

Universidade de Passo Fundo
Faculdade de Engenharia e Arquitetura
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e
Ambiental

Leandro Marzari Silva

CONTROLE DE QUALIDADE APLICADO A INSPEÇÃO VISUAL DE
PAVIMENTOS FLEXÍVEIS URBANOS

Passo Fundo
2017

Leandro Marzari Silva

CONTROLE DE QUALIDADE APLICADO A INSPEÇÃO VISUAL DE
PAVIMENTOS FLEXÍVEIS URBANOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia, sob a orientação do Prof. Dr. Francisco Dalla Rosa e coorientação do Prof. Dr. Márcio Felipe Floss.

Passo Fundo
2017

Universidade de Passo Fundo
Faculdade de Engenharia e Arquitetura
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e
Ambiental

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a dissertação de mestrado Controle de Qualidade Aplicado a Inspeção Visual de Pavimentos Flexíveis Urbanos, elaborada por Leandro Marzari Silva, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Data da aprovação: 20 de abril de 2017.

Comissão Examinadora:

Professor Doutor José Leomar Fernandes Júnior
Universidade de São Paulo – USP

Professor Doutor Antônio Thomé
Universidade de Passo Fundo – UPF

Professor Doutor Pedro Domingos Marques Prietto
Universidade de Passo Fundo – UPF

Professor Doutor Francisco Dalla Rosa
Orientador

Professor Doutor Márcio Felipe Floss
Coorientador

Passo Fundo, 2017.

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

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

A Deus, pai de todos, pela vida.

A minha esposa, Debora, pelo exemplo, força, paciência, dedicação e amor.

A minha família, pelo apoio que sempre me deram.

Ao Professor Doutor Francisco Dalla Rosa, pela amizade, incentivo e orientação.

Ao Professor Doutor Márcio Felipe Floss, pela amizade e orientação.

Ao amigo Cristiano, pela amizade e por todo conhecimento compartilhado.

Aos colegas da Prefeitura Municipal de Xanxerê, engenheiros e técnicos, Gelson, Paulo, Robson e Samuel, pela colaboração na pesquisa.

A todos os professores do PPGEng/UPF, pelo conhecimento compartilhado.

A todos aqueles que contribuíram ao longo dessa caminhada.

RESUMO

A avaliação da condição do pavimento é uma técnica de engenharia largamente utilizada em sistemas de gerenciamento de pavimentos, e visa fornecer um diagnóstico acerca da qualidade dos mesmos a partir de índices que são calculados, dentre outras maneiras, por meio da avaliação manual dos defeitos. Esses dados de condição dos pavimentos são utilizados pelos gestores para tomadas de decisão relativas à conservação e manutenção das redes viárias, auxiliando na definição dos tipos de tratamentos, prioridades e na alocação de recursos para realização de melhorias nesses ativos. Para tanto, uma técnica muito empregada é a inspeção visual dos defeitos por avaliadores treinados que percorrem as vias registrando as ocorrências. No entanto, tais avaliações derivam do julgamento individual de cada técnico, e dessa maneira certa variabilidade é esperada nos dados obtidos por diferentes técnicos, contudo, dependendo da magnitude, poderia representar inconsistência nos dados, e por sua vez levar a decisões equivocadas e impactar negativamente o sistema de gerenciamento. Nesse sentido, torna-se prudente a adoção de medidas para verificação da qualidade dessas informações antes e durante as avaliações, assim, o presente trabalho apresenta uma aplicação do controle de qualidade na coleta de dados de condição de pavimentos flexíveis urbanos, por meio de inspeções visuais, para verificação da conformidade dos dados levantados por diferentes avaliadores. O procedimento foi testado por meio da avaliação de seções de vias urbanas no município de Xanxerê, no estado de Santa Catarina, em que o principal propósito foi verificar a qualidade dos dados coletados em campo por quatro técnicos, avaliando-se a variabilidade dos dados obtidos pelos diferentes avaliadores e o desvio em relação a valores de referência. A precisão dos dados foi analisada por meio do coeficiente de variação e a exatidão a partir do desvio viés em comparação com dados de controle. Após a análise dos dados verificou-se que o procedimento aplicado é válido, pois evidenciou a variabilidade e o viés associado aos dados coletados, levando ao aperfeiçoamento dos técnicos e a obtenção de dados mais consistentes, comprovando a eficácia do controle de qualidade nas inspeções visuais de pavimentos flexíveis urbanos.

Palavras-chave: Avaliação de pavimentos. Condição de pavimentos. Gerenciamento de pavimentos. Método PCI. Precisão e viés.

ABSTRACT

The evaluation of the pavement condition is an engineering technique widely used in systems of pavement management and, its aim is to offer a diagnostic about the quality of them from the indexes calculated – among other ways through the manual evaluation of the defects. These data of pavement conditions are used by managers to take their decisions related to the conservation and maintenance of road helping in the definition of the kinds of treatment, priorities and the allocation of resources to improve these actives. Therefore, a technique used is the visual inspection of the defects by trained evaluators that go through the roads registering the defects. Nevertheless, such evaluation depends on the individual judgement of each technician. Thus, some variability of the data are expected in the data obtained by different technicians – what depends on the greatness of the variability, it could represent contradiction in the data and create wrong decisions as well as impact negatively the management system. For this reason, it is important to check the quality of such information before and during de evaluation. This is the reason this paper presents an application of the control of quality to the data collection of urban flexible pavement through visual inspections in order to check the data collected by different evaluators. The procedure was tested through the evaluation of some sections of urban ways in the city of Xanxerê in the state of Santa Catarina and its main intention was to check the quality of the data collected by four technicians, through verification of the variability of the data and the diversion related to the values of reference. The accuracy of the data was analyzed through the coefficient of the variation and the exactness through the diversion comparing to the data of control. After analyzing the data we realized that the procedure is valid because it could show the variability and the bias of the data leading to the improvement of the technicians and obtaining more consistent data, proving the efficiency of the control of quality in the visual inspections of urban flexible pavements.

Key words: Pavement evaluation. Pavement condition. Pavement management. Method PCI. Accuracy and bias.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	11
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
1.3 OBJETIVOS	14
1.3.1 Objetivo geral.....	14
1.3.2 Objetivos específicos.....	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 INFRAESTRUTURA VIÁRIA URBANA.....	16
2.1.1 Pavimentos urbanos.....	17
2.2 SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS	18
2.2.1 Avaliação e gerência de pavimentos na atualidade	21
2.2.2 Sistema de referência de localização.....	33
2.2.3 Sistema de informação geográfica	34
2.3 AVALIAÇÃO E ÍNDICES DE CONDIÇÃO DE PAVIMENTOS.....	35
2.3.1 Metodologias para avaliação superficial de pavimentos	38
2.4 COLETA DE DADOS DE CONDIÇÃO DE PAVIMENTOS.....	45
2.4.1 Critérios para controle de qualidade e garantia da qualidade de dados.....	47
2.5 METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS URBANOS	50
2.5.1 Considerações gerais	50
2.5.2 Defeitos	52
2.5.3 Amostragem	80
2.5.4 Procedimento de avaliação.....	83
2.5.5 Cálculo do índice de condição do pavimento.....	84
2.5.6 Conceito do pavimento.....	88
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	89
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	89
3.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	89
3.3 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	90
3.4 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS DO EXPERIMENTO	92
3.5 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	93
3.5.1 Definição das seções de vias para treinamento e controle (amostragem)	95

3.5.2	Locação e georreferenciamento das seções.....	99
3.5.3	Procedimento de coleta de dados	100
3.5.4	Análise dos dados.....	112
3.5.5	Critérios para verificação da qualidade e aceitação dos dados.....	114
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	116
4.1	CARACTERIZAÇÃO DAS SEÇÕES AMOSTRADAS	116
4.2	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	126
4.2.1	Análise dos dados de PCI.....	127
4.2.2	Análise dos dados de quantidade total de defeitos	137
4.2.3	Análise dos dados de quantidade de defeitos por nível de severidade.....	145
4.2.4	Análise geral dos resultados.....	149
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	154
5.1	CONCLUSÃO	154
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	156
	REFERÊNCIAS.....	158
	APÊNDICES.....	163
	ANEXOS	192

1. INTRODUÇÃO

Desde o princípio o homem está em constante evolução, buscando sempre melhores condições de vida, e essa busca incessante da satisfação, da felicidade e da melhoria da qualidade de vida, que fez com que o homem procurasse as cidades para viver, tem provocado um aumento vertiginoso das populações urbanas. Isso cada vez mais vem se intensificando, à medida que atualmente a maior parte da população mundial vive nos centros urbanos, se aglomerando principalmente nas grandes metrópoles.

Esse crescimento da população citadina tem gerado grandes desafios para o poder público, setor privado, bem como para a sociedade de uma forma geral, devido ao aumento constante da demanda por infraestrutura, dentre as quais se destaca a malha viária, que com o incremento do número de veículos que circulam diariamente pelas ruas precisa ser ampliada e melhorada continuamente para atender as necessidades de locomoção da população.

A qualidade de vida nas cidades está intimamente relacionada com a qualidade dos elementos de infraestrutura ofertados a população, e nesse contexto ressalta-se a malha viária, que constitui um dos principais elementos de infraestrutura urbana, pois expressa o direito de ir e vir de todo cidadão, sendo responsável pela condução de milhares de usuários diariamente, pessoas que se deslocam constantemente com seus veículos ou por meio de transportes coletivos para cumprimento de suas atividades cotidianas. A infraestrutura viária mantém a própria vida urbana e está ligada diretamente com o desenvolvimento das cidades.

Considerando sua relevância para a vida nas cidades, é conveniente que os sistemas viários sejam ofertados dentro de padrões mínimos de qualidade. Entretanto, a pavimentação das vias públicas, bem como sua manutenção, exige recursos financeiros de elevada monta, especialmente por parte do poder público.

Nesse sentido, torna-se interessante que a administração pública utilize ferramentas como a gerência de pavimentos para auxiliar na gestão desses ativos, no intuito de buscar estratégias de melhor relação custo-benefício para promover a manutenção da qualidade dos pavimentos de forma mais eficiente.

O emprego de sistemas de gerência de pavimentos permite a identificação da condição real de cada segmento de via e assim a determinação do momento e das estratégias ideais para manutenção e reabilitação dos pavimentos para trechos distintos. Dessa maneira, é possível otimizar a aplicação dos recursos disponíveis, além de evitar a ruína dos pavimentos e promover o prolongamento da vida útil dos mesmos.

Todavia, esses sistemas são suportados por um grande volume de dados relativos à malha viária, como os dados de condição dos pavimentos, sendo que a confiabilidade desses sistemas está intimamente relacionada à quantidade e a qualidade desses dados.

Os dados de condição de pavimentos respaldam as decisões nos sistemas de gerenciamento de pavimentos, e por serem essenciais, inconformidades nesses dados podem provocar inúmeras consequências negativas para toda a sociedade.

Considerando essa temática, o presente trabalho trata da qualidade dos dados relativos à condição de pavimentos, e propõe uma abordagem para controle de qualidade aplicada a inspeção visual de pavimentos flexíveis urbanos, a partir da análise da precisão e viés de dados obtidos por diferentes avaliadores, que permite a verificação da confiabilidade desses dados e também dos técnicos, propiciando o aperfeiçoamento do treinamento dos avaliadores e a melhoria da qualidade dos dados de condição de pavimentos, contribuindo dessa maneira para o aprimoramento dos processos no âmbito da gerência de pavimentos urbanos.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Sendo a malha viária um dos principais sistemas de infraestrutura urbana, e também um dos mais caros, espera-se que sejam mantidos dentro de padrões mínimos de qualidade. Entretanto, é comum nos depararmos com vias mal conservadas em nossa realidade nas cidades, que geram impactos significativos para toda a sociedade, dentre os quais se destaca a elevação do ruído nas vias, redução na velocidade de tráfego e no conforto dos deslocamentos, aumento do risco de acidentes e dos custos dos usuários.

São muitos os problemas relacionados à falta de gerenciamento das infraestruturas viárias e a conservação deficiente desses ativos, no entanto, são apresentados a seguir apenas os problemas relacionados à qualidade dos dados de condição de pavimentos, mais relevantes para o presente estudo.

A qualidade dos dados de condição dos pavimentos a serem utilizados na gerência de pavimentos é um fator significativo para estes sistemas, de forma que dados de baixa qualidade, inconsistentes, podem divergir da condição real dos pavimentos e assim causar a distorção de resultados e a redução da eficiência das decisões tomadas, podendo inclusive comprometer todo o sistema.

Além disso, a coleta de dados de baixa qualidade pode gerar desconfiança no processo de gerenciamento, bem como necessidade de realização de novas coletas, que despendem tempo, recursos humanos e financeiros.

Há uma carência de metodologias específicas que possam ser empregadas no controle de qualidade de dados relativos à condição de pavimentos flexíveis urbanos e que possam ser utilizadas na verificação da conformidade de dados coletados por diversos avaliadores em um sistema de gerenciamento de pavimentos.

Existem problemas também relacionados às metodologias de avaliação de pavimentos por meio de inspeções visuais, como a empregada nesse estudo, uma vez que dependem da percepção e experiência individual de cada técnico, fato que pode contribuir para o aumento da variabilidade dos dados obtidos por diferentes avaliadores e do desvio em relação ao valor verdadeiro e conseqüentemente para a redução da consistência e confiabilidade desses dados.

Conforme Migliaccio, Bogus e Cordova (2014), a variabilidade inerente as inspeções visuais da condição de pavimentos é uma limitação reconhecida das metodologias de avaliações manuais, em grande parte devido à subjetividade dos julgamentos dos avaliadores.

Destaca-se também a falta de profissionais capacitados e experientes para realização das avaliações dos pavimentos em campo e obtenção de dados de qualidade.

Outro problema nas inspeções de campo está relacionado à necessidade de vários técnicos avaliadores para realização dos levantamentos, devido a extensão das redes viárias a serem monitoradas em um sistema de gerenciamento de pavimentos, fator que pode ocasionar aumento da variabilidade e das diferenças entre os dados coletados.

Existe também uma grande quantidade de fatores que podem causar interferências na etapa de coleta de dados em campo, caso não sejam convenientemente controlados, como por exemplo, a estação do ano, nível de iluminação, temperatura do pavimento, condição do tempo (clima), ângulo de observação, entre outros, que podem conduzir a variações ou erros que reduzem a qualidade ou podem inclusive comprometer os dados coletados.

Assim, o questionamento que motivou o presente estudo foi saber se “o procedimento de controle de qualidade aplicado na inspeção visual de pavimentos flexíveis urbanos seria válido para identificar possíveis falhas ou inconsistência nos dados a serem coletados por diferentes técnicos avaliadores e assim contribuir para o processo de treinamento dos técnicos, melhoria da qualidade desses dados e dos sistemas de gerenciamento de pavimentos”.

1.2 JUSTIFICATIVA

Assim como acontece com outros elementos de infraestrutura, os pavimentos urbanos sofrem um processo contínuo de deterioração, seja pela ação das intempéries ou das solicitações do tráfego, que levam à redução de sua capacidade funcional e estrutural. Entretanto, devido a sua importância para a manutenção das atividades sociais e o desenvolvimento dos centros urbanos, é fundamental a realização de intervenções para a conservação da qualidade das vias urbanas.

No entanto, considerando que a conservação desses ativos requer investimentos elevados, e que na maioria das vezes os recursos são insuficientes para atendimento de toda rede, é necessário que haja a implementação de sistemas de gerenciamento de pavimentos como forma de racionalizar a aplicação desses recursos.

A falta de gerenciamento e de dados de condição de pavimentos de qualidade contribuem para a ineficácia da manutenção e conservação das vias urbanas, uma vez que tomadas de decisão sem o embasamento técnico adequado podem conduzir ao desperdício de dinheiro público em projetos falhos. Dessa forma, é importante que se realizem estudos e se desenvolvam novas técnicas que visem o aprimoramento dos processos de coleta de dados, controle de qualidade e do planejamento na gerência de pavimentos.

O planejamento é uma ferramenta importante dentro dos sistemas de gerenciamento de pavimentos, e auxilia na definição de prioridades, na seleção das melhores estratégias e na otimização dos processos, propiciando a manutenção da qualidade das vias urbanas de forma mais eficiente, entretanto, o planejamento ocorre a partir de um conjunto sistematizado de dados, sendo que sua eficácia dependerá da qualidade das informações fornecidas ao sistema.

Outra justificativa desse estudo baseia-se na carência de procedimentos específicos para controle de qualidade aplicado a inspeção visual de pavimentos urbanos, e pela relevância da utilização de estratégias de controle nas investigações de campo.

Vale destacar que a inspeção visual de pavimentos é um procedimento muito utilizado no gerenciamento desses ativos, no entanto, apesar de serem realizadas a partir de metodologias padronizadas e de critérios bem definidos, certa variabilidade nos dados é esperada, uma vez que as avaliações dependem do julgamento individual de cada técnico. Logo, é imprescindível o conhecimento da magnitude da variabilidade associada a esses dados, bem como a verificação da conformidade dos mesmos, a fim de saber se representam adequadamente os valores “verdadeiros”.

Segundo Bogus et al. (2010), a redução da variabilidade na coleta manual de defeitos de pavimentos é essencial para a garantia da qualidade dos dados de condição de pavimentos, tanto em relação à precisão individual de avaliações de um técnico (repetitividade), como da consistência entre os diferentes avaliadores (reprodutividade).

Frente a essa problemática, julga-se importante o desenvolvimento e a implementação de técnicas apropriadas que permitam a identificação de inconsistências nos dados coletados em campo, tais como a variabilidade e os desvios anormais, a fim de se verificar a confiabilidade dos dados e dos diferentes técnicos avaliadores, visando à obtenção de dados de melhor qualidade para serem utilizados nos processos de tomada de decisão.

O procedimento de controle de qualidade aplicado nesse estudo é simples e de baixo custo, viabilizando sua utilização na gerência de pavimentos de pequenas e médias cidades, uma vez que estas possuem recursos humanos e financeiros geralmente limitados, e muitas vezes nem possuem um sistema de gerenciamento adequado.

Os procedimentos propostos poderão ser utilizados em sistemas de gerenciamento de pavimentos para o aprimoramento do treinamento dos técnicos avaliadores e melhoria dos processos de coleta, propiciando a obtenção de dados mais confiáveis, precisos e completos.

Esse trabalho encontra-se em consonância com a linha de pesquisa Planejamento Territorial e Gestão da Infraestrutura do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, e visa à aplicação de procedimentos de controle de qualidade na coleta de dados de condição de pavimentos para contribuir com o processo de gerenciamento de pavimentos urbanos e conseqüentemente para a melhoria da condição das vias urbanas de municípios brasileiros.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral aplicar o controle de qualidade na inspeção visual de pavimentos flexíveis urbanos, utilizando ferramentas estatísticas, visando o aprimoramento do treinamento dos técnicos avaliadores e a melhoria da qualidade dos dados de condição de pavimentos.

1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos da pesquisa são:

- a) Estabelecer procedimentos e critérios para verificação da qualidade dos dados de condição superficial de pavimentos flexíveis urbanos;
- b) Aplicar a metodologia da ASTM D6433-11 para a avaliação de pavimentos flexíveis urbanos em seções de controle;
- c) Determinar a condição superficial e classificar o desempenho de pavimentos flexíveis urbanos em seções de controle;
- d) Analisar a influência dos avaliadores sobre a qualidade dos dados de condição superficial de pavimentos flexíveis urbanos obtidos por meio de inspeções visuais.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é composto por cinco capítulos, os quais são descritos a seguir.

No capítulo 1 é apresentada uma introdução sobre o tema estudado, assim como a problemática e as justificativas que motivaram a realização desse trabalho, e também os objetivos pretendidos.

O capítulo 2 traz uma revisão de literatura com ênfase na avaliação e gerenciamento de pavimentos urbanos, coleta e controle de qualidade de dados de condição de pavimentos, entre outros tópicos afins. Nesse capítulo é apresentado ainda o estado da arte do tema estudado e também o detalhamento da metodologia de avaliação de pavimentos utilizada na coleta de dados em campo.

No capítulo 3 estão descritos os procedimentos metodológicos e os materiais utilizados na pesquisa, bem como são apresentadas as etapas atendidas para realização desse estudo, incluindo o processo de coleta e de análise de dados.

Já no capítulo 4 são apresentados os resultados das avaliações realizadas pelos técnicos e das análises dos dados, assim como as discussões acerca dos mesmos.

Por fim, no capítulo 5 são apresentadas as conclusões do trabalho e as sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Esse capítulo traz um embasamento teórico acerca de infraestrutura viária urbana e conceitos básicos de pavimentos urbanos, necessários a compreensão do contexto em estudo, assim como aborda os sistemas de gerência de pavimentos e apresenta de uma forma resumida a situação atual da implantação desses sistemas em nível de Brasil e mundial (estado da arte).

A revisão de literatura apresentada nesse capítulo trata também de sistemas de referência de localização e sistemas de informação geográfica, bem como da avaliação e índices de condição de pavimentos e conceitos de qualidade de dados para a gerência de pavimentos. Ainda nesse capítulo é apresentada de forma detalhada a metodologia de avaliação de pavimentos empregada nesse estudo.

2.1 INFRAESTRUTURA VIÁRIA URBANA

O sistema viário é um dos elementos mais importantes e mais caros da infraestrutura urbana, sendo constituído por vias, normalmente revestidas com materiais resistentes e duráveis para melhorar o conforto, a segurança e a economia aos usuários, as quais são classificadas conforme características e funções específicas pelo Código de Trânsito Brasileiro como vias de trânsito rápido, vias arteriais, coletoras e locais.

As vias urbanas se diferenciam das rurais não apenas com relação às áreas onde estão localizadas, mas também em função de um conjunto de características específicas, tais como a presença marcante do cidadão, pedestres e ciclistas, deslocamentos mais curtos e conturbados, grande número de intersecções e acessos, rótulas e semáforos, que provocam redução na velocidade do fluxo de veículos, bem como maior frequência de frenagens e acelerações que intensificam as forças horizontais nos pavimentos.

Destaca-se também a presença de outros elementos da infraestrutura urbana executados sob a malha viária, tais como redes de fornecimento de água, energia elétrica, gás, bem como coleta de esgoto e oferta de outros serviços urbanos essenciais, como telefonia, rede de dados, entre outras, elementos esses que interferem diretamente na qualidade do tráfego devido à presença de poços de visita ao longo das redes que ficam nas faixas de rolamento, bem como as constantes intervenções de manutenção que exigem a abertura dos

pavimentos, as quais resultam geralmente em remendos de baixa qualidade e afundamentos do pavimento.

