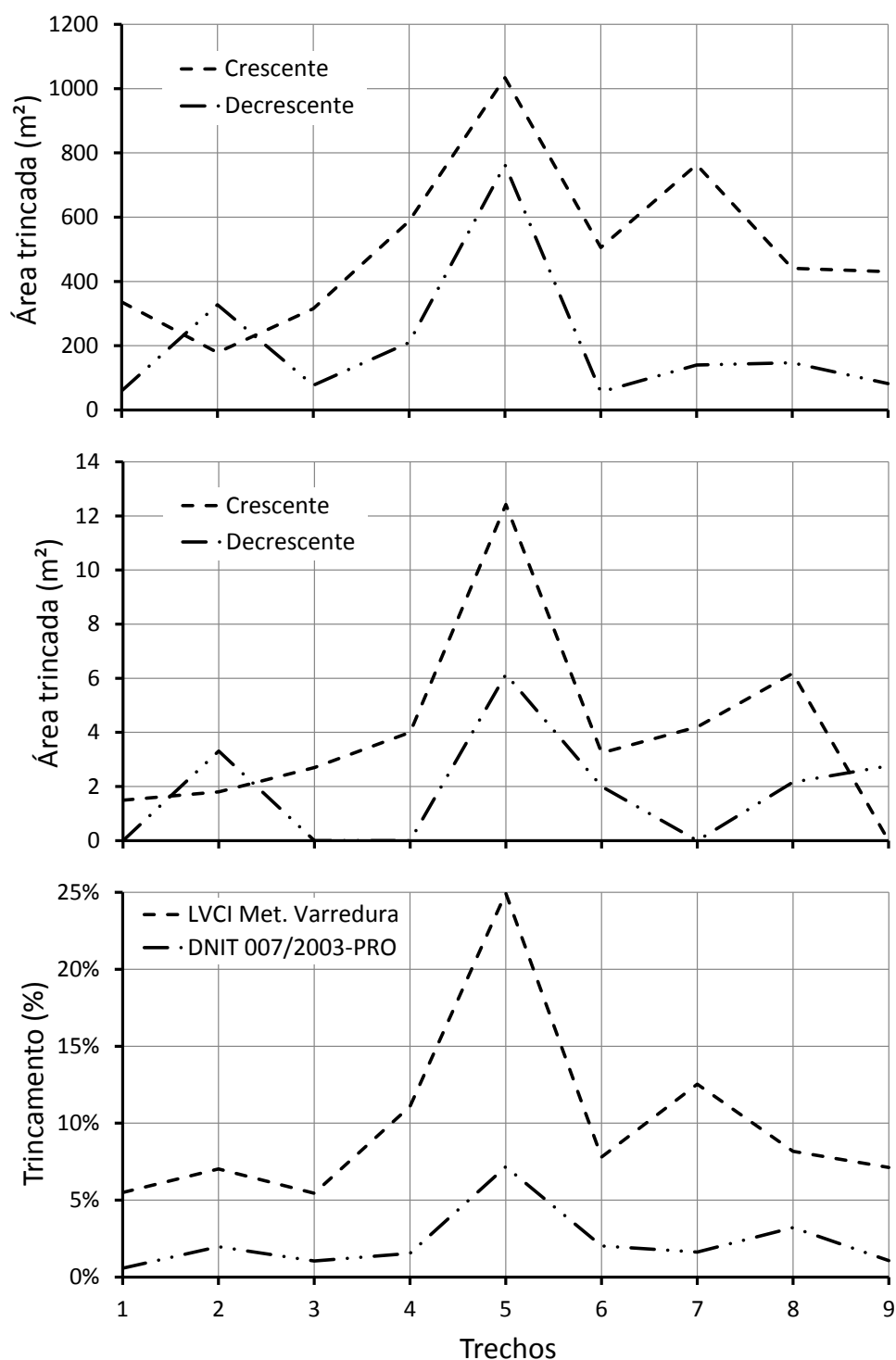


Figura 5. Análises comparativas entre as áreas trincadas e trincamentos obtidos pelos métodos DNIT 007/2003-PRO e LVCI pelo Método da Varredura.