Nesse sentido, ainda podemos citar várias outras particularidades das vias urbanas em relação às rodoviárias, como diferenciação dos veículos que circulam nas vias, bem como a presença de faixas exclusivas que promovem a segregação do tráfego, uso de diferentes tipos de revestimentos nos pavimentos, como alvenaria poliédrica, que não são usuais em rodovias, além de revestimentos mistos, onde vias pavimentadas com calçamento são recuperadas e ou recapeadas com material asfáltico, constituindo uma estrutura diferenciada.

Essas peculiaridades do sistema viário urbano que conferem uma conjuntura distinta aos usuários, também implicada alterações nas metodologias de monitoramento e avaliação, bem como nas estratégias de manutenção e reabilitação desses pavimentos, uma vez que apresentam reações estruturais e patológicas diferenciadas.

2.1.1 Pavimentos urbanos

Pavimentos são estruturas constituídas por camadas de materiais resistentes assentes sobre o solo de base, denominado subleito, que visam oferecer uma superfície uniforme, resistente e durável, de forma a propiciar aos usuários uma trafegabilidade confortável e segura a qualquer tempo.

De acordo com Balbo (2007) a pavimentação de vias enseja a melhoria operacional para o tráfego, uma vez que gera uma superfície mais regular, mais aderente e menos ruidosa.

Os revestimentos mais empregados na pavimentação das vias urbanas são os flexíveis tais como os betuminosos (concreto asfáltico) e os calçamentos (alvenaria poliédrica, paralelepípedos, blocos de concreto pré-moldados e articulados) e os revestimentos rígidos (concreto de cimento portland), porém esse último utilizado de forma menos expressiva em áreas urbanas, especialmente em nível de Brasil.

O revestimento é a camada mais superficial do pavimento, sendo este responsável pelas principais características dos pavimentos, como assegurar o conforto e a segurança dos deslocamentos, bem como suportar e transferir para as estruturas de base os esforços oriundos do tráfego, sendo assim, a presença de defeitos nessa camada impactará diretamente na qualidade de vida e na segurança das pessoas.

No entanto, é comum nos depararmos com vias em diferentes condições de manutenção em nossa realidade nas cidades, algumas com revestimentos mal conservados,

que resultam impactos significativos para toda a sociedade. Tais impactos são observados por transtornos como elevação do ruído nas vias, redução na velocidade de tráfego e no conforto dos deslocamentos, além de gerar insatisfação e custos adicionais aos usuários em decorrência do aumento do consumo de combustíveis e dos gastos com a manutenção dos veículos, que sofrem maior desgaste. Ainda podemos citar outros prejuízos causados pela presença de defeitos nos revestimentos dos pavimentos urbanos, como o aumento da poluição do ar e do risco de acidentes.

Os defeitos são uma indicação aparente da deterioração dos pavimentos em decorrência dos carregamentos e do intemperismo a que estão submetidos ao longo do tempo, bem como resultantes de falhas construtivas ou combinação desses fatores. (ASTM, 2015).

A baixa qualidade na condição dos revestimentos dos pavimentos das vias urbanas se deve também a falhas de projeto e de uso das vias, intervenções em redes de infraestrutura subterrâneas, problemas relacionados com a carência de sistemas de gerenciamento e de dados de condição dos pavimentos de qualidade, bem como a falta de conservação.

2.2 SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS

Os pavimentos urbanos são ativos de valor inestimável, não só pelo seu valor monetário, mas também por sua importância funcional, sendo assim, devem ser preservados, visando à manutenção do nível de serventia, de forma a propiciar conforto, segurança e economia aos usuários.

No entanto, a conservação dos pavimentos urbanos geralmente resume-se a correção de defeitos que surgem ao longo do tempo, através de operações emergenciais executadas normalmente quando os pavimentos atingem um nível crítico de deterioração. Nesse caso, a maioria dos gestores não dispõe de dados para antever esta situação, principalmente nas pequenas e médias cidades, aplicando recursos de forma ineficiente e dispendiosa.

Outro problema comum nas cidades brasileiras é a elaboração de projetos e a definição de operações de manutenção e reabilitação de pavimentos baseado apenas no conhecimento e experiência dos projetistas, sendo que muitas vezes prevalece à vontade política sobre a técnica, uma vez que são poucas as cidades que dispõem de um sistema de gerência de pavimentos e de procedimentos de monitoramento da condição dos pavimentos para auxiliar no processo de tomada de decisão.

Além disso, os recursos financeiros são escassos e investimentos em programas de pavimentação e reabilitação de vias urbanas geralmente são insuficientes frente à grande demanda existente, principalmente devido ao estado de degradação em que se encontram boa parte dos pavimentos das cidades brasileiras, o que torna necessário a busca pela otimização do capital investido.

Nesse sentido, a gerência de pavimentos é um instrumento racional, que representa a evolução dos sistemas de manutenção de pavimentos, tendo em vista a conservação desses ativos em um nível de qualidade satisfatório e o prolongamento da vida útil dos pavimentos.

O Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) é um importante instrumento de apoio a tomada de decisão, que permite a busca de estratégias mais eficientes para a correção de defeitos estruturais e funcionais dos pavimentos, promovendo a otimização da alocação de recursos e a manutenção da qualidade dos pavimentos urbanos.

A gerência de pavimentos é uma ferramenta de administração muito útil que tem por objetivo subsidiar a gestão de infraestruturas viárias propiciando a melhoria da condição dos pavimentos buscando estratégias de manutenção e reabilitação de melhor relação custo-benefício, a fim de aplicar os recursos públicos de forma eficaz e atender as necessidades dos usuários. (BRASIL, 2011).

A gerência de pavimentos é um processo amplo que envolve todo o ciclo de vida dos pavimentos, apoiando a tomada de decisão em todos os estágios, desde a elaboração dos projetos e orçamentos de pavimentação, passando pela construção e subsequente monitoramento periódico da condição dos pavimentos, propiciando a manutenção da qualidade e prolongamento da vida útil dos pavimentos. (LIMA; RAMOS; FERNANDES JR., 2006).

Segundo Shahin (2005), um sistema de gerenciamento de pavimentos é um método sistemático consistente para a identificação das necessidades de manutenção e reabilitação (M&R), bem como para determinar as prioridades e o momento ideal para realização das intervenções, possibilitando a previsão da condição dos pavimentos. Ainda o autor relata que o SGP é uma ferramenta valiosa que permite ao gerente a identificação do ponto crítico no ciclo de vida do pavimento, uma vez que é possível determinar tanto a condição atual como prever a condição futura de redes de pavimentos.

Já NCHRP (2004) relata que os sistemas de gerência de pavimentos oferecem um processo sistematizado de recolhimento, análise e gestão de dados, para apoio a tomada de decisões. Destacam também que um SGP oferece ferramentas e métodos para responder

perguntas como: quais as estratégias de manutenção e reabilitação têm melhor custo-benefício? Em que seções de pavimentos são necessários tratamentos? Qual o melhor momento para programação das intervenções?

A gerência de pavimentos está atrelada ao monitoramento contínuo das vias, que é responsável pelo fornecimento de dados confiáveis acerca da condição dos pavimentos ao longo do tempo, e também pela administração dessas informações. (LIMA; RAMOS; FERNANDES JR., 2006).

Os sistemas de gerência de pavimentos são suportados por uma grande quantidade de informações relativas à rede, sendo que dentre as etapas do processo, as atividades de coleta de dados são um ponto-chave no gerenciamento de pavimentos. Os principais dados a serem recolhidos em um sistema de gerência de pavimentos incluem o inventário da rede, as condições estruturais e funcionais dos pavimentos (estado do pavimento), os dados relativos ao tráfego, tais como volume e carga e também os dados históricos de procedimentos de manutenção e reabilitação. (NCHRP, 2004).

A implementação de um sistema de gerenciamento de pavimentos é um processo composto por várias etapas, desde a obtenção de mapas e a definição das redes, passando pela coleta de dados do inventário e de dados de condição dos pavimentos, e criação de um banco de dados, bem como o desenvolvimento de índices de condição e de modelos de deterioração ou de desempenho, até a análise dos dados e determinação das estratégias de manutenção e reabilitação. (SHAHIN, 2005).

O primeiro passo é a identificação da rede, cabendo ao gerente a análise dos ramais e seções a serem geridas, bem como promover sua separação conforme necessário. Na sequência é procedida a pesquisa da condição do pavimento e a classificação, sendo que para a obtenção de um resultado de condição confiável deve ser empregado um sistema de classificação objetiva e repetível. A etapa seguinte consiste na elaboração do plano de trabalho, que varia de acordo com a condição dos pavimentos e a disponibilidade de recursos, podendo considerar manutenções preventivas e corretivas, reabilitações ou ainda reconstrução. (SHAHIN, 2005).

Segundo NCHRP (2009), os sistemas de gerência de pavimentos apresentam ferramentas para suportar decisões tanto em nível de rede como em nível de projeto, sendo possível o planejamento de toda uma rede, bem como a elaboração de projetos mais eficazes.

Em nível de rede as ferramentas podem ser utilizadas para a avaliação da condição e previsão do desempenho dos pavimentos ao longo do tempo, determinação das necessidades e

seções prioritárias da rede, identificação das alternativas de manutenção e reabilitação adequadas, bem como otimização da alocação de recursos, entre outras. Já em nível de projeto, as ferramentas são empregadas para seleção das alternativas finais e o detalhamento dos projetos, baseado em estudos mais aprofundados das seções candidatas, incluindo nesse nível a análise da condição estrutural e das possíveis causas dos defeitos, também podem ser utilizadas para análise do custo do ciclo de vida, e seleção do tipo de pavimento. (NCHRP, 2009).

Para Fernandes Jr. (2001), o gerenciamento de pavimentos em nível de rede está relacionado à malha viária integral, onde as informações são empregadas em decisões ligadas às atividades de planejamento, programação e orçamento, tais como identificação e priorização de projetos, determinação das necessidades de recursos para manutenção da rede e a avaliação da condição atual e futura da mesma. Já no gerenciamento em nível de projeto são tomadas decisões técnicas, com detalhamento das opções de projeto e das atividades de manutenção, reabilitação e construção para cada seção específica da malha viária.

De acordo com Tavakoli, Lapin e Figueroa (1992), os gestores municipais enfrentam grandes dificuldades para a manutenção das vias urbanas, seja pela escassez de recursos, seja pela grande demanda existente, sendo pouco provável que se consiga manter toda a rede viária em boas condições, sendo assim, é fundamental que esses gestores utilizem sistemas de gerenciamento de pavimentos para a identificação das necessidades presentes e futuras para o estabelecimento de prioridades nos programas de manutenção, de forma a otimizar a distribuição dos recursos disponíveis.

2.2.1 Avaliação e gerência de pavimentos na atualidade

Considerar o estado da arte concernente as pesquisas e implementações mais recentes no âmbito do tema em estudo é de suma importância para o desenvolvimento de uma pesquisa, sendo assim, a seguir é apresentada uma breve revisão da literatura atual acerca de gerenciamento de pavimentos, avaliação de pavimentos e controle de qualidade de dados de condição de pavimentos, realizada para fundamentação desse estudo.

Nos Estados Unidos, pesquisadores e agências que administram rodovias em todo o país têm desenvolvido uma série de índices de condição de pavimentos visando mensurar a integridade estrutural e dos materiais constituintes dos pavimentos por meio da combinação de vários defeitos, além de índices mais amplos que combinam defeitos e a rugosidade para

determinação da condição geral dos pavimentos. Esses índices têm sido utilizados pelos gestores para determinação da atual condição dos pavimentos, bem como para previsão da condição futura, alertando as agências precocemente acerca das necessidades de manutenção e conseqüentemente financeiras. (GHARAIBEH, et al., 2011).

Segundo Arhin et al. (2015), os departamentos de transportes (DOTs) dos Estados Unidos avaliam a condição dos pavimentos da rede viária anualmente, normalmente de forma automatizada por meio de equipamentos acoplados a veículos que coletam dados de defeitos e da qualidade do passeio das vias percorridas. Esses dados de defeitos são analisados por profissionais capacitados e quantificados por tipo, gravidade e extensão, sendo que a partir de equações os defeitos são combinados em um índice geral que expressa a condição dos pavimentos (PCI), de forma que em função da severidade dos defeitos encontrados e da qualidade do passeio, que é expressa através do índice de rugosidade internacional (IRI), procede-se a implementação das melhorias necessárias.

Existem vários métodos que vem sendo utilizados para avaliação do desempenho de pavimentos, alguns são derivados de avaliações subjetivas de painel direto, onde uma equipe de especialistas transita sobre o pavimento a ser inspecionado com veículo a uma velocidade pré-determinada e classificam os mesmos por meio de valores atribuídos subjetivamente com base nos tipos de defeitos observados utilizando uma escala numérica ou verbal e também baseados na qualidade do passeio, os quais representam a resposta a percepção dos usuários, utilizado atualmente, por exemplo, pelo Departamento de Transportes do estado de Oregon e do estado de Michigan nos Estados Unidos. (GHARAIBEH, et al., 2011).

Alguns índices são calculados com base em valores de utilidade, tais como os índices de pontuação de defeitos e de pontuação da condição, desenvolvidos e implementados pelo Departamento de Transportes do Texas, estado dos Estados Unidos, onde a pontuação de defeitos está relacionada apenas aos defeitos existentes, já a pontuação da condição considera além desses o valor do índice de rugosidade internacional (IRI) do pavimento. O valor de utilidade representa a qualidade de um pavimento em termos de utilidade global, e está baseado nos tipos e nas densidades dos defeitos encontrados nos pavimentos. (GHARAIBEH, et al., 2011).

Os autores relatam também os índices calculados com base em valores de dedução, onde o índice de condição do pavimento é calculado a partir de um índice de conforto máximo, que representa um pavimento perfeito, que são deduzidos valores referente a cada defeito encontrado, que consideram o tipo, gravidade e extensão dos defeitos, multiplicados

por fatores de ajuste devido à qualidade de passeio, baseado na rugosidade do pavimento. Citam como índice derivado de valores de dedução o Índice de Condição do Pavimento (PCI).

Além do PCI, grande parte dos departamentos de transportes estaduais dos EUA utilizam índices de condição derivados de valores de dedução, tais como: PCI de Iowa, índice geral de Oregon, avaliação superficial de Minnesota, índice de defeitos de pavimentos do Tennessee, classificação da condição de pavimentos de Ohio, índice geral de pavimentos da Pennsylvania, índice da condição superficial de Dakota South, e pesquisa e classificação da condição de Illinois. Sendo que esses índices são representativos das práticas atuais entre os departamentos de transportes dos estados do EUA. (GHARAIBEH, et al., 2011).

Vários países vêm explorando a relação entre PCI e IRI para avaliação de pavimentos, com resultados estatisticamente significativos, nesse sentido, Arhin et al. (2015), desenvolveram um modelo para previsão do PCI em função do IRI para o distrito de Columbia, Estados Unidos, onde foram utilizados dados de 2009 e 2012 de 895 pontos, fornecidos pelo departamento de transporte do distrito, empregando análise estatística por meio do método de regressão, onde concluíram a partir dos resultados obtidos que os modelos poderiam ser utilizados para prever o PCI a partir de dados do IRI para a avaliação e gerência de pavimentos.

Park, Thomas e Lee (2007) também realizaram um estudo estabelecendo uma relação entre os defeitos superficiais presentes em um pavimento e a sua rugosidade, representados por meio do índice de condição do pavimento (PCI) e o índice de rugosidade internacional (IRI), respectivamente. Utilizando um software denominado MicroPAVER e dados de rugosidade de várias seções de pavimentos da região do Atlântico Norte, previram a condição do pavimento, confirmando a relação entre as duas variáveis e a aceitabilidade do IRI como variável de previsão do PCI. No entanto, em essência o modelo prevê o comportamento do PCI para valores relativamente baixos de IRI, e ainda recomendam que o IRI não deve ser utilizado como único preditor para o PCI, uma vez que cerca de 41% das variações do PCI não são esclarecidas pelo IRI.

O Índice geral da Pensilvânia combina índice de rugosidade e índices individuais dos defeitos do pavimento, sendo que um índice é calculado para cada um dos defeitos considerados, calculados em função da gravidade e da extensão (baixo, médio e alta), onde extensão e gravidade mais altas pesam mais no cálculo do índice. (GHARAIBEH, et al., 2011).

Já a classificação da condição do pavimento de Ohio, é calculado com base nos valores de dedução dos defeitos observados, e a rugosidade da superfície não é considerada no cálculo do índice. A pontuação de cada defeito é ajustada multiplicando-se um índice devido a gravidade, definidos por três níveis de gravidade (baixo, médio, alto) e outro relacionado a densidade, também classificado em três níveis (ocasionais, frequentes e extensos). (GHARAIBEH, et al., 2011).

No atual processo empregado pelo departamento de transportes do estado do Texas, o cálculo da pontuação dos defeitos dos pavimentos utiliza os dados de levantamentos de defeitos, sendo que são calculados fatores de utilidade para cada combinação de defeito com sua respectiva densidade, onde cada fator reflete o peso do referido defeito na pontuação, o qual tem seu impacto reduzido ou majorado em função da quantidade e extensão do defeito. O índice de condição é obtido multiplicando-se os fatores de utilidade individuais, o qual ainda é modificado por um fator utilitário de passeio. (GHARAIBEH, et al., 2011).

Vishwanath, et al. (2013) propuseram uma metodologia para o desenvolvimento de um índice de condição do pavimento (PCI) para vias arteriais urbanas por meio de um estudo de caso da cidade de Bangalore, Índia. O PCI foi calculado com base nos tipos, quantidades e na gravidade dos defeitos presentes nas seções, os quais foram obtidos por meio da inspeção visual por caminhamento. Onde estratégias de gerenciamento de pavimentos urbanos foram recomendadas com base nos valores de índice de condição do pavimento.

Shah et al. (2013a) desenvolveram um índice geral da condição do pavimento (OPCI) combinando quatro índices utilizados em gerência de pavimentos tendo como base vias urbanas da cidade de Noida, Índia, onde foram coletados dados dos defeitos do pavimento. Inicialmente foram gerados os índices de condição individuais, avaliando respectivamente os defeitos, a rugosidade, a estrutura e o atrito dos pavimentos e posteriormente esses índices foram combinados por meio da atribuição de pontuações (pesos), para cada indicador, uma vez que as influências da cada índice não são iguais, e então gerando um índice geral da condição do pavimento combinado para a rede, considerando os defeitos funcionais e os estruturais, de forma a representar a condição real do pavimento.

Segundo os pesquisadores, o uso de uma metodologia combinada multi-índices indicadores de condição elevam a confiança e a eficiência do método, propiciando a seleção adequada das estratégias de manutenção e reabilitação. (SHAH, et al., 2013a).

Girimath, et al. (2014) avaliaram o nível de deterioração de uma via urbana da cidade de Bangalore, Índia, baseado em dados de defeitos superficiais obtidos por meio de inspeção

visual em campo, bem como identificaram as estratégias ótimas de manutenção, com base na análise econômica, utilizando o software HDM-4, o qual foi devidamente calibrado para as condições locais, comprovando a eficácia desse sistema no gerenciamento de pavimentos urbanos.

Landers et al. (2002) desenvolveram um modelo regional para a determinação do índice de condição superficial de pavimentos, baseando-se na metodologia utilizada pelo Ministério de Transportes e Rodovias da província de British Columbia, no Canadá, envolvendo inclusive outras agências. O modelo foi refinado através de sucessivas iterações e a incorporação de dados de defeitos superficiais de vários anos, de seis regiões distintas, até a geração de resultados satisfatórios para todos os cenários considerados, de forma a representar a condição dos pavimentos em toda a província.

Visando dar subsídio ao desenvolvimento dos planos de manutenção de vias urbanas da cidade de Noida, Índia, Shah et al. (2013b) reproduziram modelos realistas para estimar o índice da manutenção presente (PSI) do pavimento, adequando o conceito desenvolvido pela AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) para a vias desta cidade, fazendo uma correlação com a idade do pavimento. O modelo PSI desenvolvido é um índice objetivo calculado a partir do índice de avaliação da manutenção presente (*PSR*) que é um índice subjetivo obtido por meio de observação em campo, de forma que o *PSR* foi validado por meio de teste em vias urbanas previamente selecionadas, o qual mostrou-se satisfatório, uma vez que não houve diferença significativa entre os dados observados (*PSR*) e os previstos (*PSI*), apresentando uma boa concordância e um nível de confiança de 95%, provando a adequação do modelo *PSI* desenvolvido para as vias urbanas estudadas.

O modelo do índice de desempenho do pavimento (*PSI*) desenvolvido para a área urbana de Noida como uma função da idade do pavimento renderam resultados precisos, sendo que os modelos foram calibrados e validados com dados de condição do pavimento avaliados visualmente em vias pavimentadas com concreto asfáltico, sendo que estratégias de manutenção e reabilitação foram sugeridas com base no *PSI* previsto para as seções de pavimento investigadas. (SHAH, et al., 2013b).

Sudhakar (2009) realizou um estudo experimental de vias urbanas da cidade de Chennai, Índia, obtendo a estratégia de manutenção ideal para o pavimento das vias pesquisas utilizando a ferramenta HDM-4. O software foi calibrado para as condições locais e alimentado com os dados do inventário das vias, do tráfego, da condição do pavimento e outros dados necessários como do histórico de manutenção da via, de custo e dados

climáticos. Para a avaliação da condição do pavimento foram coletados em campo dados da rugosidade e dos defeitos superficiais, onde foram observados visualmente os tipos de defeitos e a extensão. A estratégia de manutenção ótima foi identificada considerando os critérios de indicadores econômicos, confirmando a eficácia do HDM-4 como ferramenta para gerência de pavimentos para a Índia, bem como para aplicações globais.

Sarsam, Razzoki e Najim (2015) descrevem um sistema computacional de apoio a decisão para gerenciamento e manutenção de pavimentos de concreto asfáltico que avalia a condição do pavimento baseado em dados de defeitos que são inseridos no sistema, calculando um índice de classificação da condição do pavimento (PCR) considerando os diferentes tipos de defeitos, extensão e a gravidade, sugere estratégias de manutenção em função da condição do pavimento, apresentando os custos de cada alternativa para os segmentos selecionados, além de possuir um módulo de priorização que otimiza a seleção de estratégias de manutenção com base no custo das alternativas e no aumento estimado da vida útil do pavimento.

O referido software foi testado pelos pesquisadores a partir de dados de condição obtidos por meio de uma inspeção visual de defeitos por caminhamento em uma via pavimentada de Bagdá, Iraque, e comparado com o resultado obtido através de cálculo manual, sendo que a variação na classificação não foi significativa, sendo assim, concluíram que o sistema avaliado é rápido e prático, sendo recomendável sua utilização a gestores de pavimentos. (SARSAM, RAZZOKI e NAJIM, 2015).

Sarsam e Abdulhameed (2014) apresentam o desenvolvimento de um sistema computacional para gerenciamento da manutenção de pavimentos da rede viária urbana de Bagdá, Iraque, que avalia e determina a classificação da condição presente dos pavimentos com base em um banco de dados de defeitos e indica as necessidades de manutenção, bem como recomenda estratégias de manutenção ideal para cada seção investigada em função do tipo, gravidade e extensão dos defeitos superficiais do pavimento, e da rugosidade e condição estrutural do pavimento. O sistema desenvolvido em Microsoft Access foi testado com dados coletados em vias da cidade de Bagdá, por meio de identificação visual dos defeitos por caminhamento das seções selecionadas, sendo que os resultados comprovaram a eficácia do sistema.

Shah, Jain e Parida (2014) avaliaram a efetividade de dois métodos de análise de prioridade, um método simplificado baseado na classificação subjetiva, denominado MPI (*maintenance priority index*), e o outro com classificação baseada em indicadores

econômicos, utilizando o software HDM-4. Foram empregados dados coletados de vias da cidade de Noida, Índia, sendo dados de inventário, volume de tráfego, avaliação estrutural e da qualidade de passeio.

A partir da comparação dos resultados de ordenamento de prioridades de manutenção obtidos com a classificação subjetiva (MPI) e com o indicador econômico (HDM-4), Shah, Jain e Parida (2014) observaram que em 33% das seções de vias avaliadas, a classificação de prioridade teve uma diferença significativa, enquanto em 67% das seções a classificação foi comparável, fato que gera confiança ao método simplificado baseado no MPI, sendo um método muito útil que pode ser utilizado para auxiliar gestores na manutenção mais eficiente de redes urbanas em países em desenvolvimento uma vez que necessitam menos investimento. Por outro lado, o HDM-4 utiliza dados de entrada mais detalhados e possui modelos de deterioração e de análise econômica embutidos, assim seu relatório de prioridades é mais preciso para a implementação de programas de manutenção, sendo frequentemente utilizado.

Santos, et al. (2006) descrevem o processo de desenvolvimento de instrumentos para o Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) para a Administração Nacional Portuguesa, referindo ao sistema de avaliação da qualidade, que calcula um índice de qualidade global baseado no valor de PSI (*Present Serviceability Index*) que representa a condição atual dos pavimentos, mediante a análise de dados da condição coletados por meio de levantamento visual dos defeitos superficiais e da irregularidade longitudinal e também apresentam o sistema de avaliação de estratégias para apoio a decisão e definição da aplicação dos recursos financeiros destinados a conservação da rede, os quais foram testados com dados de um segmento da rede rodoviária de Portugal, de forma que o referido sistema ira possibilitar a otimização do processo de conservação da rede viária do país.

Com relação à coleta de dados dos pavimentos, Bennett, Solminihac e Chamorro (2006) retrataram um trabalho realizado pelo Banco Mundial de Washington – DC, Estados Unidos, acerca das tecnologias de pesquisa atualmente disponíveis a fim de propiciar uma visão geral dessas tecnologias de coleta de dados para a gestão de ativos viários, incluindo uma avaliação da aplicabilidade em países em desenvolvimento, uma vez que muitos desses países estão em processo de adoção de sistemas mais sofisticados de coleta de dados, visando orientar os gestores na definição dos equipamentos mais adequados e sustentáveis a serem utilizados em seus respectivos programas de coleta de dados, considerando a relação custo/desempenho operacional.

Considerando o estudo realizado por Gharaibeh et al. (2011), observa-se que cada centro de gerência de pavimentos desenvolve ou adéqua procedimentos para avaliação da condição dos pavimentos que administram, dessa forma, alguns utilizam índices baseados apenas nos defeitos existentes, outros além desses consideram a rugosidade da superfície no cálculo do índice de condição dos pavimentos.

A sensibilidade dos índices em relação à existência ou não de alguns defeitos, bem como em relação à variação da severidade dos danos, divergem entre as metodologias utilizadas pelas agências, ou seja, as escalas de pontuação dos defeitos são diferentes. No entanto, todos os índices utilizados cumprem seu propósito, ficando a cargo dos gestores a escolha da técnica que melhor represente à condição dos pavimentos e que melhor satisfaça às necessidades das agências em termos de suporte a tomada de decisão, dentro das limitações existentes, uma vez que o objetivo é o mesmo independente dos procedimentos a serem utilizados, determinar a condição atual dos pavimentos para posterior tomada de decisões. (GHARAIBEH, et al., 2011).

Já com relação à qualidade dos dados de condição de pavimentos a serem utilizados nos sistemas de gerenciamento de pavimentos, Bianchini, Bandini e Smith (2010) realizaram um estudo para estimar a confiabilidade dos dados obtidos por avaliadores por meio de coleta manual de defeitos em pavimentos, onde avaliaram o grau de concordância entre as classificações de dois avaliadores baseado na variância em relação a valores de referência por meio de uma abordagem estatística baseada na distribuição qui-quadrado. Para realização dos testes os autores utilizaram as medidas individuais de defeitos e os valores do PCI calculado ao nível de significância de 5% para verificar a existência de coerência nas avaliações entre avaliadores para a mesma unidade de amostra de pavimento.

Bogus, Migliaccio e Cordova (2009?) propuseram uma medida de concordância entre técnicos para avaliar o desempenho dos mesmos na coleta de dados de condição de pavimento por meio de inspeções manuais. Essa medida estava relacionada ao grau de acordo ou equivalência entre os resultados obtidos, sendo que o método foi testado a partir da avaliação de defeitos em seções de pavimentos por vários técnicos, onde os desvios médios foram computados e analisados, de forma que os resultados demonstraram que as medidas de acordo entre os avaliadores podem ser utilizadas para monitorar o desempenho dessas avaliações.

Gharaibeh, Zou e Saliminejad (2010) analisaram o nível de concordância entre índices de condição de pavimentos de cinco estados dos Estados Unidos, Texas, Óregon, Dakota do Sul, Pensilvânia, Ohio, por meio da comparação visual dos valores dos índices a partir de

gráficos de dispersão e também estatisticamente utilizando um teste t pareado, onde os autores concluíram através de evidências empíricas que existem diferenças significativas entre os índices que eram aparentemente semelhantes.

Bogus, et al (2010) realizaram um estudo para análise da variabilidade de dados de condição de pavimentos coletados manualmente através de um método de correlação de postos, no intuito melhorar a qualidade dos dados de defeitos de pavimentos. Os autores analisaram a variabilidade entre avaliadores e individualmente em múltiplas avaliações, para cada tipo de defeito, por meio da comparação com valores de referência, onde foi possível identificar os defeitos com maior grau de variabilidade e assim aperfeiçoar o processo de formação dos técnicos no intuito de reduzir a variabilidade dos dados nos pontos mais críticos.

Ong e Sinha (2011) propuseram um método sistemático para avaliação da integridade de dados de condição de pavimentos por meio de um conjunto de métricas quantificáveis para verificar a integridade dos dados. Um quadro de garantia de qualidade que incorporou as métricas foi testado na análise da integridade de dados de condição de pavimentos nas fases de coleta e processamento do sistema de gerenciamento de pavimentos de Indiana, onde constataram que o método foi capaz de verificar a integridade dos dados, bem como a ausência de erros, completude e a consistência dos mesmos antes de serem incluídos no banco de dados do sistema.

Migliaccio, Bogus e Cordova (2014) descrevem um procedimento para avaliação e melhoria da qualidade de dados de condição de pavimentos obtidos através de inspeções visuais por meio da análise da concordância entre avaliadores e da consistência dos mesmos ao longo do tempo, onde o grau de acordo entre os diferentes avaliadores foi analisado a partir dos desvios médios da média e da mediana dos valores da condição do pavimento e a consistência ao longo do tempo para cada avaliador foi verificada por meio de regressão linear, onde comprovaram ser um método útil para o controle de qualidade dos dados de avaliação de pavimentos.

Tan e Cheng (2014) apresentam um programa de avaliação de pavimentos implementado pela Comissão de Transportes Metropolitanos nos Estados Unidos que traz um plano de gestão de qualidade e aceitação de dados de condição de pavimentos que apresenta um procedimento para certificação dos técnicos avaliadores a partir da inspeção manual de defeitos em trechos de vias urbanas com cerca de 30 metros de extensão. Conforme os autores, os índices obtidos pelos técnicos são comparados a dados de referência, sendo que

para aprovação pelo menos 50% dos valores devem estar no intervalo ± 8 PCI e não mais que 12% acima de ± 18 PCI.

No Brasil, pesquisadores de várias regiões também vêm realizando estudos na área de gerenciamento de pavimentos, desenvolvendo metodologias de avaliação de defeitos, índices de condição e modelos de previsão do desempenho de pavimentos, bem como promovendo estudos e a implementação de métodos de gerência de pavimentos urbanos baseados nas características das vias urbanas das cidades brasileiras, no entanto ainda pouco se fala na qualidade dos dados de condição dos pavimentos.

Lima, Ramos e Fernandes Jr. (2006) realizaram uma pesquisa para identificação dos procedimentos e métodos de gerência de pavimentos utilizados pelos administradores públicos brasileiros por meio de um questionário enviado a 111 prefeituras municipais de cidades brasileiras. Conforme os resultados obtidos, 60% das prefeituras que responderam o questionário apresentam procedimentos específicos ou sistemas de gerência de pavimentos, no entanto os sistemas existentes são incompletos, faltando algumas etapas necessárias, e na maioria não há nenhum procedimento específico que identifique as necessidades de manutenção dos pavimentos, sendo que as intervenções se baseiam geralmente em reclamações da população, da mídia ou da vontade política.

Ainda segundo Lima, Ramos e Fernandes Jr. (2006), as decisões tomadas na gerência de pavimentos baseiam-se geralmente na experiência dos profissionais, sem o conhecimento das reais condições dos pavimentos, uma vez que normalmente não existem procedimentos sistematizados de coleta de dados relativos à condição dos pavimentos, nem um banco de dados para apoio ao processo de tomada de decisões. Sendo que poucas prefeituras utilizam ferramentas para a seleção de vias prioritárias para a designação de procedimentos de manutenção, e muitas realizam a avaliação dos pavimentos apenas em situações críticas, quando há reclamações, onde as intervenções ocorreram apenas quando as vias estão em péssimo estado, onde o pavimento já se encontra em elevado nível de deterioração.

Souza (2015) em seu estudo propondo um sistema de gerência de pavimentos para a cidade do Rio de Janeiro relata que especialistas da área de pavimentação afirmam que o Brasil é um país relativamente desatualizado em relação a essa temática, apresentando carência de ferramentas e equipamentos úteis, bem como de tecnologias e metodologias adequadas, além de profissionais qualificados.

Oliveira (2013) refere à implantação de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU) na cidade de Anápolis, cidade de porte médio do estado de Goiás,

apresentando todas as etapas de implementação, as barreiras e dificuldade enfrentadas, funções e utilidades do sistema, bem como os resultados e benefícios obtidos. Uma das principais etapas envolveu a avaliação de todas as vias do município, e a elaboração de um diagnóstico para cada tipo de defeito por logradouro, avaliando-se a extensão, o nível de severidade e a causa provável dos defeitos, propondo-se medidas mitigadoras para cada seção. Os dados obtidos foram inseridos em um banco de dados vinculado a um sistema de informações geográficas (SIG), facilitando o acesso às informações e a visualização dos problemas. Sendo que os resultados obtidos foram positivos, destacando-se a racionalização do processo de tomada de decisões sobre as atividades de manutenção, redução de custos e melhoria da qualidade dos pavimentos, auxílio em processos licitatórios, entre outros.

Danieleski (2004) apresenta uma metodologia para a avaliação da condição superficial de pavimentos urbanos desenvolvida para implantação em um sistema de gerência de pavimentos, foram considerados pavimentos revestidos com concreto asfáltico, paralelepípedo e pedras irregulares, determinando o índice de condição do pavimento por meio da avaliação objetiva e subjetiva dos defeitos superficiais e baseado em curvas de valores de dedução. A metodologia foi testada em trechos de vias da cidade de Porto Alegre, demonstrando a adequação dos procedimentos de coleta de dados e dos defeitos elencados para a avaliação da condição superficial dos pavimentos, sendo viável sua aplicação em nível de rede. Os resultados obtidos por meio da avaliação subjetiva proposta pela metodologia foram comparados com a opinião de usuários, sendo que os resultados foram similares para pavimentos de revestimento asfáltico, no entanto apresentaram divergências para pavimentos com revestimento de paralelepípedos e pedras irregulares.

Fernandes Jr., Lopes e Pfaffenbichler (2012) apresentam o desenvolvimento de um modelo dinâmico utilizando um software de modelagem visual que considera as relações dinâmicas entre as variáveis. O modelo dinâmico foi carregado com dados de pavimentos da cidade de São Carlos, no estado de São Paulo, sendo que os resultados obtidos na simulação são exportados para o bando de dados do sistema de gerenciamento de pavimentos urbanos, que utiliza um sistema de informações geográficas (SIG), para posterior análise e decisão de estratégias de manutenção e reabilitação. O modelo agiliza e simplifica o processo de tomada de decisões, bem como aumenta a precisão por considerar os efeitos da interação entre as variáveis e a combinação com um SIG, que realiza a análise espacial e facilita a integração com outras infraestruturas urbanas.

Lima, et al. (2008) realizou um estudo de critérios de decisão para um modelo de gestão da conservação de vias urbanas pavimentadas com a aplicação do processo hierárquico analítico (AHP), que é uma técnica de avaliação multicritério, o qual foi utilizado para definir o grau de importância dos critérios relevantes ao processo decisório, ou seja, o quanto eles influenciam a necessidade de manutenção e reabilitação dos pavimentos, afim de calcular um índice de prioridade. Os pesos dos critérios de decisão foram determinados a partir de um conjunto de julgamentos subjetivos de um painel de especialistas com base em matrizes de comparação par a par. A metodologia aplicada trouxe bons resultados, por considerar um grande número de critérios relevantes no que diz respeito ao estudo de prioridades em vias urbanas, e ainda o processo AHP permitiu calcular a consistência dos julgamentos efetuados, garantindo assim um elevado nível de confiabilidade no conjunto de pesos resultantes, desta forma, podendo auxiliar gestores na avaliação e planejamento das intervenções de conservação em vias urbanas pavimentadas.

Páez (2015) descreve uma proposta metodológica para a determinação de um índice de condição de pavimento urbano (ICPU) para utilização em sistemas de gerência de pavimentos urbanos (SGPU). O ICPU foi calculado com base em fatores de ponderação em função do tipo, severidade e extensão dos defeitos, determinado a partir de questionário aplicado a profissionais especialistas e análise de dados de 10.402 segmentos da malha viária urbana do Distrito Federal do Brasil, coletados por meio de avaliações subjetivas e objetivas realizadas pela NOVACAP (agência local responsável pela conservação dos pavimentos). A partir da metodologia proposta foi possível a determinação de um ICPU com elevada exatidão e precisão, fato confirmado pelos resultados obtidos, podendo ser utilizado em SGPU.

Soares e Ildefonso (2014) compararam dois métodos de inspeção visual de pavimentos asfálticos no intuito de utilização na conservação da malha viária da cidade de Maringá-PR. O método do índice de condição do pavimento (ICP) e o método VIZIR foram comparados a partir de dados de condição superficial coletados por meio da avaliação subjetiva e objetiva de 34 seções de vias urbanas da cidade, ambos considerando o tipo, a extensão e a severidade dos defeitos. O estudo considerou também as estratégias de manutenção e a priorização de segmentos de acordo com o grau de deterioração dos pavimentos e funcionalidade das vias. As áreas totais acometidas por defeitos e as estratégias de intervenção não apresentaram diferença significativa, sendo que os resultados demonstraram que os dois métodos se mostraram confiáveis, porém o método ICP é mais confiável por considerar maior número de defeitos e as áreas de defeitos são medidas, enquanto no método VIZIR são estimadas,

concluíram que o método ICP foi superior ao método VIZIR na avaliação visual dos pavimentos asfálticos.

Scaranto (2007) realizou uma pesquisa para investigação de técnicas de avaliação da condição de pavimentos urbanos, procedendo à aplicação prática em vias urbanas dos municípios de Santa Maria e Erechim, visando à obtenção de dados reais para determinação de estratégias de manutenção adequadas à realidade brasileira. O diagnóstico da condição superficial foi obtido por meio da análise de indicadores de serventia, sendo utilizado o PSI (*Present Serviceability Index*), o PSI_{QI} (*Present Serviceability Index - Quociente de Irregularidade*), o PSR (*Present Serviceability Rating*) e o PSI_{IDS} (*Present Serviceability Index - Índice de Defeitos de Superfície*), calculados a partir de dados de defeitos coletados através de levantamento visual contínuo (LVC), onde foi avaliada a severidade e extensão dos defeitos, atestando a adequação dos critérios propostos, uma vez que forneceram resultados coerentes com a situação apresentada pelos pavimentos avaliados.

Cavalcante, et al. (2012) avaliaram os defeitos dos pavimentos de segmentos da rede viária urbana da cidade de Manaus, onde foram selecionadas vias com características de tráfego diferenciadas. A avaliação subjetiva do pavimento foi realizada por meio da inspeção visual dos trechos, tendo por base o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) atinente às normas TER 005/2003 e PRO 009/200. A partir dos dados coletados foram calculados os valores de serventia atual (VSA), os quais classificaram as vias com conceito entre ruim e regular, elucidando a precariedade das ruas e avenidas da cidade.

2.2.2 Sistema de referência de localização

Um sistema de gerência de pavimentos baseia-se em dados que são coletados nas vias por meio do acompanhamento periódico para serem utilizados nas tomadas de decisão para a conservação, reabilitação ou reconstrução do pavimento. Esses dados referem-se a vários segmentos da rede a ser gerenciada e a uma grande quantidade de pontos distribuídos ao longo dessas vias, os quais devem ser devidamente localizados e referenciados para permitir o monitoramento da condição dos pavimentos ao longo do tempo, bem como a identificação dos segmentos a serem tratados.

O monitoramento contínuo da condição do pavimento da rede viária é essencial em sistemas de gerência de pavimentos, uma vez que a verificação periódica da condição dos

pavimentos permite o desenvolvimento de modelos de deterioração e a obtenção de dados temporais, que são importantes tanto para auxiliar na tomada de decisões como para utilização em estratégias de controle de qualidade de dados. No entanto, a eficácia desses dados depende da identificação correta dos pontos de origem dos dados para que possa ser realizada a sobreposição e comparação dos dados temporais.

Segundo NCHRP (2009) o referenciamento da localização de seções é fundamental para o gerenciamento eficiente de pavimentos, pois permite a gerência espacial e temporal dos dados, sendo que os dados de vários anos dos mesmos segmentos de vias são utilizados para a identificação de tendências de deterioração, comparação de parâmetros e indicadores, determinação das necessidades, bem como a definição das prioridades e estratégias de manutenção e reabilitação em cada seção, onde falhas no sistema de localização podem afetar a qualidade dos dados, podendo inclusive comprometer as decisões tomadas.

Ainda conforme NCHRP (2009) a referência de localização é uma técnica para identificar em campo ou a nível documental a localização de pontos específicos de determinada rede, sendo que os métodos de localização mais empregados são os baseados em referências lineares e os geodésicos ou espaciais.

De acordo com Pierce, Mcgovern e Zimmerman (2013) e NCHRP (2009) o sistema de localização por referência linear é muito utilizado, sendo realizado por meio da obtenção de informações que identifiquem os pontos a serem referenciados, tais como nome da via, do bairro ou setor, medição da distância em relação a pontos de referência conhecidos, entre outros. Já a localização pelo método de referência espacial ocorre por meio da obtenção das coordenadas dos pontos usando o sistema de posicionamento global (GPS), sendo esse muito utilizados em sistemas de informação geográfica (SIG).

2.2.3 Sistema de informação geográfica

Considerando o grande volume e a diversidade de dados necessários para a gerência de pavimentos de uma rede viária, é relevante o uso integrado de tecnologias de gerenciamento, a fim de apoiar a coleta, análise, armazenamento, e a apresentação desses dados. Dentre essas ferramentas destaca-se o sistema de informações geográficas (SIG), que contribui muito com a gerência de pavimentos por meio da integração de dados para o processo de tomada de decisões, análise espacial de dados, modelagem, geração de mapas coloridos e de telas gráficas de informação. (NCHRP, 2004).

Esses sistemas permitem a integração e visualização de múltiplas fontes de dados e informações para um determinado local, possibilitando a associação de atributos e condições viárias específicas aos segmentos, e viabilizando a exibição visual de informações e dados para análise e apresentação de relatórios. (PIERCE, MCGOVERN e ZIMMERMAN, 2013).

Segundo NCHRP (2004), o sistema de informações geográficas é uma ferramenta poderosa e eficiente que pode descrever as condições das vias, gerar programações de manutenção, entre outras aplicações.

Os sistemas de informações geográficas combinam uma série de dados relacionados aos ativos viários em mapas digitalizados, propiciando a visualização dos dados de forma agrupada ou isolada, permitindo o acesso rápido, bem como facilitando a manipulação e análise dos dados, agilizando o processo de tomada de decisões e melhorando o sistema de gerencia de pavimentos. (ZANCHETTA et al., 2005).

De acordo com Lima, Ramos e Fernandes Jr. (2006), esses sistemas permitem a análise de dados de condição e de desempenho de pavimentos a partir da seleção de segmentos de rede, através de mapas iterativos, que apresentam dados distribuídos no tempo e no espaço.

Para Pierce, MCGovern e Zimmerman (2013) e NCHRP (2009), os recursos de mapeamento dos sistemas de informação geográfica facilitam a visualização e a análise espacial de informações ao longo de toda a rede, sendo uma ferramenta importante para o controle e garantia da qualidade dos dados, uma vez que permite a verificação da precisão do processo de segmentação, a detecção da falta de segmentos, investigação dos dados de referência espacial, bem como permite a comparação dos dados, a identificação de possíveis inconsistências e mudanças abruptas na condição dos pavimentos, entre outros.