3.3. Segmentação Homogênea

Pela forma de apresentação dos resultados do LVCI pelo Método da Varredura, estudos de definição de segmentos homogêneos podem ser realizados pelo procedimento do método das diferenças acumuladas da AASHTO (1993). Pela aplicação do método nos resultados de levantamentos de deflexões e trincamentos dos pavimentos também é possível verificar correlações entre as condições funcional e estrutural. Silva *et al.* (2016) apresentam um exemplo de aplicação do método (Figura 6) nos trechos da Via040. Entretanto, os autores ressaltam que variações de coeficiente angular das curvas podem não ser coincidentes. Assim, utilizando o método da AASHTO (1993) com base nos resultados de deflexão e do trincamento obtido pelos LVCI, pode-se definir melhor segmentos homogêneos de uma rodovia. Pois dentro de um segmento homogêneo definido pela deflexão, como normalmente é executado pelo meio técnico, pode haver diferentes condições de superfície do pavimento. Nesse caso, é razoável que o segmento seja subdividido em mais de um trecho.

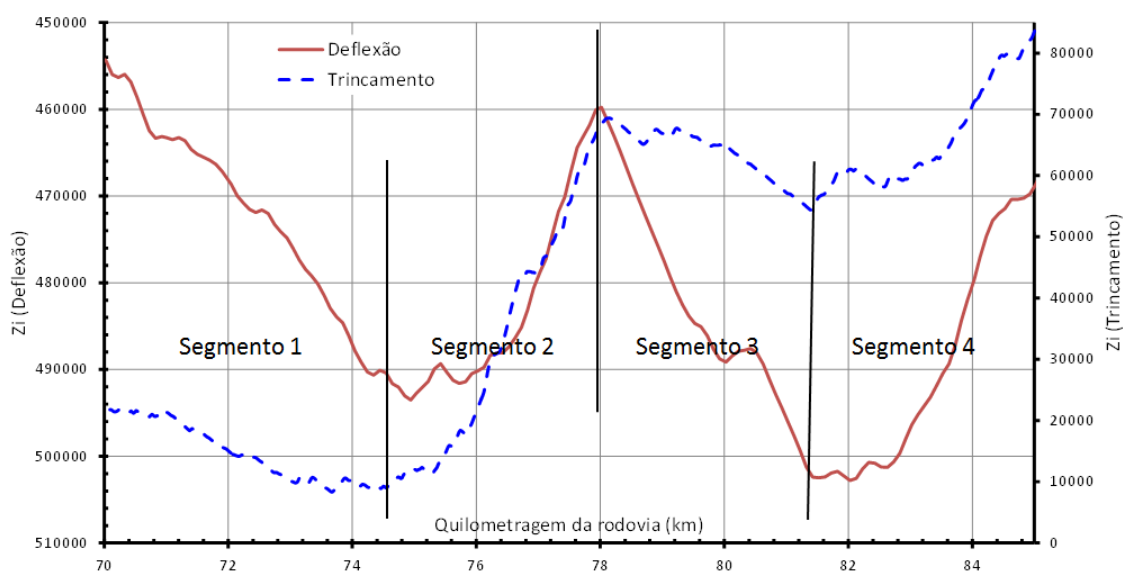


Figura 6. Segmentação homogênea pelo método das diferenças acumuladas (AASHTO, 1993) aplicado nos resultados obtidos pelo LVCI pelo método da varredura.

4. Considerações Finais

Através de verba do Recurso de Desenvolvimento Tecnológico (RDT) disponibilizada pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) à Concessionária BR-040 S.A. (Via040) está sendo proposto um método de Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) pelo Método da Varredura de defeitos dos pavimentos. O procedimento já vem sendo aplicado por diversas empresas nacionais e internacionais e pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) em diversas rodovias, concedidas ou não.

No artigo foi apresentado o procedimento de levantamento e a aplicação dos resultados para determinação das áreas de trincamento e dos índices de gravidade global (IGG), previstos nas Normas do DNIT. A utilização do LVCI se mostrou vantajosa por permitir a quantificação de

todos os defeitos da superfície do pavimento sem necessidade de trabalhar por amostragem, fornecendo um panorama mais consistente com a realidade da condição superficial dos pavimentos. Demonstrou-se ainda que os resultados também podem ser utilizados para definição de segmentos homogêneos.

O vídeo registro é importante para validação do levantamento realizado e para realização de diagnósticos das condições de superfície dos pavimentos. O histórico de filmagens do pavimento também é útil para o desenvolvimento de estudos de previsão de desempenho dos pavimentos.

Sabe-se que para validação do procedimento proposto é necessário interagir com o meio técnico-científico e órgãos rodoviários, em particular o Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), para formatar uma apresentação final sujeita a consulta pública. Faz parte do RDT a continuidade dos trabalhos através dessa interação entre a ANTT e IPR/DNIT para validação de uma Norma para o Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) pelo Método da Varredura.