Conforme Fernandes Jr., Lopes e Pfaffenbichler (2012) e NCHRP (2004) os sistemas de informações geográficas permitem também a integração dos pavimentos a diferentes tipos de infraestruturas urbanas, tais como redes de abastecimento de água, redes de esgoto, eletricidade, telefonia, entre outros, sendo um avanço em direção a gestão global de ativos urbanos.

2.3 AVALIAÇÃO E ÍNDICES DE CONDIÇÃO DE PAVIMENTOS

Os sistemas de gerência de pavimentos possuem ferramentas que auxiliam os gestores de infraestruturas viárias nas inúmeras decisões a serem tomadas até a seleção das estratégias

de manutenção dos pavimentos, propiciando a melhoria da qualidade das vias e a otimização dos recursos disponíveis. No entanto, a operacionalização desses sistemas está vinculada a um grande volume de dados referentes à rede viária, ao tráfego, a condição dos pavimentos, entre outros, sem os quais não seria possível a racionalização do processo de manutenção desses ativos.

Os dados de condição dos pavimentos são primordiais para o processo de tomada de decisão em um sistema de gerência de pavimentos, tanto para determinação das necessidades e recomendações imediatas, quanto para previsões e planejamentos futuros. Esses dados são obtidos por meio da avaliação dos pavimentos, seja através da qualidade do passeio, da análise da capacidade estrutural ou do levantamento dos defeitos superficiais.

Pierce, Mcgovern e Zimmerman (2013) consideram os dados de condição dos pavimentos como um dos principais componentes dos sistemas de gerencia de pavimentos, de forma que esses dados podem ser utilizados para determinação do desempenho dos pavimentos e de estratégias de manutenção e reabilitação, bem como para diversas outras utilidades.

Conforme Bennett, Solminihaç e Chamorro (2006) a avaliação de pavimentos é a investigação de situações que afetam a qualidade e o desempenho dos pavimentos, sendo que essas verificações realizadas nas vias geralmente contemplam a avaliação da rugosidade da superfície, resistência a derrapagem, as propriedades estruturais, os defeitos da superfície e a geometria, de forma que a depender das características inspecionadas no pavimento, a avaliação será funcional, quando os dados coletados afetam diretamente os usuários, ou estrutural, quando fornece dados relativos à estrutura do pavimento.

Por meio da coleta de dados e monitoramento dos pavimentos é possível a atribuição de pontuações que propiciam o cálculo de índices de condição, os quais serão utilizados como indicadores das necessidades de manutenção, reabilitação e reconstrução, bem como irão embasar todas as decisões dentro do sistema de gerenciamento.

A pontuação da condição atual representa um dos pontos chave da avaliação de pavimentos, e está diretamente relacionada aos elementos considerados na avaliação, tipos de defeitos, o peso atribuído a cada um, o estabelecimento de diferentes níveis de severidade (gravidade) e extensão (densidade) dos defeitos, entre outros. Os defeitos impactam de forma diferenciada na qualidade dos pavimentos, e essa disparidade deve ser levada em consideração no cálculo dos índices que representam a condição dos pavimentos.

Segundo Gharaibeh, et al. (2011) defeitos com diferentes gravidades não devem ter o mesmo impacto sobre o índice, uma vez que podem provocar alterações nas necessidades e prioridades nas tomadas de decisão. Além disso, alguns defeitos devem ter mais ou menos impacto sobre a pontuação da condição.

Ainda de acordo com Gharaibeh, et al. (2011), para avaliação de pavimentos é fundamental a definição de quais defeitos devem ser investigados, estabelecer níveis de severidade para cada defeito, bem como o impacto de cada defeito sobre a pontuação de defeitos, uma vez que afetará o índice de condição do pavimento e conseqüentemente impactará na tomada de decisão, de forma que o tipo de defeito e sua gravidade e extensão influenciarão diretamente as estratégias de manutenção e reabilitação, impactando diretamente na qualidade do pavimento e nos recursos financeiros a serem disponibilizados.

Os levantamentos dos defeitos devem então verificar o tipo, a gravidade e a extensão dos defeitos existentes na superfície dos pavimentos, sendo que através da combinação desses defeitos, levando-se em consideração a sua gravidade e densidade, serão gerados índices que representam a condição do pavimento avaliado. (LANDERS, et al., 2002).

No entanto, além da contribuição da pontuação dos defeitos, índices de condição mais elaborados podem ser conseguidos com a inclusão de outros dados relacionados aos pavimentos, como o impacto relativo à condição de passeio, devido à rugosidade do pavimento. Sendo assim, o índice de condição do pavimento depende da pontuação de cada defeito e também da pontuação da qualidade do passeio, sendo que a qualidade desse índice dependerá muito da capacidade do método em se aproximar do verdadeiro impacto dos diferentes tipos de defeitos em função da frequência, extensão da ocorrência, e da gravidade sobre a condição do pavimento.

Conforme Pierce, MCGovern e Zimmerman (2013) os dados obtidos por meio da avaliação dos pavimentos são normalmente convertidos em índices para uso em sistemas de gerenciamento de pavimentos, obtidos por meio da combinação da influência de vários defeitos. Esses índices representam a condição e podem ser utilizados para a classificação das seções de pavimentos, definição de estratégias de tratamentos ou prever as condições futuras.

A manutenção dos pavimentos em um nível desejado é um desafio para os gestores desses ativos, sendo que a avaliação do desempenho dos pavimentos por meio de indicadores de condição é essencial em um sistema de gerência de pavimentos. Desta forma, vários índices têm sido desenvolvidos e implementados pelos gestores no intuito de caracterizar a condição dos pavimentos para subsidiar os programas de manutenção. (SHAH et al., 2013a).

Segundo Shahin (2005) os resultados da inspeção são reduzidos a indicadores de condição que serão utilizados no gerenciamento dos pavimentos. Um índice de defeito muito usado mundialmente na avaliação de infraestruturas viárias é o índice de condição do pavimento (PCI), o qual será abordado mais adiante. A esses índices correlaciona-se o nível necessário de manutenção e reabilitação.

Para Pierce, Mcgovern e Zimmerman (2013), além dos índices de condição padronizados criados para uso generalizado, a exemplo do PCI, uma série de gestores de pavimentos estão desenvolvendo seu próprio índice único de condição geral.

2.3.1 Metodologias para avaliação superficial de pavimentos

Atualmente existem inúmeras metodologias para avaliação de pavimentos, estas são utilizadas pelos órgãos gestores de infraestruturas viárias para investigação da condição dos pavimentos, no intuito de subsidiar as decisões em seus programas de gerenciamento.

Algumas dessas metodologias são semelhantes, outras, porém apresentam distinções, seja em função do tipo de pavimento e dos defeitos considerados, seja em relação ao tipo de avaliação, de procedimentos de levantamento de dados, entre outros. Nesse sentido, cabe a cada gestor definir a metodologia que melhor satisfaz suas necessidades, considerando as limitações da agência, de forma a obter dados com um nível de detalhamento suficiente para atendimento de seus objetivos.

Na sequência são apresentadas algumas metodologias de avaliação superficial de pavimentos já consagradas que são utilizadas por órgãos gestores na avaliação de pavimentos de rodovias, vias urbanas, estacionamento e aeroportos.

A nível mundial existem diversas metodologias consolidadas para avaliação superficial de pavimentos, no entanto abordaremos apenas algumas, dentre as quais destacamos o método PCI, o método SHRP, o método VIZIR, e a norma ASTM D6433–11.

Método PCI

O PCI (*Pavement Condition Index*), desenvolvido pelo *U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory* (USACERL) em 1979, é um método para avaliação da condição de pavimentos através da inspeção visual, que pode ser aplicado em rodovias,

estacionamentos e vias urbanas, com revestimento asfáltico e de concreto de cimento Portland. (SHAHIN e KOHN, 1979).

O método visa à obtenção de valores que variam de 0 a 100 que expressam a condição do pavimento avaliado, baseado no tipo, na gravidade, e na quantidade ou densidade de defeitos observados na superfície dos pavimentos inspecionados. (SHAHIN e WALTHER, 1990).

Conforme Shahin (2005), o PCI é um índice de defeito amplamente utilizado, que mede a integridade estrutural do pavimento e a condição operacional da superfície por meio dos resultados obtidos durante a inspeção visual dos pavimentos.

O valor que expressa a condição do pavimento é obtido pela combinação dos defeitos, considerando a extensão e a severidade, por meio de valores de dedução que pondera o efeito negativo de cada ocorrência sobre a condição geral. O próprio método traz as curvas de valores de dedução para os defeitos e respectivos níveis de gravidades considerados na metodologia. (SHAHIN e WALTHER, 1990).

Segundo Shahin e Walther (1990), o valor do PCI é determinado a partir das seguintes etapas:

- 1) Divisão das seções do pavimento em unidades amostrais;
- 2) Inspeção das unidades amostrais, registrando os tipos de defeitos, nível de severidade e densidade;
- 3) Determinação dos valores de dedução;
- 4) Cálculo do valor total a deduzir;
- 5) Ajuste do valor total de dedução;
- 6) Cálculo do PCI de cada unidade inspecionada;
- 7) Cálculo do PCI da seção a partir da média dos PCI's das unidades de amostragem.

Ainda de acordo com os autores, o cálculo do PCI pode ser realizado manualmente ou de forma automática através de sistemas de computador como o PAVER e o MicroPAVER.

A avaliação dos pavimentos pelo método PCI pode ser realizada de duas maneiras, a depender do propósito da avaliação e dos recursos disponíveis, por meio da inspeção de toda a extensão das seções de forma contínua, ou por amostragem, através da avaliação de unidades amostrais, as quais são selecionadas aleatoriamente ou sistematicamente. (SILVA, 2008).

O PCI traz um manual de identificação de defeitos que descreve os tipos de defeitos considerados no método, bem como apresenta os níveis de severidade e a forma de quantificação dos defeitos presentes na superfície dos pavimentos. Apresenta também uma

escala de qualidade que expressa o conceito da condição dos pavimentos a partir do enquadramento em sete faixas, em função do valor do índice calculado. (SHAHIN e KOHN, 1979).

De acordo com Shahin e Walther (1990), através deste método é possível a determinação da condição atual e também a previsão do desempenho futuro dos pavimentos avaliados em nível de rede. Essa previsão, segundo Vishwanath et al. (2013), pode ser alcançada a partir do monitoramento periódico do PCI e determinação da taxa de deterioração do pavimento, sendo assim possível a identificação prematura das necessidades de manutenção e reabilitação.

Conforme Shahin e Kohn (1979), o PCI é uma importante ferramenta para auxiliar na seleção das estratégias de manutenção e reabilitação, bem como na definição das seções prioritárias em um sistema de gerência de pavimentos.

O PCI é amplamente utilizado por gestores de infraestruturas viárias e inclusive foi adotado como prática padrão para avaliação da condição de pavimentos pela Sociedade Americana de Testes de Materiais (ASTM).

Método SHRP

O método SHRP (*Strategic Highway Research Program*) apresenta um manual de identificação de defeitos e procedimentos que permitem a avaliação do desempenho de pavimentos com revestimento asfáltico e concreto de cimento Portland por meio de inspeções visuais. (SHRP, 1993).

O manual de identificação de defeitos SHRP foi desenvolvido por meio de um programa de pesquisa denominado LTPP (*Long-Term Pavement Performance*) que iniciou em 1987, onde agências gestoras de rodovias dos Estados Unidos e de outros 15 países, inclusive o Brasil, coletaram dados referentes a condição, ao clima e ao tráfego em mais de 1000 seções de pavimentos pelo período de 20 anos. (SHRP, 1993).

Segundo SHRP (1993), o objetivo deste manual era de fornecer uma base para coleta de dados consistentes e repetíveis para utilização no programa LTPP, no entanto, apesar desta finalidade específica, sua utilização acabou sendo mais abrangente, melhorando a comunicação nas agências gestoras de infraestruturas viárias e permitindo a uniformização das avaliações de desempenho dos pavimentos.

Durante a avaliação das seções por meio deste procedimento, são observados os defeitos na superfície dos pavimentos, os quais são medidos separadamente de acordo com o nível de severidade, e registrados nas fichas de campo. As ocorrências também são desenhadas em escala em um croqui para cada seção, utilizando-se símbolos apropriados, e ao lado é marcado o número correspondente ao tipo de defeito, e o nível de severidade. (SHRP, 1993).

De acordo com Prestes (2001) o cálculo do índice de condição do pavimento por meio do método SHRP considera o tipo, a severidade e a extensão dos defeitos observados durante a inspeção dos pavimentos, e pode variar entre 0 e 100, onde 100 representa um pavimento em excelentes condições.

O manual SHRP apresenta de forma detalhada os defeitos para pavimentos de concreto asfáltico e de cimento Portland contínuos ou com juntas, trazendo a descrição, procedimentos para medição e identificação dos diferentes níveis de severidade, inclusive por meio de imagens, além de planilhas para registro, manuais para operação e calibragem de equipamentos de medição, entre outras informações. (SHRP, 1993).

Método VIZIR

O VIZIR é um método Francês que apresenta um procedimento de avaliação superficial de pavimentos flexíveis por meio da inspeção visual, onde são observados o tipo, a extensão e a severidade dos defeitos existentes, a fim de auxiliar no planejamento de estratégias para manutenção viária.

A avaliação dos pavimentos através do método VIZIR ocorre de maneira contínua, onde os técnicos percorrem os trechos selecionados em sua totalidade, deslocando-se a pé ou a bordo de veículos trafegando a 20 km/h e registrando os defeitos manualmente ou com o auxílio de aparelhos eletrônicos. (BASÍLIO, 2002).

Segundo Prestes (2001), o método classifica os defeitos em duas categorias, os do tipo A, associado à estrutura do pavimento e os do tipo B, não relacionados à capacidade estrutural. A metodologia considera ainda três grupos de defeitos para determinação do índice global de degradação (Is), que são as fissuras e trincas por fadiga, as deformações e as reparações.

A partir da avaliação desses conjuntos de defeitos, considerando a extensão e a severidade, calcula-se o índice de fissuração (If) e o índice de deformação (Id), que

combinados e corrigidos em função das reparações encontradas é obtido o índice global de degradação, valor este que é enquadrado em uma escala com sete níveis que qualifica a condição do pavimento avaliado. (PRESTES, 2001).

Norma ASTM D6433-11

Esta metodologia apresenta uma prática padrão para avaliação superficial de pavimentos asfálticos e de concreto por meio do método PCI (*Pavement Condition Index*) e inspeção visual das vias.

Esta norma traz dois procedimentos para investigação dos pavimentos, utilizados de acordo com o tipo de defeito a ser avaliado, um é através da avaliação subjetiva da condição superficial dos pavimentos, que considera o conforto e a suavidade do rolamento, onde os avaliadores percorrem as seções amostrais com um veículo de passeio trafegando a velocidade da via e classificam as seções de acordo com o efeito negativo dos defeitos existentes sobre a qualidade do rolamento, com base em uma escala com três níveis de condição.

O outro procedimento é por meio da avaliação objetiva da condição superficial dos pavimentos, que é realizada manualmente por caminhamento das seções, onde os defeitos são observados visualmente e registrados em fichas de acordo com o tipo e a severidade. Este método prevê ainda a quantificação da extensão dos danos para posterior cálculo da frequência.

A inspeção dos pavimentos ocorre em unidades de amostragem, oriundas da divisão das seções homogêneas, onde a avaliação pode ser realizada em todas as unidades ou em uma porcentagem delas, ocasião em que as amostras são selecionadas aleatoriamente.

A partir do levantamento dos defeitos presentes na superfície dos pavimentos, considerando o tipo, a severidade e a extensão, a metodologia prevê o cálculo do PCI individual de cada unidade de amostragem, por meio dos quais é determinado o PCI da seção, sendo que este valor é enquadrado em escala gráfica de classificação para determinação da condição do pavimento no trecho avaliado.

A ASTM D6433-11 é uma metodologia robusta, capaz de fornecer bons resultados relativo à condição superficial de pavimentos asfálticos e de concreto, sendo uma ótima ferramenta para utilização em sistemas de gerenciamento de pavimentos, no entanto podem ser necessárias adaptações em relação a características dos locais onde será aplicada.

No Brasil também foram desenvolvidas várias metodologias para avaliação da condição superficial de pavimentos, dentre as quais podemos destacar a norma DNIT 006/2003 PRO, DNIT 007/2003 PRO, DNIT 008/2003 PRO e DNIT 009/2003 PRO.

Norma DNIT 006/2003 PRO

A norma DNIT 006/2003 PRO apresenta uma metodologia para avaliação objetiva da condição de pavimentos flexíveis e semirrígidos, a partir da inspeção visual da superfície dos pavimentos.

A avaliação ocorre por amostragem de trechos homogêneos, e o levantamento é realizado de forma manual por caminhamento das seções, onde os defeitos presentes na superfície dos pavimentos são contados e classificados conforme a gravidade.

Este procedimento prevê o cálculo de um índice de gravidade individual (IGI) para cada tipo de defeito, que é obtido pela multiplicação da frequência de ocorrência de um determinado defeito pelo seu respectivo fator de ponderação, e também de um índice de gravidade global (IGG), que representa a condição geral do pavimento, obtido através do somatório dos índices individuais.

A condição geral do pavimento é representada por meio de uma escala gráfica de classificação que apresenta cinco níveis, variando de péssimo a ótimo, a partir do enquadramento do índice de gravidade global.

A referida metodologia é útil para definição da condição geral dos pavimentos, no entanto não é muito minuciosa, pois não considera a área ou extensão dos defeitos, apenas sua contagem e classificação por gravidade.

Norma DNIT 007/2003 PRO

A norma brasileira, DNIT 007/2003 PRO, traz um procedimento para avaliação objetiva da condição superficial de pavimentos flexíveis e semi-rígidos para ser utilizado em gerência de pavimentos.

Nesta metodologia os levantamentos são feitos manualmente por caminhamento, onde são registrados em fichas os tipos de defeitos observados, a área ou extensão de ocorrência, a severidade, bem como as flechas dos afundamentos, conforme o tipo de dano existente.

A avaliação do pavimento ocorre por amostragem em trechos com seis metros de extensão, obtidos a partir da segmentação de amostras homogêneas maiores que podem chegar a 20 Km de comprimento.

Este procedimento permite a obtenção de resultados mais precisos, detalhados, pois além do tipo e severidade, considera a densidade dos defeitos, sendo por isso indicado seu emprego em sistemas de gerenciamento de pavimentos.

Norma DNIT 008/2003 PRO

Esta norma apresenta uma metodologia para avaliação da condição superficial de pavimentos flexíveis e semi-rígidos por meio do levantamento visual contínuo, onde os defeitos são observados durante o percurso dos trechos pré-definidos, a bordo de um veículo deslocando-se a velocidade média de 40 km/h.

Os defeitos presentes no pavimento são avaliados visualmente por no mínimo dois técnicos, com o veículo em movimento, onde durante a investigação são verificados os tipos, a frequência e a gravidade estimada dos defeitos, os quais são registrados manualmente.

A partir da avaliação cada técnico estima o índice da condição do pavimento flexível (ICPF) para cada trecho percorrido em função da necessidade de manutenção presente, sendo que a média desses representará a condição do pavimento para o segmento avaliado.

A metodologia ainda prevê o cálculo do índice de gravidade global expedito (IGGE), obtido através de uma equação que considera a frequência e a gravidade dos defeitos levantados, e também o cálculo do índice do estado da superfície do pavimento (IES), oriundo da síntese do ICPF e do IGGE, sendo que é por meio desse índice que se obtêm o conceito do pavimento inspecionado.

Este procedimento tem a vantagem de permitir a verificação de toda a extensão dos trechos a serem avaliados, além de possibilitar a inspeção de grandes extensões de pavimentos, no entanto, os resultados não são muito precisos, uma vez que dependem da sensibilidade (acurácia) dos técnicos que estimam as notas apenas observando a superfície do pavimento.

Norma DNIT 009/2003 PRO

A norma DNIT 009/2003 PRO traz um procedimento para determinação do valor da serventia atual (VSA) de pavimentos flexíveis e semi-rígidos por meio da avaliação subjetiva da condição superficial dos pavimentos, levando em consideração a suavidade e o conforto do rolamento.

A avaliação do pavimento é realizada por cinco técnicos durante o percurso de segmentos homogêneos a bordo de um veículo de passeio trafegando a velocidade da via. Enquanto percorrem os trechos previamente selecionados os técnicos atribuem notas que representam a opinião global e individual de cada um acerca da serventia atual do pavimento, sendo que o valor subjetivo que representa a condição do pavimento é obtido por meio da média do conjunto de notas atribuídas pela equipe de técnicos.

Esta metodologia é interessante para avaliação da serventia do pavimento levando-se em consideração a qualidade do rolamento, e permite à avaliação de grandes extensões de vias, entretanto, o resultado da avaliação depende especialmente da percepção e sensibilidade dos técnicos, podendo ser influenciado.

Analisando de maneira geral, todas as metodologias apresentadas são boas, no entanto, deve-se ter cautela com o propósito a que se destinam, pois apesar dos objetivos serem comuns, os resultados podem apresentar variações consideráveis, dessa forma, devem ser utilizadas racionalmente.

Sendo assim, considerando que todas as metodologias apresentam vantagens e desvantagens, o êxito pode estar muitas vezes no uso combinado de duas ou mais metodologias, tirando o máximo proveito de cada uma, de forma a obter resultados satisfatórios aliando as questões técnicas e econômicas.

Vale ressaltar ainda que a maioria das metodologias de avaliação de pavimentos citadas foram originalmente desenvolvidas para pavimentos rodoviários, podendo ser necessária algumas adaptações para serem utilizadas na avaliação de pavimentos urbanos.

2.4 COLETA DE DADOS DE CONDIÇÃO DE PAVIMENTOS

A coleta de dados de condição dos pavimentos é uma etapa essencial em um Sistema de Gerência de Pavimentos, pois através desses dados são tomadas inúmeras decisões relacionadas às redes viárias geridas, tanto em nível de rede, como em nível de projeto.

Esses dados permitem a avaliação da condição e das necessidades atuais e futuras dos pavimentos, bem como a definição das prioridades ao longo do tempo, além de subsidiar o planejamento e a programação de estratégias de conservação e manutenção dos pavimentos, a elaboração de projetos e orçamentos, bem como a alocação de recursos, entre outros.

De acordo com Bennett, Solminihac e Chamorro (2006), a gerência de pavimentos está relacionada a uma grande diversidade de dados, em geral do inventário, que descrevem os elementos físicos das redes viárias, e dados de condição dos pavimentos, que retratam a condição estrutural e ou funcional das vias.

Já para NCHRP (2009), entre os dados necessários em um sistema de gerência de pavimentos estão incluídos os relativos ao inventário, tais como da estrutura, geometria e custos dos pavimentos, de classificação de uso das vias, como volume de tráfego e cargas, de condição do pavimento, como os referentes à qualidade do passeio, defeitos superficiais, atrito e capacidade estrutural, além de dados históricos da construção, manutenção e reabilitação do pavimento.

A coleta de dados é um processo que deve ocorrer periodicamente, a fim de monitorar a alteração da serventia, uma vez que as condições dos pavimentos são alteradas ao longo do tempo.

Conforme Bennett, Solminihac e Chamorro (2006) a coleta de dados é uma etapa dispendiosa e exige profissionais qualificados, além de metodologias e equipamentos apropriados para a avaliação das condições em campo e também para posterior análise e refinamento dos dados, por isso os gestores devem analisar as metodologias e os equipamentos a serem utilizados na coleta de dados a fim de coletar somente os dados necessários para a obtenção das respostas esperadas sem comprometer o orçamento disponível.

De acordo com Pierce, McGovern e Zimmerman (2013), em um sistema de gerenciamento de pavimentos, o processo de coleta de dados está baseado em métodos e protocolos, bem como em manuais para a classificação dos defeitos, sendo que esses documentos devem informar com clareza os procedimentos e métodos de avaliação a serem seguidos e também definir os tipos e níveis de gravidade dos defeitos a serem levantados.

Segundo Tavakoli, Lapin e Figueroa (1992), a coleta de dados de defeitos de pavimentos é composta pelas etapas de identificação dos tipos de defeitos existentes na superfície, determinação da gravidade e estimativa ou medição do percentual de área afetada.

A coleta de dados da condição de pavimentos pode ser realizada por meio de inspeções manuais, através de levantamento visual por caminhamento das seções a serem avaliadas ou a bordo de veículos deslocando-se a baixa velocidade, registrando os defeitos existentes na superfície dos pavimentos em planilhas, em papel ou dispositivos eletrônicos portáteis. Outra forma de coleta de dados de condição dos pavimentos são os automatizados, que utilizam veículos equipados com dispositivos especiais de captura, tais como lasers e câmeras de alta velocidade, que percorrem as vias na velocidade da pista. As imagens obtidas são posteriormente inspecionadas por profissionais capacitados para a avaliação dos defeitos, em processos semiautomáticos, ou com o auxílio de sistemas de alta tecnologia de detecção em processos totalmente automatizados. (PIERCE, MCGOVERN e ZIMMERMAN, 2013).

2.4.1 Critérios para controle de qualidade e garantia da qualidade de dados

A coleta de dados é uma das etapas mais importantes e também uma das mais caras dentro de um sistema de gerência de pavimentos, sendo assim, um enfoque muito importante é com relação à qualidade dos dados a serem coletados, os quais irão refletir na confiabilidade dos resultados obtidos a partir dos mesmos. Dessa forma, é imprescindível a gestão da qualidade como forma de assegurar a qualidade dos dados, sendo essencial à aplicação de técnicas e ferramentas de controle de qualidade, independente da metodologia a ser utilizada para a avaliação da condição dos pavimentos.

De acordo com Pierce, MCGovern e Zimmerman (2013) e NCHRP (2004), a eficácia de um sistema de gerência de pavimentos depende de dados confiáveis, precisos e completos, sendo que a qualidade das informações utilizadas no processo impactará diretamente nas recomendações e tomadas de decisões acerca da manutenção e reabilitação dos pavimentos, afetando a disponibilidade de recursos financeiros e a qualidade das vias, bem como a credibilidade do sistema.

Ainda segundo Pierce, MCGovern e Zimmerman (2013), dados de baixa qualidade e ou com grande variabilidade, impactam no desempenho dos pavimentos, e podem gerar índices de condição e taxas de deterioração inconsistentes, que não refletem as condições reais de campo, podendo causar recomendações e estratégias de manutenção e reabilitação que divergem das necessidades reais e assim desperdiçando dinheiro com decisões equivocadas.

Para NCHRP (2009), a qualidade dos dados tem um efeito crítico sobre as decisões a serem tomadas pelos gestores de redes viárias, pois dados de condição inadequados podem

comprometer os resultados, de forma a recomendar tratamentos inadequados ou priorizar seções de menor necessidade, por exemplo, sendo necessário a utilização de procedimentos de gestão da qualidade para assegurar que os dados coletados tenham um nível mínimo de exatidão e precisão, assegurando a consistência e integridade dos dados de forma a satisfazer as exigências dos sistema de gerência de pavimentos.

Desta maneira, considerando a importância da qualidade dos dados em sistemas de gerência de pavimentos, é fundamental a implementação de procedimentos de controle qualidade, principalmente no que diz respeito ao processo de coleta de dados, os quais devem envolver tanto os avaliadores, como os métodos e equipamentos a serem utilizados. Além disso, é relevante a adoção de critérios para a aceitação, através do estabelecimento de limites para a variabilidade e verificação da integridade e consistência dos dados. Pierce, Mcgovern e Zimmerman (2013).

Conforme NCHRP (2009), o controle da qualidade dos dados tem por objetivo quantificar a variabilidade no processo a fim de mantê-la dentro de limites aceitáveis bem como identificar possíveis fontes para a tomada das medidas cabíveis para redução da variabilidade, tanto quanto possível. Através de programas de qualidade é possível minimizar ou até mesmo eliminar erros sistemáticos, que são potencialmente críticos na coleta de grandes quantidades de dados.

Existem várias técnicas que podem ser adotadas para verificação e garantia da qualidade dos dados, dentre essas, Pierce, Mcgovern e Zimmerman (2013) e NCHRP (2009), citam o treinamento das equipes de coleta, calibração e certificação de equipamentos e validação de métodos, testes de campo em seções de controle e de verificação antes e durante as coletas, análise de dados e estabelecimento de critérios de aceitação baseados na exatidão, completude, precisão, repetibilidade e reprodutibilidade, análise e comparação de séries temporais, avaliação de amostras aleatórias de segmentos, bem como verificação e validação independente dos dados de condição por auditor de qualidade independente e ainda a utilização de ferramentas baseadas em sistemas de informação geográfica para apoiar o processo de qualidade.

As equipes de coleta de dados devem ser devidamente treinadas, especialmente quando utilizado metodologias de coleta manual de dados, onde os investigadores avaliam a superfície dos pavimentos por meio de inspeção visual, que é uma técnica que envolve a sensibilidade dos avaliadores. Além do treinamento, é relevante proceder à calibração e verificação dos equipamentos de coleta, bem como a calibração das equipes de avaliação e

das metodologias, por meio de testes em seções de controle, antes da coleta de dados. Já durante o processo de coleta é interessante que os exames em seção de controle continuem, bem como é importante a verificação dos dados durante e após as investigações de campo. A análise dos dados pós-coleta, seja de forma manual ou através de softwares especializados, também é fundamental, pois possibilita a detecção de inconformidades nos dados antes dos mesmos serem disponibilizados na base de dados para o processo de tomada de decisões.

A investigação de seções de controle é uma medida eficaz que vem sendo empregada no controle de qualidade de dados em sistemas de gerência de pavimentos, através de valores de referência obtidos na apuração desses segmentos. De acordo com Pierce, Mcgovern e Zimmerman (2013), seções de controle são trechos de vias que são inspecionados por avaliadores experientes para a obtenção de dados de condição de referência, sendo que esses locais devem ser representativos dos diferentes tipos de pavimentos e de defeitos existentes na rede.

A utilização de seções de controle e verificação para ensaios antes e durante as investigações em campo auxilia na avaliação e calibração das metodologias e equipamentos de coleta de dados e também dos avaliadores, por meio da comparação dos resultados obtidos, através de reinspeção dessas seções, com valores de referência aceites (condição verdadeira) obtidos previamente e a utilização de métodos estatísticos, que verificam a proximidade e desvios dos dados, permitindo além da avaliação das metodologias e inspetores, a verificação da razoabilidade, integridade e consistência dos dados coletados.

Conforme Pierce, Mcgovern e Zimmerman (2013), o estabelecimento de valores de referência por meio de inspeção de locais de controle é uma medida relevante em um plano de qualidade de dados, sendo que esses valores são assumidos para representar a condição verdadeira do pavimento e são usados para comparação com os demais valores coletados. Através da utilização de seções de controle, aliado a métodos estatísticos podem ser estabelecidos limites aceitáveis para inúmeras técnicas de coleta de dados.

Ainda segundo Pierce, Mcgovern e Zimmerman (2013), procedimentos de controle de qualidade e aceitação dos dados devem ser implementados em todas as etapas da avaliação dos pavimentos, a fim de propiciar a obtenção de dados de defeitos mais precisos, que implicará em índices de condição e modelos de deterioração mais reais, melhorando o apoio as tomadas de decisão e promovendo a seleção de estratégias de manutenção e reabilitação mais adequadas, reduzindo assim os custos com os tratamentos.

2.5 METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS URBANOS

A metodologia apresentada a seguir visa fixar os elementos e procedimentos necessários a determinação da condição superficial de pavimentos flexíveis urbanos por meio da inspeção visual por caminhamento das seções de vias usando o método PCI (*pavement condition index*).

Esta metodologia foi definida a partir de uma revisão de literatura, onde foram estudadas algumas das metodologias de avaliação de pavimentos mais respeitadas na área de gerenciamento de pavimentos, visando à obtenção de resultados confiáveis e o atendimento dos objetivos desse estudo.

Assim, optou-se pela utilização da norma ASTM D6433-11 como a metodologia de avaliação de pavimentos urbanos a ser empregada na coleta de dados desse estudo.

A norma ASTM D6433-11 apresenta uma prática padrão para determinação do índice de condição de pavimentos rodoviários e de estacionamentos por meio do método PCI e inspeção visual dos defeitos presentes na superfície das vias. A mesma detalha os procedimentos de inspeção e quantificação dos defeitos e também descreve os tipos de defeitos e respectivos níveis de gravidade considerados no cálculo do PCI para pavimentos asfálticos e de concreto.

2.5.1 Considerações gerais

A presente metodologia contempla a avaliação manual de vias pavimentadas com revestimento de concreto asfáltico e de paralelepípedo, onde a condição do pavimento é determinada a partir da análise quantitativa dos defeitos observados na superfície durante o caminhamento e inspeção visual das seções.

Conforme a ASTM (2015), para determinação do nível de gravidade de alguns defeitos, como as corrugações, elevações e depressões, escorregamentos, remendos, inchamentos e cruzamentos de linha férrea, é necessária a avaliação da qualidade do passeio nas áreas danificadas. Para isso, o avaliador deve deslocar-se a bordo de um automóvel sobre a região afetada, trafegando a velocidade regulamentar da via, onde o mesmo por percepção do efeito negativo desses defeitos deve caracterizar a qualidade do passeio de acordo com as seguintes definições:

Nível baixo – quando perceber as vibrações ou solavancos, no entanto não é necessária nenhuma redução de velocidade para transpor o segmento afetado com segurança e conforto.

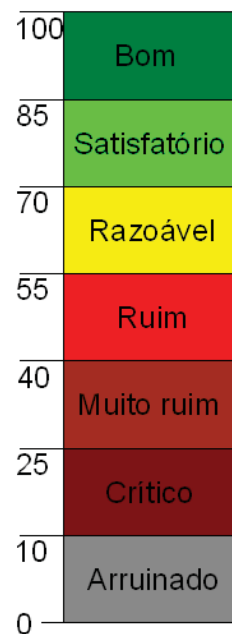
Nível médio – quando ocorrer vibrações ou solavancos significativos, gerando desconforto, de forma que é necessária uma pequena redução da velocidade para transpor a área danificada com segurança e conforto.

Nível alto – quando as vibrações ou solavancos forem excessivos, causando um desconforto considerável, de tal forma que é necessária uma redução acentuada da velocidade para transpor o trecho danificado com segurança e conforto.

A condição do pavimento a ser inspecionado é determinada pelo valor do índice de condição do pavimento (PCI) calculado, que é uma classificação numérica que varia de 0 a 100, onde 0 representa um pavimento em péssimas condições, pior possível e 100 em ótimas condições, melhor possível.

Além da classificação numérica, a metodologia permite a determinação do conceito do pavimento de forma descritiva, por meio do enquadramento do valor do PCI em escala verbal numérica composta de sete níveis de classificação, a qual é apresentada na figura 1.

Figura 1 – Escala de classificação do PCI



Fonte: ASTM (2015)

Para realização das avaliações dos pavimentos de uma determinada malha viária urbana por meio dessa metodologia, a mesma deve ser dividida em ramos, que correspondem às ruas ou avenidas da cidade, que por sua vez são subdivididas em seções “homogêneas”,

que são áreas contínuas de pavimento com características construtivas, histórico de uso e nível de manutenção ou condição do pavimento semelhantes. Essas seções ainda são subdivididas em unidades de amostragem.

As unidades de amostragem devem ser inspecionadas individualmente por caminhamento, onde os defeitos são observados visualmente e mensurados de acordo com sua severidade.

Os dados levantados em campo são utilizados para cálculo do PCI de cada unidade de amostragem, através dos quais se determina o valor do PCI da respectiva seção.

2.5.2 Defeitos

Os defeitos considerados no cálculo da condição dos pavimentos por meio dessa metodologia, bem como suas respectivas unidades de medição são apresentados de forma resumida no quadro 1.

Considerando que a norma ASTM D6433-11, utilizada para a coleta dos dados do presente estudo, está voltada a avaliação de pavimentos rodoviários e de estacionamentos, alguns defeitos considerados pela mesma não estão presentes pelo fato de não serem relevantes ou não ocorrerem em pavimentos urbanos.

Com relação aos defeitos pertinentes aos pavimentos poliédricos do tipo paralelepípedo, consideraram-se apenas aqueles que são relevantes para esses tipos de revestimentos.

Os defeitos em pavimentos de revestimento asfáltico e paralelepípedo considerados na presente metodologia devem ser avaliados a partir da descrição e caracterização apresentada a seguir, levando em consideração seus respectivos níveis de severidade.

Quadro 1 – Defeitos considerados pela metodologia de avaliação

Tipo de pavimento	Tipos de defeitos	Unidade de medição
Pavimento asfáltico	Afundamento localizado	Medido em metro quadrado
	Afundamento em trilha de roda	Medido em metro quadrado
	Corrugação	Medido em metro quadrado
	Desgaste superficial	Medido em metro quadrado
	Desagregação superficial	Medido em metro quadrado
	Elevação e depressão	Medido em metro linear

Quadro 1 (continuação) – Defeitos considerados pela metodologia de avaliação

Tipo de pavimento	Tipos de defeitos	Unidade de medição
Pavimento asfáltico	Escorregamento	Medido em metro quadrado
	Exsudação	Medido em metro quadrado
	Panela	Medido por contagem
	Polimento de agregados	Medido em metro quadrado
	Remendo	Medido em metro quadrado
	Trinca em bloco	Medido em metro quadrado
	Trinca em deslizamento	Medido em metro quadrado
	Trinca longitudinal	Medido em metro linear
	Trinca transversal	Medido em metro linear
	Trinca de reflexão de juntas	Medido em metro linear
	Trinca tipo couro de jacaré	Medido em metro quadrado
	Inchamento	Medido em metro quadrado
	Cruzamento de linha férrea	Medido em metro quadrado
Pavimento poliédrico	Afundamento localizado	Medido em metro quadrado
	Afundamento em trilha de roda	Medido em metro quadrado
	Elevação e depressão	Medido em metro linear
	Ondulação	Medido em metro quadrado
	Panela	Medido por contagem
	Peças com desgaste ou polidas	Medido em metro quadrado
	Remendo	Medido em metro quadrado

Fonte: Próprio autor (2016)

2.5.2.1 Defeitos em pavimentos de asfalto

2.5.2.1.1 Afundamento localizado

Os afundamentos localizados são depressões no pavimento, onde a superfície é ligeiramente mais baixa que o entorno, conforme ilustrado na figura 2. Esse tipo de defeito ocorre devido a falhas de execução e a ação das cargas oriundas do tráfego de veículos combinado a instabilidade de uma ou mais camadas do pavimento. Essas deformações são permanentes e podem estar acompanhadas ou não de deslocamentos laterais (solevamento).

Quando os afundamentos ocorrem em função da consolidação diferencial do subleito ou das camadas do pavimento não ocorre solevamento, caracterizando um afundamento localizado, no entanto, quando os afundamentos são causados devido à fluência plástica do subleito e ou dos materiais constituintes das camadas ocorre solevamento e nesse caso devem ser enquadrados como escorregamentos de massa, que é outro tipo de defeito.

Esses defeitos são medidos em metro quadrado e estão limitadas a 6 m de extensão quando ocorrerem nas trilhas de roda, caso contrário, devem ser classificados como afundamentos em trilha de roda.

O nível de severidade é determinado em função da profundidade no ponto de flecha máxima da depressão, conforme segue:

Nível baixo – de 13 a 25 mm.

Nível médio – mais de 25 até 50 mm.

Nível alto – mais que 50 mm.

Figura 2 - Afundamento localizado



Fonte: DANIELESKI, M. L. (2004) e BERNUCCI (2006)

2.5.2.1.2 Afundamento em trilha de roda

Esse defeito é caracterizado pelo afundamento do pavimento no caminho preferencial das rodas. É uma depressão longitudinal que ocorre em função da consolidação das camadas do pavimento devido aos carregamentos do tráfego, ruptura por cisalhamento (fluência plástica), presença de umidade nas camadas de base, falhas no dimensionamento na etapa de projeto e na execução (falta de compactação das camadas, falha na dosagem da mistura asfáltica, excesso de ligante).

Os afundamentos em trilha de roda são deformações permanentes que podem vir acompanhadas ou não de solevamento lateral, ou seja, elevação nas áreas adjacentes das

trilhas, conforme pode ser visualizado na figura 3. Esse defeito é medido em área de superfície afetada (metro quadrado).

O nível de severidade é determinado em função da profundidade média do afundamento, conforme segue:

Nível baixo – de 6 a 13 mm.

Nível médio – mais de 13 até 25 mm.

Nível alto – mais que 25 mm.

Observação:

Caso a extensão do afundamento seja menor ou igual a 6 metros o defeito deve ser caracterizado como um afundamento localizado.

Figura 3 - Afundamento em trilha de roda



Fonte: FHWA [2009?]

2.5.2.1.3 Corrugação

São ondulações sucessivas na superfície dos pavimentos, compostas por uma sequência de depressões e elevações cujas cristas são transversais ao eixo do pavimento e ocorrem normalmente em intervalos menores que 3,00 metros, conforme apresentado na figura 4, caso contrário, ocorrendo espaçamentos maiores, devem ser classificados como elevações e depressões isoladas ou escorregamentos de massa, conforme a situação.

Essas deformações surgem em decorrência do deslocamento de massa betuminosa do revestimento, e ocorrem geralmente pela ação do tráfego, principalmente em pontos de aceleração e frenagem ou em rampas de maior inclinação sujeitas ao trânsito de veículos pesados e lentos, combinado com a instabilidade do revestimento do pavimento, ou seja,

condição de fluência da massa asfáltica. As corrugações transversais são medidas em metro quadrado.

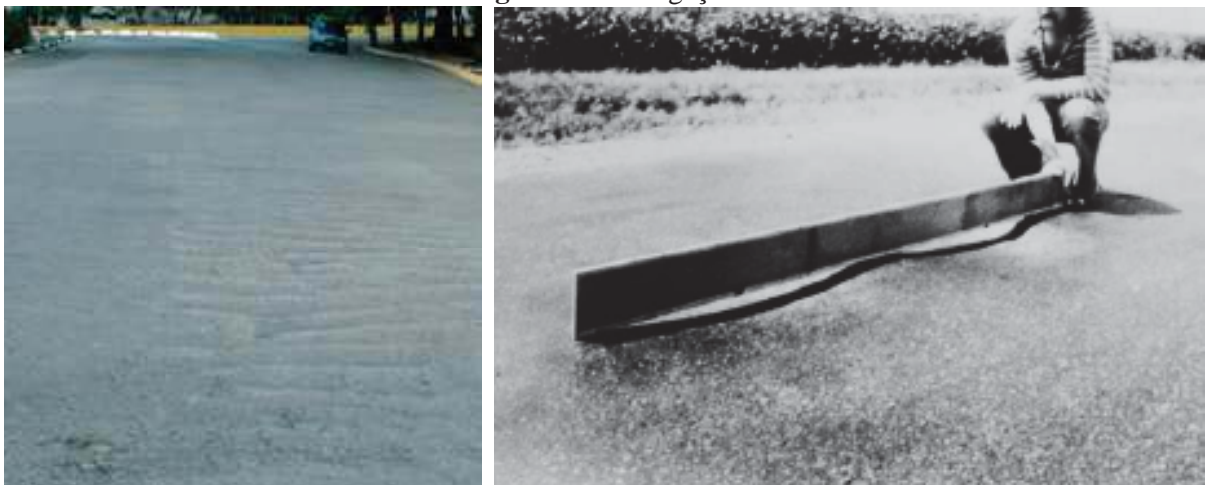
O nível de severidade desse defeito é determinado em função do efeito negativo na qualidade do passeio.

Nível baixo – caracterizado por passeio de baixa gravidade.

Nível médio – caracterizado por passeio de média gravidade.

Nível alto – caracterizado por passeio de alta gravidade.

Figura 4 - Corrugação



Fonte: BERNUCCI (2006) e ASTM (2015)

2.5.2.1.4 Desgaste superficial

Esse defeito é caracterizado pelo desgaste do ligante asfalto e também pelo desprendimento dos agregados constituintes da camada asfáltica na superfície do pavimento. O desgaste superficial é causado pela ação do tráfego, pelo intemperismo, envelhecimento do asfalto (oxidação), presença de água no revestimento, erros na etapa de execução (falhas na dosagem ou na mistura da massa, insuficiência de ligante asfáltico ou compactação deficiente). Esse defeito é medido em metro quadrado.