Agradecimentos

Agradecemos a oportunidade de realização da pesquisa viabilizada através do Recurso de Desenvolvimento Tecnológico (RDT) disponibilizado pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) à Concessionária BR-040 S.A. (Via040).

Referências

- AASHTO. **AASHTO guide for design of pavement structure**. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, USA, 1993.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros**. PETROBRAS: ABEDA, Rio de Janeiro/RJ, 504 p., 2007.
- DNIT 005/2003-TER. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos: terminologia**. Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes DNIT, Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Rodoviárias IPR. 2003.
- DNIT 006/2003-PRO. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirígidos: procedimento**. Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes DNIT, Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Rodoviárias IPR, 2003.
- DNIT 007/2003-PRO. **Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semi-rígidos para gerência de pavimentos e estudos de projetos: procedimento**. Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes DNIT, Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Rodoviárias IPR, 2003.
- DNIT 008/2003-PRO. **Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos: procedimento**. Ministério dos Transportes,

Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes DNIT, Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Rodoviárias IPR, 2003.

SILVA, R. C.; SOUZA JR, J. G. ; COSTA, D. P. ; AMARAL, L. S. ; ROMEIRO JUNIOR, C. L. S. ; MUNIZ, D. D. **Análises do Comportamento e Desempenho dos Pavimentos da Via040 - Brasília/DF a Juiz de Fora/MG.** In: X Workshop RDT Recurso de Desenvolvimento Tecnológico nas Concessões Rodoviárias, 2016, Brasília/DF. Soluções Técnicas e Aplicadas, 2016.

VII - CONCLUSÕES

Através de verba do Recurso de Desenvolvimento Tecnológico (RDT) disponibilizada pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) à Concessionária BR-040 S.A. (Via040) está sendo proposto um método de Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) pelo Método da Varredura de defeitos dos pavimentos. O procedimento já vem sendo aplicado por diversas empresas nacionais e internacionais e pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) em diversas rodovias, concedidas ou não.

Foi apresentado um documento referente à proposta de Norma de Procedimento do Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) pelo Método da Varredura de defeitos dos pavimentos. Também foi apresentado um artigo com aplicação dos resultados do levantamento para determinação das áreas de trincamento e dos índices de gravidade global (IGG), previstos nas Normas do DNIT. A utilização do LVCI se mostrou vantajosa por permitir a quantificação de todos os defeitos da superfície do pavimento sem necessidade de trabalhar por amostragem, fornecendo um panorama mais consistente com a realidade da condição superficial dos pavimentos. Demonstrou-se ainda que os resultados também podem ser utilizados para definição de segmentos homogêneos.

O vídeo registro é importante para validação do levantamento realizado e para realização de diagnósticos das condições de superfície dos pavimentos. O histórico de filmagens do pavimento também é útil para o desenvolvimento de estudos de previsão de desempenho dos pavimentos.

Sabe-se que para validação do procedimento proposto é necessário interagir com o meio técnico-científico e órgãos rodoviários, em particular o Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), para formatar uma apresentação final sujeita a consulta pública. Faz parte do RDT a continuidade dos trabalhos através dessa interação entre a ANTT e IPR/DNIT para validação de uma Norma para o Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) pelo Método da Varredura.

REFERÊNCIAS

- AASHTO. AASHTO guide for design of pavement structure. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, USA, 1993.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros. PETROBRAS: ABEDA, Rio de Janeiro/RJ, 504 p., 2007.
- DNIT 005/2003-TER. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos: terminologia. Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes DNIT, Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Rodoviárias IPR. 2003.
- DNIT 006/2003-PRO. Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirígidos: procedimento. Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes DNIT, Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Rodoviárias IPR, 2003.
- DNIT 007/2003-PRO. Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semi-rígidos para gerência de pavimentos e estudos de projetos: procedimento. Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes DNIT, Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Rodoviárias IPR, 2003.
- DNIT 008/2003-PRO. Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos: procedimento. Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes DNIT, Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Rodoviárias IPR, 2003.
- SILVA, R. C.; SOUZA JR, J. G. ; COSTA, D. P. ; AMARAL, L. S. ; ROMEIRO JUNIOR, C. L. S. ; MUNIZ, D. D. Análises do Comportamento e Desempenho dos Pavimentos da Via040 - Brasília/DF a Juiz de Fora/MG. In: X Workshop RDT Recurso de Desenvolvimento Tecnológico nas Concessões Rodoviárias, 2016, Brasília/DF. Soluções Técnicas e Aplicadas, 2016.