O nível de severidade do desgaste superficial é determinado em função da aparência do asfalto ou da intensidade do arrancamento de agregados da superfície do pavimento.

Nível baixo – quando observada a redução da coloração característica do asfalto, sinais de envelhecimento, ausência da película de ligante asfáltico nos agregados e também início do desprendimento de finos, de maneira a evidenciar os agregados mais grosseiros na superfície do pavimento (menos de 1mm), figura 5-a.

Nível médio – quando ocorrer uma perda considerável da matriz de agregados finos, propiciando a exposição dos agregados graúdos em cerca de 1/4 de sua maior dimensão, figura 5-b.

Nível alto – quando a superfície estiver áspera, sendo que a exposição dos agregados graúdos é superior a 1/4 de sua maior dimensão. Pode ser observado também algum desprendimento de agregados graúdos da superfície do pavimento, figura 5-c.



Fonte: ASTM (2015)

2.5.2.1.5 Desagregação superficial

A desagregação superficial é um estágio mais avançado do desgaste superficial, onde ocorre o desprendimento dos agregados mais grosseiros da mistura asfáltica do pavimento. É causada por falhas de execução (deficiência de ligante asfáltico na mistura, compactação deficiente), devido à ação do tráfego, intemperismo, perda do ligante (envelhecimento do asfalto), presença de umidade.

Também podem ser enquadrados nessa classificação os danos mecânicos causados na superfície do pavimento devido, por exemplo, ao arrastamento de objetos.

O desgaste superficial deve ser quantificado em metro quadrado, sendo que os níveis de severidade são determinados em função da observação da condição da superfície do pavimento. Esse defeito é classificado apenas em nível de gravidade médio e alto.

Nível médio – quando ocorrer uma perda considerável de agregado graúdo, mais de 20 por metro quadrado, ou ocorrer arrancamento dos agregados em uma região concentrada, formando uma pequena depressão, no entanto ainda não classificado como panela, figura 6-a.

Nível alto – quando a superfície estiver muito áspera, já esburacada, desde que ainda não caracterize panelas, ou a camada de agregado mais superficial já foi totalmente removida em algumas áreas, figura 6-b.

Figura 6 - Desagregação superficial



a) Severidade média

b) Severidade alta

Fonte: ASTM (2015)

2.5.2.1.6 Elevação e depressão

São defeitos caracterizados pelo deslocamento para cima e para baixo de uma pequena área da superfície do pavimento, formando uma lombada (solavanco) ou uma queda, respectivamente (figura 7). Ocorrem pela ação do tráfego em combinação com a instabilidade da base, no caso das elevações, podem ocorrer também pela infiltração e acúmulo de material sob o revestimento em áreas trincadas.

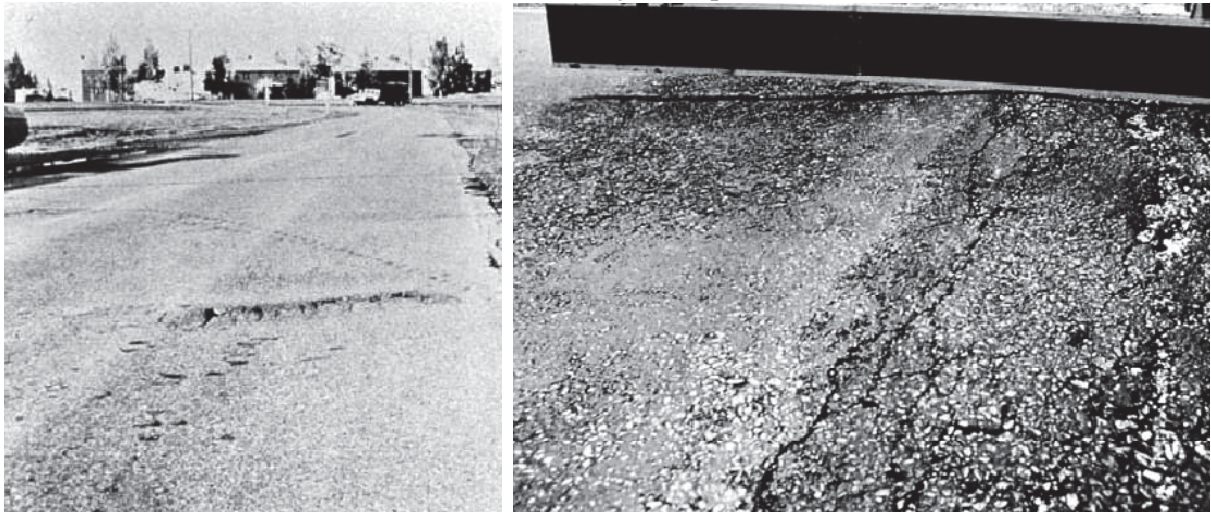
Estas elevações ou depressões devem ser medidas linearmente (metro linear).

Considerando o efeito de solavanco ou queda característico desses defeitos quando transpostos por um veículo, os níveis de severidade são determinados em função da qualidade do passeio.

Nível baixo – caracterizado por passeio de baixa gravidade.

Nível médio – caracterizado por passeio de média gravidade.

Nível alto – caracterizado por passeio de alta gravidade.

Figura 7 – Elevação e depressão

Fonte: ASTM (2015)

2.5.2.1.7 Escorregamento

São deformações permanentes da superfície do pavimento (abaulamento) que surgem em decorrência do deslocamento de massa betuminosa do revestimento devido aos carregamentos oriundos do tráfego de veículos combinado com a fluência plástica do subleito e ou da camada asfáltica (instabilidade da mistura asfáltica). Ocorrem normalmente paralelamente ao eixo da via e em locais submetidos à aceleração, frenagem e mudança de direção dos veículos.

Esse defeito pode ser caracterizado por elevações localizadas da superfície do pavimento, conforme pode ser observado na figura 8. Essas elevações são medidas em metro quadrado.

A definição dos níveis de severidade desses defeitos também é realizada em função da qualidade do passeio, conforme segue.

Nível baixo – caracterizado por passeio de baixa gravidade.

Nível médio – caracterizado por passeio de média gravidade.

Nível alto – caracterizado por passeio de alta gravidade.

Figura 8 - Escorregamento

Fonte: BRASIL (2003) e FHWA (2014)

2.5.2.1.8 Exsudação

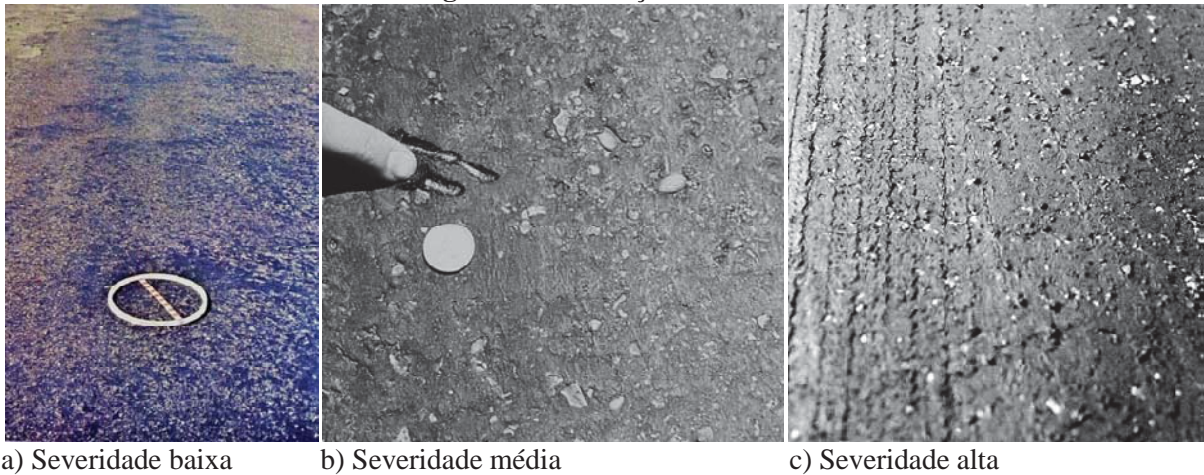
A exsudação é o excesso de material betuminoso na superfície do pavimento, caracterizada por um filme espelhado, mais escuro e pegajoso, que ocorre em função do excesso de cimento asfáltico na mistura ou na pintura de ligação (falha de projeto ou execução), que aflora na superfície devido à expansão e migração do material asfáltico por entre os vazios do revestimento em temperaturas elevadas. Esse defeito é medido em metro quadrado.

Os níveis de severidade são determinados de acordo com as características do pavimento e também por meio de marcas deixadas na superfície.

Nível baixo – fina película de ligante asfáltico sobre a superfície do pavimento, apresentando uma mancha escurecida na região afetada em comparação as áreas adjacentes. Só é perceptível em alguns dias do ano e não ficam gravados rastros em dias quentes, figura 9-a.

Nível médio – cobertura mais uniforme de ligante asfáltico sobre a superfície do pavimento, de forma a cobrir parcial ou totalmente os agregados. Apresenta uma mancha escura e permite a gravação de rastros em dias quentes, no entanto é perceptível apenas em algumas semanas do ano, figura 9-b.

Nível alto – cobertura excessiva de ligante asfáltico sobre a superfície do pavimento que cobre os agregados. Apresenta um aspecto escurecido e brilhante da superfície, perceptível durante várias semanas no ano. Permite a gravação de rastros de pneus ou calçados sobre o pavimento, figura 9-c.

Figura 9 - Exsudação de asfalto

a) Severidade baixa

b) Severidade média

c) Severidade alta

Fonte: BRASIL (2003) e ASTM (2015)

2.5.2.1.9 Panela

São buracos que surgem na superfície do pavimento em decorrência da remoção de parte do material do revestimento, conforme ilustrado na figura 10. Essas cavidades normalmente têm forma de taça e são causadas pelo intemperismo, ação do tráfego, falta de aderência entre a capa asfáltica e a base, presença de umidade nas camadas inferiores, erros na etapa de execução, tais como compactação deficiente, falha na imprimação, pintura de ligação ou na dosagem da mistura asfáltica.

As panelas ocorrem geralmente nas trilhas de roda, entretanto podem surgir em qualquer ponto da superfície do pavimento. Os buracos ou panelas são quantificados por meio de contagem.

Os níveis de severidade para panelas com diâmetro de até 750mm são determinados em função do diâmetro e da profundidade conforme o quadro 2.

Quadro 2 – Nível de severidade para panelas

Profundidade máxima do buraco	Diâmetro médio (mm)		
	100 a 200 mm	200 a 450 mm	450 a 750 mm
13 a \leq 25 mm	baixo	Baixo	médio
> 25 e \leq 50 mm	baixo	Médio	alto
> 50mm	médio	Médio	alto

Fonte: ASTM (2015)

Já para as panelas com diâmetro superior a 750mm deve-se determinar a área em metro quadrado, a qual deve ser dividida em seguida por 0,50 m², sendo que o cociente representará o número equivalentes de buracos. Nesse caso os níveis de severidade devem ser determinados em função apenas da profundidade conforme segue.

Nível médio – quando a profundidade for menor ou igual a 25mm.

Nível alto – quando a profundidade for maior que 25mm.

Figura 10 - Panela

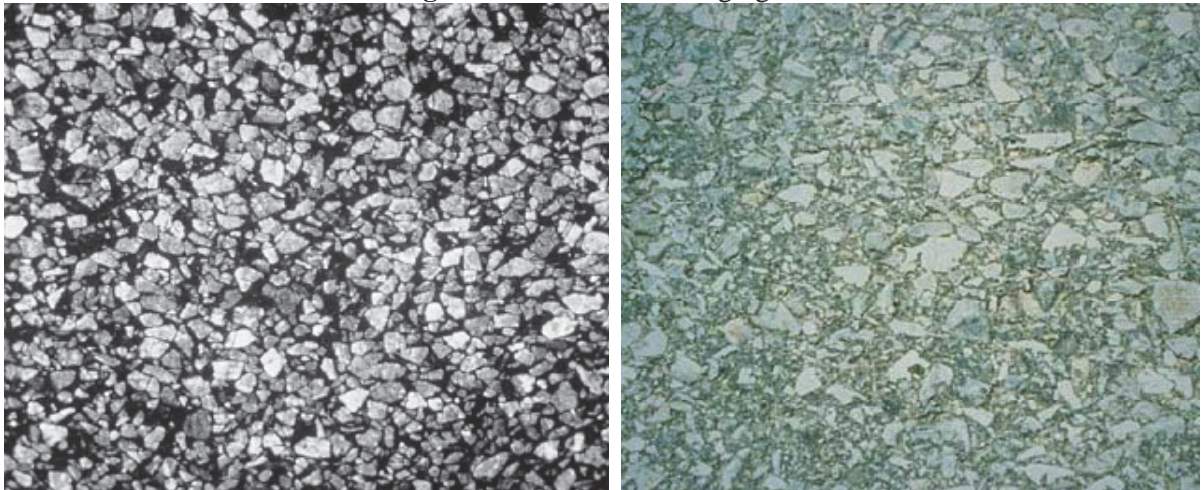


Fonte: BRASIL (2003) e FHWA [2009?]

2.5.2.1.10 Polimento de agregado

O polimento dos agregados se caracteriza pela remoção ou redução da angularidade e da aspereza das partículas de agregado que se elevam acima da película superficial de asfalto, de forma que os agregados que se sobressaem são reduzidos (pouca quantidade) e apresentam textura suave ao toque (figura 11). O polimento dos agregados é causado pela ação repetida do tráfego e intempéries ao longo do tempo, e provoca a redução da aderência do pneu dos veículos ao pavimento, aumentando a insegurança ao tráfego. Esse defeito é medido em metro quadrado.

Não há classificação de níveis de gravidade para o polimento de agregados, no entanto sua contagem deve ser realizada apenas quando sua ocorrência for evidente na superfície do pavimento amostrado (textura suave).

Figura 11 - Polimento de agregado

Fonte: ASTM (2015) e FHWA (2014)

Observação:

Caso seja considerada a exsudação em uma determinada área de superfície, na mesma área não deve ser contado o polimento de agregados.

A indicação desse defeito pode ser constatada também através do teste de resistência à derrapagem, quando for verificada a baixa aderência pneu-pavimento.

2.5.2.1.11 Remendo

Remendo é a substituição de material de uma parcela do pavimento existente, ou apenas preenchimento com material novo, em função da necessidade de intervenções em redes subterrâneas, correção de defeitos nas camadas de base ou no revestimento, tais como reparação de afundamentos, de trincas e de panelas.

É denominado remendo de conservação padrão quando realizado dentro de padrões técnicos, nesse caso apresenta geralmente formato retangular (figura 12-a), no entanto quando executado sem cuidados técnicos é chamado de remendo de conservação emergencial, apresentando formato irregular (figura 12-b).

Mesmo sendo um procedimento para conservação ou manutenção de pavimentos, os remendos são considerados defeitos por provocar desconforto aos usuários. Esse defeito é medido em metro quadrado.

Figura 12 - Remendo

a) Remendo de conservação padrão

b) Remendo de conservação emergencial

Fonte: BERNUCCI (2006)

A determinação dos níveis de severidade desses defeitos ocorre em função da aparência e também da qualidade do passeio quando é trafegado sobre a superfície do remendo.

Nível baixo – aparentemente em boas condições e classificado como passeio de baixa gravidade.

Nível médio – apresenta deterioração aparente moderada e ou classificação de passeio de média gravidade.

Nível alto – aparentemente muito deteriorado e ou classificação de passeio de alta gravidade.

A caracterização dos remendos requer alguns cuidados em relação à definição dos níveis de severidade e à presença de outros defeitos em sobreposição, sendo assim, deve-se proceder da seguinte maneira:

- Caso a superfície do remendo seja muito extensa a mesma não deve ser considerada como um defeito, mas sim como pavimento novo, conforme pode ser visualizado na figura 13. Como por exemplo, a substituição do revestimento de um determinado segmento de uma faixa de rolamento ou um cruzamento inteiro.

- Caso seja observado diferentes níveis de severidade na mesma superfície de remendo, estas áreas devem ser registradas separadamente para as respectivas gravidades.

- Caso ocorram outros defeitos na superfície contabilizada como remendo, estes devem ser desprezados, no entanto serão considerados na determinação do nível de severidade dos remendos. Assim, a área deve ser registrada apenas como remendo.

Figura 13 – Remendo considerado como pavimento novo



Fonte: Próprio autor (2015)

2.5.2.1.12 Trinca em bloco

São trincas interligadas em forma de quadriláteros com lados geralmente definidos que podem variar desde cerca de 0,30 x 0,30m até 3,00 x 3,00 m (figura 14). São causadas pelos repetidos ciclos de retração e expansão do concreto asfáltico devido às variações térmicas e também pela reflexão de trincas de camadas inferiores. As trincas em bloco ocorrem geralmente em pavimentos com baixa flexibilidade, ou seja, endurecidos, e não estão associadas ao carregamento do tráfego.

Figura 14 - Trinca de bloco



Fonte: BRASIL (2003)

As trincas em bloco podem ocorrer em grande parte do pavimento ou apenas em áreas de tráfego e podem apresentar ou não erosão junto às bordas das trincas. Esses defeitos são medidos pela área da superfície afetada (metro quadrado).

Os níveis de severidade das trincas em bloco são definidos a partir da classificação do nível de gravidade das próprias trincas.

Nível baixo – quando as trincas apresentarem largura da abertura menor ou igual a 13mm e não forem tratadas (sem preenchimento), ou para trincas de qualquer largura que estejam tratadas e o preenchimento esteja em boas condições. Nesse caso não deve existir profundidade mensurável significativa da trinca.

Nível médio – quando as trincas apresentarem largura da abertura maior que 13mm e menor ou igual a 50mm e não estejam tratadas, ou para trincas não preenchidas com largura da abertura menor ou igual a 50mm que apresentem profundidade de até 10mm (<10mm) ou ainda para trincas tratadas de qualquer largura que apresentem falha com profundidade menor que 10mm.

Nível alto – quando as trincas apresentarem largura da abertura maior que 50mm e não estejam tratadas, ou quando apresentarem ou não preenchimento para trincas de qualquer largura que apresentem falha com profundidade maior que 10mm.

Considerar como tratamento o preenchimento das trincas com material selante a base de asfalto, conforme pode ser observado na figura 15.

Figura 15 – Selagem de trincas



Fonte: TECHNE (2016)

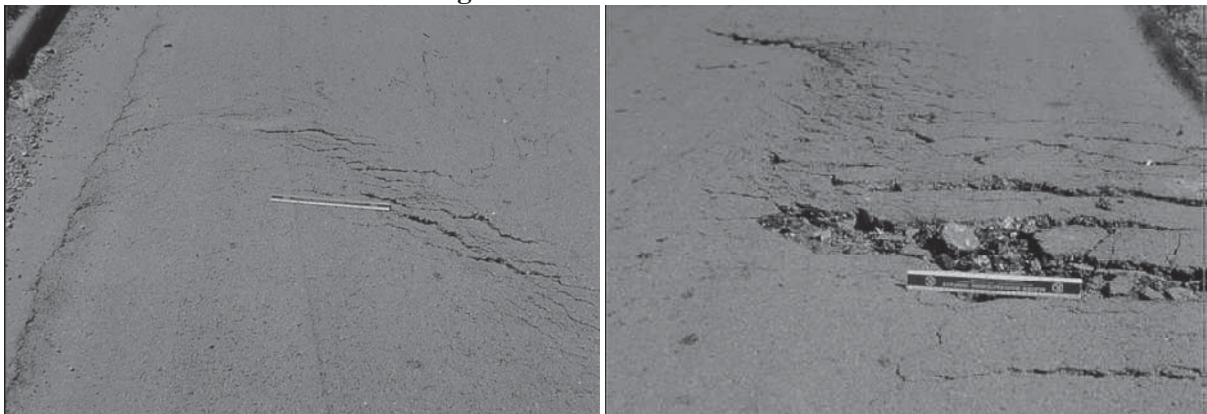
Observação:

Caso ocorra e seja possível a identificação de trincas em diferentes níveis de severidade em uma área afetada por trincas em bloco, essas ocorrências devem ser registradas separadamente para cada nível de gravidade.

2.5.2.1.13 Trinca em deslizamento de massa

São trincas em forma crescente ou de meia lua (ferradura) normalmente na direção transversal ao eixo da via (figura 16), originadas pela frenagem e giro das rodas dos veículos combinado com a baixa resistência da camada asfáltica e ou ligação deficiente entre o revestimento e as camadas de base que causam o deslizamento (deformação) da massa asfáltica e abertura das trincas.

Figura 16 – Trincas em deslizamento



Fonte: ASTM (2015)

A quantificação dessas trincas deve ser feita em função da área de ocorrência na superfície (metro quadrado).

O nível de severidade desse defeito é determinado em função da largura média da abertura das trincas ou da conformação do dano.

Nível baixo – quando a largura média das trincas for menor que 10mm.

Nível médio – quando a largura média das trincas for maior ou igual a 10mm e menor que 40mm ou quando o pavimento no entorno estiver moderadamente deteriorado ou apresentando trincas secundárias.

Nível alto – quando a largura média das trincas for maior ou igual a 40mm ou quando o pavimento no entorno das trincas estiver deteriorado de tal maneira que podem ser removidos fragmentos com facilidade.

2.5.2.1.14 Trinca longitudinal

São trincas isoladas que ocorrem predominantemente no sentido longitudinal, paralelo ao eixo da via, conforme pode ser observado na figura 17. Esses defeitos podem surgir em

qualquer ponto da superfície do pavimento e ocorrem devido a erros executivos, como por exemplo, falhas na execução das juntas entre duas faixas de lançamento da mistura asfáltica, ciclos de retração e expansão do revestimento asfáltico em função das variações térmicas, recalques diferenciais, envelhecimento do ligante asfáltico, endurecimento do asfalto e reflexão de fendas das camadas inferiores.

Figura 17 - Trinca longitudinal



Fonte: Próprio autor (2015)

Essas trincas são quantificadas por meio da medição de sua extensão (metro linear), e os níveis de severidade são definidos a partir da largura da abertura e do nível de degradação do pavimento no entorno da trinca.

Nível baixo – quando as trincas não forem tratadas (sem preenchimento) e apresentarem largura da abertura inferior a 10mm, ou para trincas de qualquer largura que estejam tratadas e o preenchimento (selagem) esteja em boas condições.

Nível médio – quando as trincas não forem tratadas e apresentarem largura da abertura maior ou igual a 10mm e menor do que 75mm, ou para trincas não preenchidas (sem selagem) com largura da abertura menor ou igual a 75mm e o pavimento no entorno apresentar trincas aleatórias secundárias de baixa severidade, ou ainda para trincas tratadas de qualquer largura que apresentem trincas aleatórias secundárias de baixa severidade no entorno.

Nível alto – quando as trincas não forem tratadas e apresentarem largura da abertura maior ou igual a 75mm, ou para trincas com ou sem preenchimento que contenham trincas aleatórias de média ou alta severidade no seu entorno, ou ainda para trincas de qualquer largura que apresentarem pavimento severamente deteriorado (quebrado) em uma faixa de mais ou menos 100mm de largura no entorno da trinca principal.

Observação:

Caso sejam constatados diferentes níveis de severidade ao longo de uma mesma trinca, as extensões referentes a cada um desses níveis devem ser registradas separadamente.

2.5.2.1.15 Trinca transversal

São trincas isoladas que ocorrem predominantemente no sentido transversal, perpendicular ao eixo da via, conforme pode ser observado na figura 18. Essas trincas podem ocorrer em toda a superfície do pavimento e são causadas pelo efeito de ciclos de retração e expansão do revestimento asfáltico em função das variações térmicas, principalmente em decorrência de temperaturas extremas, envelhecimento do ligante asfáltico, endurecimento do asfalto e reflexão de trincas das camadas inferiores, normalmente não estão associados aos carregamentos do tráfego.

Figura 18 - Trinca transversal



Fonte: Próprio autor (2015)

A quantificação desses defeitos ocorre através da medição da extensão das trincas (metro linear).

Os níveis de severidade das trincas transversais são definidos a partir da largura da abertura e do nível de degradação do pavimento no entorno da trinca. Considerar o mesmo procedimento de identificação do nível de severidade das trincas longitudinais.

Observação:

Similar ao que ocorre para as trincas longitudinais, caso sejam constatados diferentes níveis de severidade ao longo de uma mesma trinca transversal, as extensões referentes a cada um desses níveis devem ser registradas separadamente.

Para auxiliar na classificação da severidade das trincas longitudinais e das trincas transversais, considerar a seguinte descrição a cerca da gravidade das trincas do entorno (secundárias).

Nível baixo – quando as trincas apresentarem largura da abertura menor ou igual a 13mm e não forem tratadas (sem preenchimento), ou para trincas de qualquer largura que estejam tratadas e o preenchimento esteja em boas condições.

Nível médio – quando as trincas apresentarem largura da abertura maior que 13mm e menor ou igual a 50mm e não estejam tratadas, ou para trincas não preenchidas com largura da abertura menor ou igual a 50mm que apresentem profundidade da falha de até 10mm (<10mm) ou ainda para trincas tratadas (seladas) de qualquer largura que apresentem falha com profundidade menor que 10mm.

Nível alto – quando as trincas apresentarem largura da abertura maior que 50mm e não estejam tratadas, ou para trincas de qualquer largura que apresentem ou não preenchimento, desde que a falha tenha profundidade maior que 10mm.

2.5.2.1.16 Trinca de reflexão de juntas

É um tipo de trinca que ocorre em pavimentos asfálticos em função da reflexão de trincas ou juntas existentes nas camadas inferiores que se estendem até a superfície do pavimento (figura 19). Esses defeitos ocorrem geralmente em recapeamentos ou execução de camadas asfálticas sobre lajes de concreto de cimento Portland, devido principalmente a diferença de comportamento entre os dois materiais em relação aos movimentos de retração e expansão causados por variações térmicas.

Figura 19 - Trinca de reflexão



Fonte: DANIELESKI, M. L. (2004)

Essas trincas não estão associadas aos carregamentos do tráfego, salvo o agravamento no entorno da trinca principal.

As trincas de reflexão de juntas são medidas em metro linear, sendo que os níveis de severidade são determinados em função da largura das trincas e a partir da condição do pavimento no seu entorno.

Nível baixo – quando as trincas não forem tratadas e apresentarem largura da abertura inferior a 10mm, ou para trincas de qualquer largura que estejam tratadas e o preenchimento esteja em boas condições.

Nível médio – quando as trincas não forem preenchidas e possuírem largura da abertura maior ou igual a 10mm e menor ou igual a 75mm, ou para trincas não preenchidas com largura da abertura menor ou igual a 75mm que apresentem trincas secundárias de baixa severidade no entorno, ou ainda para trincas de qualquer largura que estejam preenchidas, desde que apresentem trincas de baixa severidade no entorno.

Nível alto – quando as trincas não forem preenchidas e apresentarem largura da abertura maior que 75mm, ou para trincas com ou sem preenchimento, que apresentem trincas secundárias de média e ou alta severidade no entorno, ou ainda para trincas de qualquer largura em que o pavimento em uma faixa de aproximadamente 100mm no entorno da trinca principal esteja severamente deteriorado, apresentando fragmentação.

2.5.2.1.17 Trinca tipo couro de jacaré

É um defeito caracterizado por uma série de trincas interligadas cujo padrão se assemelha ao couro de jacaré (figura 20). Nos estágios iniciais ocorrem trincas longitudinais paralelas umas as outras que ao longo do tempo se unem em formas geométricas variadas em que a maior dimensão geralmente é menor que 0,50 metros.

Figura 20 - Trinca tipo couro de jacaré



Fonte: Próprio autor (2015)

As trincas tipo couro de jacaré são causadas principalmente pela fadiga do pavimento em decorrência da repetição das cargas de tráfego, no entanto ocorrem também em função das ações climáticas (intemperismo), deficiência ou envelhecimento do ligante asfáltico, entre outras causas.

As trincas de fadiga como também são conhecidas ocorrem apenas nas áreas submetidas à repetição das cargas de tráfego, ao longo dos caminhos preferenciais de rodas, podendo vir acompanhadas ou não de erosão nas bordas. Essas trincas são quantificadas em metro quadrado.

Os níveis de severidade são determinados em função da observação das superfícies danificadas, conforme segue.

Nível baixo – ocorrência de trincas longitudinais paralelas apresentando ou não algumas interligações, sendo que ainda não ocorre erosão nas bordas das trincas, figura 21-a.

Nível médio – ocorrência de maior quantidade de trincas interconectadas sendo que as mesmas apresentam erosão de baixa gravidade nas bordas, figura 21-b.

Nível alto – grande quantidade de trincas interligadas, as quais se apresentam bem definidas e com erosão nas bordas, figura 21-c.

Figura 21 – Severidade das trincas tipo couro de jacaré



a) Nível baixo

b) Nível médio

c) Nível alto

Fonte: ASTM (2015)

Observação:

Caso seja constatado em uma mesma área danificada, trincas tipo couro de jacaré em diferentes níveis de severidade deve-se proceder da seguinte maneira: sendo possível a identificação de áreas com severidades distintas, essas devem ser registradas separadamente para cada nível de severidade encontrado, no entanto, caso contrário, não sendo possível a identificação de áreas com severidades distintas, essas devem ser registradas com a área total afetada considerando o nível de maior gravidade presente.

Caso sejam observadas trincas tipo couro de jacaré em áreas que apresentam também afundamento em trilha de roda, ocorrendo simultaneamente os dois defeitos, estes devem ser registrados separadamente conforme respectivos níveis de severidade.

2.5.2.1.18 Inchamento

O inchamento é caracterizado pela elevação de uma parcela da superfície do pavimento (protuberância), formando uma onda geralmente com mais de três metros, que pode vir acompanhada ou não de trincas, que causa um movimento ascendente quando trafegado sobre essas áreas.

Esse defeito pode ser causado devido ao inchaço do solo de base (subleito), quando existirem solos expansivos que incham em contato com a água (umidade), devido ao congelamento, ou ainda no encontro com pavimentos rígidos, onde a dilatação pode empurrar o pavimento flexível para cima (figura 22). O inchamento deve ser medido em metro quadrado.

Os níveis de severidade desse defeito são determinados em função da qualidade do passeio.

Nível baixo – quando o inchamento causa efeitos de baixa gravidade na qualidade do passeio.

Nível médio – quando o inchamento causa efeitos de média gravidade na qualidade do passeio.

Nível alto – quando o inchamento causa efeitos de alta gravidade na qualidade do passeio.

Figura 22 – Inchamento do pavimento



Fonte: PAVEMANPRO (2016) e OLIVEIRA, NOBRE JÚNIOR (2016)

2.5.2.1.19 Cruzamento de linha férrea

Os cruzamentos de linha férrea são considerados como defeitos porque reduzem a qualidade do passeio em cruzamentos em nível devido aos solavancos e depressões que formam na superfície da via devido aos trilhos (figura 23). Esses defeitos são medidos em metro quadrado e o nível de severidade é determinado pelo efeito negativo na qualidade do passeio.

Nível baixo – quando o cruzamento de linha férrea causa efeitos de baixa gravidade na qualidade do passeio.

Nível médio – quando o cruzamento de linha férrea causa efeitos de média gravidade na qualidade do passeio.

Nível alto – quando o cruzamento de linha férrea causa efeitos de alta gravidade na qualidade do passeio.

Figura 23 – Cruzamento de linha férrea



Fonte: AAROADS (2016) e VELOBUSDRIVER (2016)

2.5.2.2 Defeitos em pavimentos poliédricos do tipo paralelepípedo

2.5.2.2.1 Afundamento localizado

São depressões localizadas que ocorrem na superfície do pavimento (figura 24). Esse tipo de defeito no pavimento é causado pela ação do tráfego, presença de umidade na base, instabilidade do material do subleito ou erros na etapa de execução, tais como, falha na drenagem do subleito e compactação deficiente da base. As depressões que surgem na

superfície dos pavimentos decorrem de deformações permanentes e são quantificados em metro quadrado.

Figura 24 - Afundamento localizado



Fonte: DANIELESKI, M. L. (2004)

O nível de severidade é determinado em função da profundidade no ponto de flecha máxima da depressão, conforme segue:

Nível baixo – de 13 a 25 mm.

Nível médio – mais de 25 até 50 mm.

Nível alto – mais que 50 mm.

Observação:

Quando ocorrer sollevamento lateral no entorno da superfície de afundamento, esta deverá ser enquadrada como elevação e depressão, que é outro tipo de defeito.

Os afundamentos que ocorrerem nas trilhas de roda e apresentarem extensão superior a 6 m não deverão ser considerados como localizados, mas sim como afundamentos em trilha de roda.

2.5.2.2.2 Afundamento em trilha de roda

Esse tipo de afundamento é caracterizado por uma depressão longitudinal na superfície do pavimento no caminho preferencial das rodas, entretanto, deve possuir extensão superior a 6 m, caso contrário é considerado afundamento localizado (figura 25).

Figura 25 - Afundamento em trilha de roda

Fonte: Próprio autor (2015)

Esses defeitos ocorrem em função da consolidação das camadas do pavimento devido aos carregamentos do tráfego, presença de umidade no subleito, erros executivos (compactação deficiente do subleito e falha na drenagem da base do pavimento).

Nos afundamentos em trilha de roda podem ocorrer ou não levantamento lateral, ou seja, elevação nas áreas adjacentes das trilhas. Esses danos são medidos em metro quadrado.

O nível de severidade é determinado em função da profundidade média do afundamento, conforme segue:

Nível baixo – de 6 a 13 mm.

Nível médio – mais de 13 até 25 mm.

Nível alto – mais que 25 mm.

2.5.2.2.3 Elevação e depressão

Defeitos caracterizados pela elevação ou depressão da superfície do pavimento em relação ao nível do pavimento na adjacência, formando uma lombada (solavanco) ou uma queda, respectivamente (figura 26). Esses defeitos são causados pelos carregamentos oriundos do tráfego, instabilidade do material do subleito e por erros de execução, tais como, compactação deficiente, nivelamento do subleito mal executado, falha na colocação das peças. Essas elevações ou depressões são medidas em metro linear.

Os níveis de severidade devem ser determinados em função da qualidade do passeio.

Nível baixo – caracterizado por passeio de baixa gravidade.

Nível médio – caracterizado por passeio de média gravidade.

Nível alto – caracterizado por passeio de alta gravidade.

Figura 26 – Elevação e depressão



Fonte: DANIELESKI, M. L. (2004)

Observação:

As depressões devem estar acompanhadas de deslocamentos laterais (solevamento), caso contrário devem ser classificadas como afundamentos localizados.

Caso uma sequência de elevações e depressões ocorra com espaçamento inferior a três metros, essas têm que ser enquadradas como ondulações, outro tipo de defeito.

2.5.2.2.4 Ondulação

São elevações e depressões sucessivas que surgem na superfície dos pavimentos, perpendicularmente ao sentido de fluxo da via, em forma de ondas, conforme apresentado na figura 27. Esses defeitos ocorrem devido ao deslocamento de peças e do material da base em função da ação do tráfego e instabilidade das camadas do pavimento. Essas deformações permanentes acontecem normalmente em regiões de aceleração e frenagem ou em rampas submetidas ao trânsito de veículos pesados e lentos. As ondulações são medidas em metro quadrado.

Figura 27 - Ondulação



Fonte: Próprio autor (2015)

O nível de severidade das ondulações é determinado em função da qualidade do passeio.

Nível baixo – caracterizado por passeio de baixa gravidade.

Nível médio – caracterizado por passeio de média gravidade.

Nível alto – caracterizado por passeio de alta gravidade.

Observação:

Caso os intervalos entre as elevações seja superior a 3,00 metros, as mesmas devem ser registradas separadamente como elevações e depressões individuais.

2.5.2.2.5 Panela

São buracos que aparecem na superfície do pavimento em decorrência da falta de peças constituintes do pavimento, conforme ilustrado na figura 28. As panelas ocorrem em função da remoção de peças do pavimento pela ação do tráfego, falhas em procedimentos de intervenção em redes subterrâneas, de conservação ou manutenção, bem como ação de águas de pluviais, especialmente em vias que apresentam declividade mais acentuada. Esses defeitos são quantificados por meio de contagem.

Figura 28 - Panela



Fonte: Próprio autor (2015)

Os níveis de gravidade das panelas são determinados em função do diâmetro e da profundidade das mesmas, sendo que deve ser procedido conforme apresentado no item 2.5.2.1.9, ou seja, de maneira similar as ocorrências de “panelas” em revestimentos asfálticos.

2.5.2.2.6 Peças com desgaste ou polidas

O polimento das peças constituintes do pavimento é caracterizado pela redução da textura e aspereza da superfície do revestimento. O desgaste ou polimento da superfície do pavimento ocorre devido à ação do tráfego e intempéries ao longo do tempo, provocando a redução da aderência do pneu dos veículos ao pavimento e aumentando a insegurança ao tráfego. Esse defeito pode ser observado na figura 29. Esses danos são medidos em metro quadrado.

Para esse defeito não há classificação de níveis de gravidade, no entanto sua contagem deve ser realizada apenas quando sua ocorrência for evidente na superfície do pavimento amostrado.

Figura 29 - Peças com desgaste ou polidas



Fonte: Próprio autor (2015)

2.5.2.2.7 Remendo

Remendo é a substituição localizada de uma parcela do material constituinte do pavimento, caracterizado pela remoção e recolocação de peças, ou apenas preenchimento de uma falha. Apesar de ser um procedimento para melhoria da condição do pavimento, é considerado um defeito por interferir na qualidade do rolamento.

Os remendos ocorrem devido à necessidade de correção de defeitos existentes na base ou no revestimento dos pavimentos, preenchimento de depressões ou panelas, intervenção em redes subterrâneas ou apenas reposição de peças faltantes. Os remendos em pavimentos poliédricos podem ser realizados com o mesmo material original, por meio do ajuste ou por

reposição de peças, ou com a utilização de material asfáltico, conforme pode ser observado na figura 30. Esses defeitos são quantificados por metro quadrado.

Figura 30 – Remendo



Fonte: Próprio autor (2015)

Os níveis de severidade desses defeitos são determinados em função da aparência e também da qualidade do passeio.

Nível baixo – aparentemente em boas condições e classificado como passeio de baixa gravidade.

Nível médio – apresenta deterioração aparente moderada e ou classificação de passeio de média gravidade.

Nível alto – aparentemente muito deteriorado e ou classificação de passeio de alta gravidade.

2.5.3 Amostragem

A avaliação da condição do pavimento de ruas e avenidas de uma determinada malha viária urbana é realizada a partir da inspeção de unidades de amostragem de seções “homogêneas” previamente delimitadas.

Para amostragem das vias inicialmente deve ser definido o layout geral da rede a ser estudada, onde a partir de uma investigação preliminar de dados relativos ao inventário, hierarquia viária, históricos de conservação, manutenção e construção, bem como conhecimento prévio da condição dos pavimentos, são identificados os ramos e as seções a serem inspecionadas.

Os ramos são as ruas e avenidas constantes na rede, sendo que esses devem ser subdivididos em seções a serem delimitadas de acordo com a condição presente do pavimento, de forma a obterem-se segmentos relativamente homogêneos.

As seções, por sua vez, devem ser subdivididas em unidades de amostragem, sendo estas as superfícies a serem avaliadas. As amostras oriundas da subdivisão das seções devem possuir área entre 135,00 e 315,00 metros quadrados, ou seja, $225 \pm 90 \text{ m}^2$, conforme recomenda a norma ASTM D6433-11.

Uma vez identificadas no mapa da rede viária, as unidades de amostragem devem ser devidamente localizadas e delimitadas na superfície do pavimento a fim de facilitar a identificação das mesmas durante as inspeções e também permitir avaliações futuras nas mesmas unidades de amostragem, caso seja necessário.

Com relação ao número de amostras de cada seção a serem inspecionadas, dependerá do objetivo a que se destina, se é uma avaliação de rotina ou para análise de projeto. Caso a avaliação seja para fins de elaboração de projetos, para definição de estratégias para manutenção ou reabilitação dos pavimentos das vias, é apropriado que seja inspecionada a seção em sua totalidade, ou seja, todas as unidades de amostragem, no entanto, se o levantamento visa uma verificação de rotina, é aceitável a inspeção parcial das seções, desde que o número de amostras seja suficiente para fornecer um nível de confiança estatística de 95% do PCI da seção, que pode ser obtido pela quantidade de amostras a ser determinada através da equação 1, fornecida pela ASTM (2015).

$$n = Ns^2 / ((e^2/4)(N - 1) + s^2) \quad (1)$$

Onde:

n = número de unidades de amostragem a serem avaliadas na seção;

e = erro aceitável na estimativa do PCI da seção, em geral igual a 5%;

s = desvio padrão do PCI para uma unidade de amostra;

N = número total de unidades de amostra da seção.

Segundo a ASTM (2015), para o cálculo inicial do número de unidades de amostra a serem inspecionadas, adotar o valor do desvio padrão (s) como sendo 10 (dez), no entanto após a obtenção dos valores de PCI das amostras, o valor do desvio padrão real deve ser calculado através da equação 2, também fornecida pela norma ASTM D6433-11, de forma

que nas inspeções subseqüentes o número de amostras deve ser determinado usando-se o desvio padrão calculado em vez do estimado.

$$s = (\sum_{i=1}^n (PCI_i - PCI_s)^2 / (n - 1))^{1/2} \quad (2)$$

Onde:

PCI_i = valor do PCI da unidade de amostra i ;

PCI_s = valor do PCI da seção, obtido a partir da média do PCI das unidades de amostra da seção a que se refere;

n = número total de unidades de amostra inspecionadas na seção.

Uma vez calculado o desvio padrão real através dos valores do PCI das seções, deve-se proceder novo cálculo do número de unidades de amostragem por meio equação 1, no entanto, dessa vez, utilizando o desvio padrão calculado. Caso o número de amostras calculado seja maior que as inspecionadas inicialmente, unidades de amostragem adicionais correspondente a diferença encontrada devem ser escolhidas aleatoriamente e inspecionadas.

O cálculo do número de unidades de amostra a ser inspecionado em cada seção deve ser recalculado utilizando-se o valor do desvio padrão calculado até que o número de unidades amostrais inspecionadas seja igual ou superior a quantidade calculada a partir da equação 1.

A primeira unidade de amostra a ser inspecionada na seção é selecionada aleatoriamente, já as demais devem ser determinadas através de procedimento sistemático, com espaçamento uniforme, cujo intervalo é determinado por meio da equação 3, fornecida por ASTM (2015). Caso o valor encontrado não seja um inteiro, arredondar para o menor valor inteiro imediato.

$$i = N/n \quad (3)$$

Onde:

N = número total de unidades de amostra da seção;

n = número total de unidades de amostra inspecionadas na seção.

Observação:

Caso uma ou mais unidades de amostragem selecionadas aleatoriamente, ao acaso, apresentem defeitos incomuns a seção, ou sendo uma amostra muito boa ou muito ruim que não expresse a condição típica geral do referido segmento, tais amostras não representativas devem ser consideradas como amostras adicionais e outras unidades amostrais devem ser selecionadas aleatoriamente em substituição a essas. Por outro lado, caso todas as amostras da seção sejam inspecionadas, não existirão unidades de amostra adicionais.

2.5.4 Procedimento de avaliação

A avaliação da superfície do pavimento nas unidades de amostragem é realizada de acordo com esse procedimento, bem como a partir dos conceitos e especificações apresentados no item 2.5.1 e 2.5.2 desse estudo (considerações gerais e defeitos) que apresentam a caracterização dos defeitos a serem considerados, níveis de severidade e forma de mensuração.

O primeiro procedimento prático a ser realizado para avaliação do pavimento nos trechos de vias selecionados é a demarcação das seções e respectivas unidades de amostragem, a qual pode ser realizada através de tinta ou fixação de pinos metálicos no início e final de cada unidade de amostragem, nos bordos ou no eixo da via.

Após a demarcação das seções amostrais deve ser realizado o georreferenciamento e registro das coordenadas do ponto inicial e final de cada seção utilizando um GPS geodésico ou uma estação total e amarração a pontos topográficos conhecidos.

A avaliação da superfície do pavimento é realizada por meio do caminhamento e inspeção visual das unidades de amostragem onde são verificados os tipos e a severidade dos defeitos existentes na superfície do pavimento, bem como é procedido à quantificação da extensão dos mesmos para cada nível de gravidade.

Dependendo do tipo de defeito observado na superfície do pavimento é necessária também a avaliação da qualidade do passeio para determinação do nível de severidade de alguns defeitos, conforme apresentado no item 2.5.1 desse trabalho (considerações gerais).

As unidades de amostragem são inspecionadas individualmente, onde são registradas no formulário de campo todas as informações pertinentes a amostra, tais como nome do avaliador, número e extensão da seção, número e área da amostra, coordenadas geográficas da seção, identificação do ramo, sentido do caminhamento, tipo de pavimento, bem como os

tipos de defeitos observados e sua respectiva quantificação para cada nível de severidade. Ainda no formulário deve ser elaborado um croqui esboçando os defeitos presentes na superfície da amostra.

O modelo de formulário utilizado em levantamentos de campo é apresentado no apêndice 1.

2.5.5 Cálculo do índice de condição do pavimento

Para cada unidade de amostra é calculado o PCI do pavimento com base nos dados coletados em campo (defeitos observados na superfície do pavimento), sendo que o PCI da seção é determinado a partir dos índices individuais de cada amostra da seção.

Considerando que cada observação de defeito durante a inspeção é quantificada separadamente de acordo com o tipo e nível de severidade, a primeira etapa do cálculo do PCI é o somatório da extensão/quantidade total de cada tipo defeito, em cada nível de severidade encontrado. A quantidade total é dada em metros, metros quadrados ou número de ocorrências, dependendo da unidade de referência de cada tipo de defeito.

Na sequência deve ser calculada a densidade de ocorrência de cada tipo de defeito e nível de severidade observado, para isso, deve-se dividir a quantidade total obtida no cálculo anterior pela área total da unidade de amostra e posteriormente multiplicar o valor encontrado por 100, sendo o resultado expresso em porcentagem.

Em seguida deve-se determinar o valor de dedução (VD) para cada tipo de defeito e nível de severidade a partir dos valores obtidos nas curvas de dedução dos respectivos defeitos, as quais são apresentadas no anexo 1. As curvas de dedução que seguem anexas foram extraídas da ASTM (2015).

Uma vez calculado o valor de dedução, é necessário determinar o valor de dedução máximo corrigido (VDC), que é obtido a partir dos valores de dedução individuais.

Inicialmente os valores de dedução individuais devem ser relacionados de forma decrescente de valor, e em seguida deve-se calcular o número de deduções admissível (m), que pode ser encontrado através do gráfico do anexo 2 ou por meio da equação 4, ambos fornecidos pela ASTM (2015). Sendo assim, o número de valores de dedução individual é reduzido aos “m” maiores valores de dedução, incluindo a parte fracionária.

Caso o número de valores de dedução disponíveis for menor que “m”, todos eles são utilizados no cálculo do valor de dedução máximo corrigido, em contrário deve ser limitado ao elemento de número “m”.

Ocorrendo número de deduções admissível fracionário e sendo a quantidade de valores de dedução maior que o número “m”, então o menor valor de dedução que se enquadra na limitação do número de deduções admissível deve ter seu respectivo valor multiplicado pela parte fracionária de “m”.

$$m = 1 + (9/98) \cdot (100 - \text{MaxVD}) \leq 10 \quad (4)$$

Onde:

m = número de deduções admissível;

MaxVD = maior valor de dedução individual.

O número de deduções admissível pode ser um número fracionário (não inteiro), no entanto deve ser menor ou igual a 10.

O valor de dedução máximo corrigido é determinado iterativamente, onde na primeira iteração são utilizados os valores de dedução individuais que foram limitados pelo número de deduções admissível (m), sendo que os valores a partir da posição “m”, se for o caso, devem ser desconsiderados. Esses valores devem ser colocados em ordem decrescente.

Para a segunda iteração são utilizados os mesmos valores da primeira com uma pequena alteração, onde o menor valor de dedução individual maior que dois é substituído por dois, e assim sucessivamente até que o valor “q”, que representa o número de deduções com valor maior que dois, seja igual a um.

Os valores de dedução e o PCI da unidade de amostra podem ser calculados por meio do preenchimento da planilha apresentada no apêndice 2, a qual foi adaptada da ASTM (2015).

A planilha tem duas tabelas, sendo que a primeira é utilizada para o cálculo dos valores de dedução individuais, onde em cada linha é identificado o tipo de defeito e o nível de severidade, as quantidades observadas (medidas) e respectivo somatório, bem como a densidade e o valor de dedução individual. Já a segunda tabela deve ser utilizada no cálculo do valor de dedução máximo corrigido e do PCI, sendo que cada linha representa uma iteração do processo.

Para cálculo dos valores de dedução corrigidos primeiramente é realizado o preenchimento das colunas referentes aos valores de dedução individuais, sendo que em seguida deve-se proceder ao somatório desses valores em cada linha, obtendo-se o valor de dedução total.

Na sequência deve ser realizada a correção dos valores de dedução (VDC), que é o resultado da entrada do valor de dedução total calculado juntamente com o valor de “q”, para cada iteração realizada, no ábaco do anexo 3, o qual apresenta as curvas de correção para os valores de dedução total para pavimentos de concreto asfáltico, que no entanto, também podem ser utilizadas para os pavimentos de paralelepípedo. Esse ábaco também foi obtido na ASTM (2015).

Sendo assim, o valor de dedução máximo corrigido (Max VDC) é o maior valor entre os valores de dedução corrigidos obtidos nas iterações realizadas.

Vale ressaltar que se nenhum ou apenas um valor de dedução individual for maior que dois, a soma dos valores de dedução individual (ΣVD) deve ser usada no lugar do VDC máximo no cálculo do PCI.

2.5.5.1 Cálculo do PCI das unidades de amostragem

O valor do índice de condição do pavimento da unidade de amostra é determinado a partir da subtração do valor de dedução máximo corrigido de 100, que é a condição inicial, melhor possível, conforme equação 5, fornecida pela ASTM (2015).

$$PCI = 100 - \max VDC \quad (5)$$

Onde:

PCI = Índice de condição do pavimento;

max VDC = valor de dedução máximo corrigido.

2.5.5.2 Cálculo do PCI da seção (PCI_s)

Para o cálculo do valor do PCI da seção, deve-se levar em consideração o tipo de amostragem que foi investigada na seção, pois existe uma distinção na equação para o cálculo

do PCI para seções onde as amostras são aleatórias, para aquelas que possuem além dessas, amostras adicionais, conforme segue.

Considerando a condição de que todas as amostras da seção em estudo foram selecionadas aleatoriamente, então o valor do PCI_s é calculado a partir da equação 6, baseado na área das unidades de amostragem inspecionadas aleatoriamente. Essa equação foi extraída da ASTM (2015).

$$PCI_s = \overline{PCI}_r = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{ri} \cdot A_{ri})}{\sum_{i=1}^n A_{ri}} \quad (6)$$

Onde:

PCI_s = PCI da seção;

\overline{PCI}_r = PCI da área das unidades de amostras aleatórias inspecionadas na seção;

PCI_{ri} = PCI da unidade de amostra aleatória i;

A_{ri} = área da unidade de amostra aleatória i;

n = número de unidades de amostra aleatórias inspecionadas na seção.

Caso na seção em estudo tenham sido inspecionadas uma ou mais unidades de amostras adicionais, o \overline{PCI}_a relativo à área dessas amostras deve ser calculado pela equação 7, também fornecida pela ASTM (2015).

$$\overline{PCI}_a = \frac{\sum_{i=1}^m (PCI_{ai} \cdot A_{ai})}{\sum_{i=1}^m A_{ai}} \quad (7)$$

Onde:

\overline{PCI}_a = PCI da área das unidades de amostras adicionais inspecionadas na seção;

PCI_{ai} = PCI da unidade de amostra adicional i;

A_{ai} = área da unidade de amostra adicional i;

m = número de unidades de amostra adicionais inspecionadas na seção.

Sendo assim, o valor do PCI_s , da seção que apresenta unidades de amostra aleatórias e também adicionais, deve ser calculado a partir da equação 8, também fornecida de ASTM (2015).

$$PCI_s = \frac{\overline{PCI}_r(A - \sum_{i=1}^m A_{ai}) + \overline{PCI}_a(\sum_{i=1}^m A_{ai})}{A} \quad (8)$$

Onde:

PCI_s = PCI da seção;

\overline{PCI}_r = PCI da área das unidades de amostras aleatórias inspecionadas na seção;

\overline{PCI}_a = PCI da área das unidades de amostras adicionais inspecionadas na seção;

A_{ai} = área da unidade de amostra adicional i;

A = área da seção.

2.5.6 Conceito do pavimento

Uma vez calculado o índice de condição do pavimento da seção (PCI_s), conforme apresentado no item anterior (2.5.5), procede-se a determinação do conceito geral da condição do pavimento da seção a partir do enquadramento do valor do PCI calculado na escala de classificação da condição apresentada na figura 1 desse estudo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são apresentados os materiais e os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa. Inicialmente são expostas as considerações iniciais, a classificação da pesquisa, a caracterização do local de estudo e as variáveis do experimento. Na sequência é apresentado o procedimento metodológico adotado, onde são apontadas e detalhadas todas as etapas atendidas para o desenvolvimento desse trabalho, desde a seleção das amostras de pavimentos até a análise dos dados obtidos nas avaliações.

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente trabalho traz como base metodológica a realização de uma pesquisa de campo por meio do levantamento de dados de condição de pavimentos em unidades amostrais, em uma aplicação piloto, a fim de testar o procedimento de controle de qualidade aplicado à inspeção visual de pavimentos proposto.

O experimento de campo visou o levantamento de dados referentes aos defeitos presentes na superfície de pavimentos em unidades de amostras (segmentos de vias) que foram previamente selecionadas, a fim de fornecer subsídios para verificação da qualidade dos dados levantados por diferentes avaliadores.

O procedimento de controle de qualidade aplicado à inspeção visual de pavimentos flexíveis urbanos proposto foi testado com dados reais de defeitos e índices de condição de pavimentos de vias urbanas. Os dados do estudo foram obtidos por quatro técnicos, por meio da avaliação de unidades de amostras de pavimentos, utilizando-se da metodologia de avaliação superficial de pavimentos apresentada no item 2.5 (capítulo 2) desse estudo.

A análise dos dados foi realizada a partir da verificação da precisão dos dados obtidos pelos avaliadores em relação à média do grupo e também do viés em relação a valores de referência, tanto para os dados de PCI, como para as quantidades de defeitos.

3.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa desenvolvida nesse estudo foi classificada de acordo com a sua natureza, abordagem do problema, seus objetivos e procedimentos técnicos, baseado no texto de Silva e Menezes (2005), conforme segue.

Considerando sua natureza ou finalidade, foi classificada como pesquisa aplicada, uma vez que visou à produção de conhecimento para uso na prática com o propósito de solucionar problemas específicos.

De acordo com a forma de abordagem do problema, foi classificada como uma pesquisa quantitativa, devido aos métodos de coleta e análise dos dados empregados, onde as informações foram coletadas, analisadas e apresentadas por meio de números, ou seja, quantitativamente.

Por outro lado, segundo os objetivos gerais, foi classificada como pesquisa explicativa, pois procurou explicar as causas do problema em estudo por meio da análise e interpretação dos elementos levantados em campo, ou seja, buscou-se a identificação de falhas ou fatores que contribuíram para sua ocorrência.

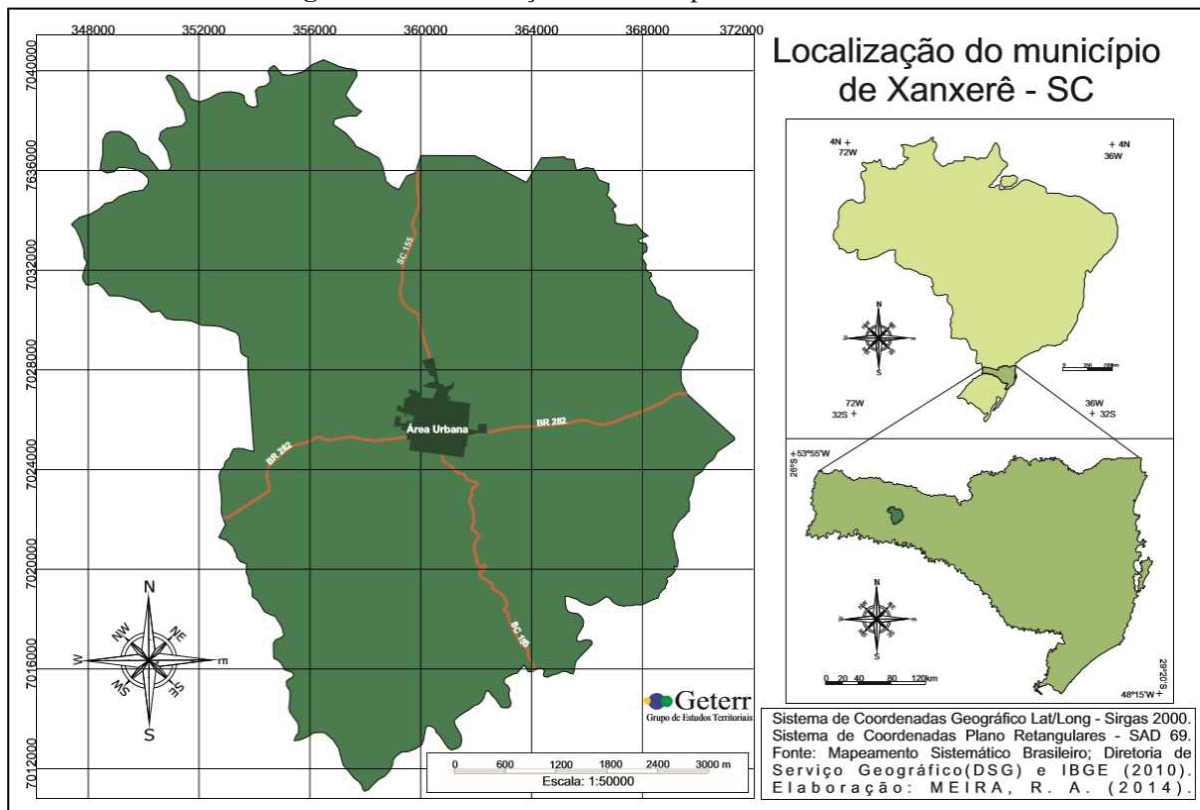
Por fim, considerando os procedimentos técnicos, relacionado aos métodos empregados na obtenção dos dados da pesquisa, foi classificada como uma pesquisa experimental, uma vez que foi definido o objeto de estudo, as variáveis de resposta e independentes, capazes de causar influências, as formas de controle das mesmas, bem como para atenuação de ruídos, sendo que a partir da manipulação das variáveis independentes observaram-se os efeitos produzidos no objeto. (SILVA e MENEZES, 2005).

3.3 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O procedimento de controle de qualidade aplicado a inspeção visual de pavimentos flexíveis urbanos foi experimentado em trechos de vias de uma malha viária real, sendo que essa aplicação prática foi realizada na cidade de Xanxerê, situada na região oeste do estado de Santa Catarina, nas coordenadas geográficas 26° 52's, 52° 23'w. A localização do referido município pode ser visualizada na figura 31.

Conforme IBGE (2010), o município de Xanxerê foi instalado em 27 de fevereiro de 1954, conta com uma área territorial de 377,764 km² e possui 44.128 habitantes, sendo 4.985 na área rural e 39.143 na área urbana. A economia do município é baseada na prestação de serviço e indústria.

Figura 31 - Localização do município de Xanxerê – SC



Fonte: TOMBINI, D. A. (2015)

De acordo com o DETRAN/SC (2017) o município conta com uma frota de 35.150 veículos, sendo 18.949 automóveis, 2.173 caminhões, 4.845 caminhonetes, 114 ônibus, 131 micro-ônibus, e o restante de outros veículos, tais como utilitários, reboques e motos.

O município possui uma malha viária de 141,5 quilômetros, a qual é constituída basicamente por revestimentos do tipo asfáltico e poliédrico.

Ressalta-se que a aplicação do procedimento proposto em vias do município de Xanxerê não visou à avaliação da condição do pavimento das ruas da cidade, mas a validação do mesmo, de forma que esse procedimento poderia ser aplicado em qualquer cidade. Logo, não se tratou de um estudo de caso e sim de uma aplicação piloto.

A escolha da cidade de Xanxerê para a aplicação deste procedimento foi baseada na conveniência, facilidade de acesso, pela acessibilidade a informações relativas à malha viária e outros dados, e também em virtude da disponibilização de técnicos da prefeitura para avaliação das vias. Vale salientar ainda que o município apresentava as características necessárias a aplicação do procedimento, como a existência na cidade de vias pavimentadas com asfalto em diferentes condições de manutenção.

3.4 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS DO EXPERIMENTO

As variáveis do experimento foram discriminadas de acordo com sua relação com as respostas como variáveis primárias e secundárias.

As primárias são primordiais para a pesquisa, foram alvo das análises e base para as conclusões, estas foram divididas em variáveis de resposta e variáveis de controle. As variáveis de resposta são dependentes, ou seja, aquelas influenciadas e não controláveis diretamente, e as variáveis de controle são independentes, aquelas que afetam as variáveis dependentes, capazes de influenciar os resultados.

As variáveis secundárias não foram utilizadas diretamente nas conclusões, porém estão presentes no processo e interferem nas relações entre as variáveis de controle e de resposta. No entanto, não houve interesse nesse estudo em verificar a influência de tais fatores sobre as variáveis dependentes. Visando à redução da variabilidade inerente a essas variáveis, procedeu-se a fixação das mesmas, sendo que para isso foi definido um único nível para cada variável fixa, o qual foi mantido em todas as amostras.

As variáveis de resposta e de controle, bem como as variáveis secundárias consideradas nesse estudo são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – Variáveis do experimento

Variável	Nível proposto
... Variáveis de resposta ...	
Índice de condição do pavimento	-
Quantitativo dos defeitos (densidade)	-
Coeficiente de variação	-
Viés	-
... Variáveis de controle ...	
Técnicos avaliadores	4,00
... Variáveis mantidas fixas ...	
Extensão da unidade de amostra	20,00 metros
Metodologia e critérios de avaliação	Sempre a mesma metodologia
Tipo de revestimento	Asfalto

Fonte: Próprio autor (2017)

Durante a realização das avaliações foram tomados os devidos cuidados também para minimizar os efeitos dos fatores de ruído presentes, para reduzir a variabilidade associada a esses fatores, que poderiam causar interferências no processo. A tabela 2 apresenta a relação desses fatores e as medidas de atenuação utilizadas.

Tabela 2 – Fatores de ruído

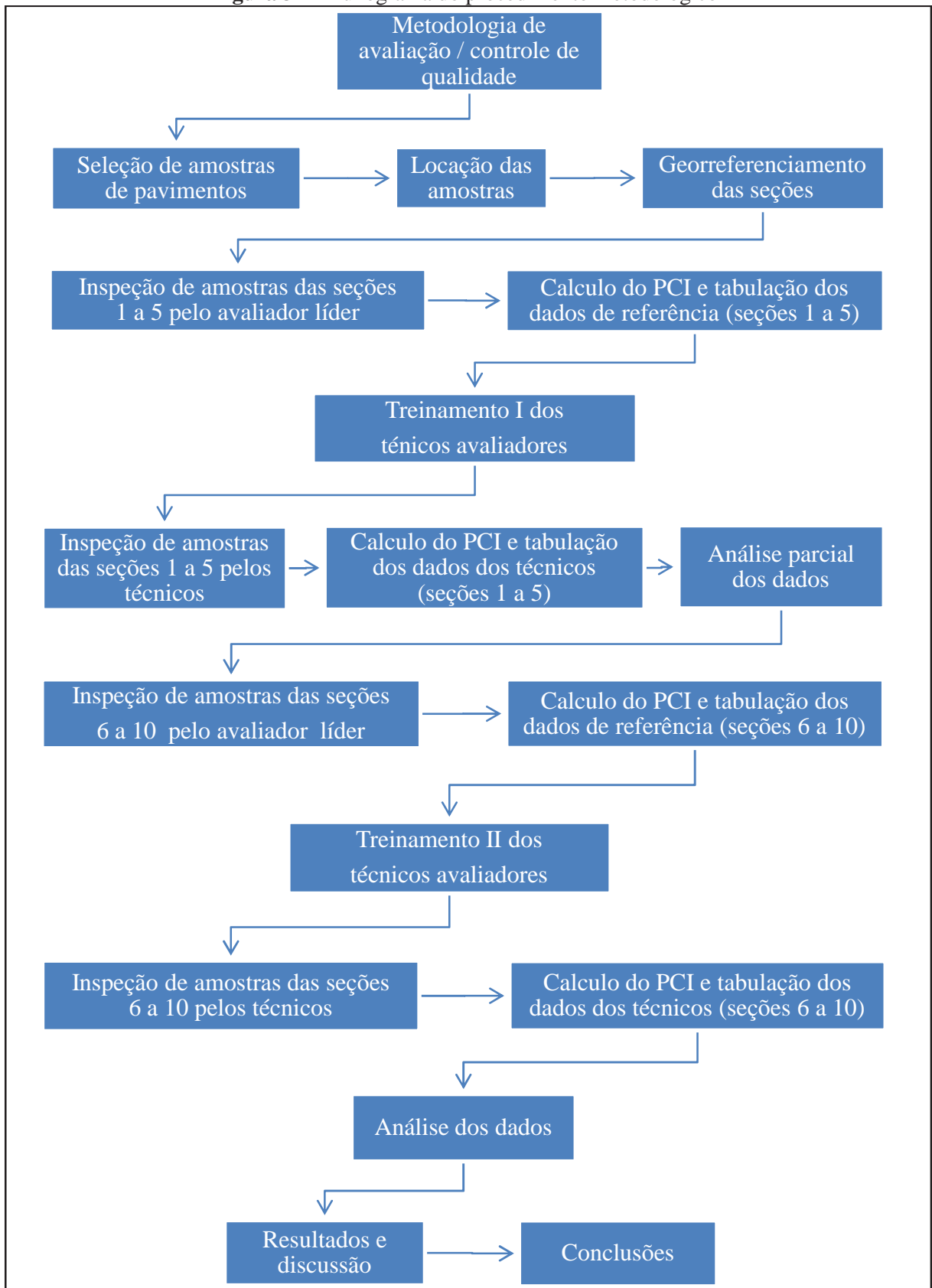
Variável	Nível proposto
Condição do pavimento	Blocagem (análise individual de cada amostra)
Tipo de defeito	Sempre a mesma metodologia
Nível de severidade dos defeitos	Sempre a mesma metodologia
Quantidade de defeitos/extensão	Aleatorização
Erro de registro e processamento	Conferência/revisão
Categoria da via	Aleatorização
Subjetividade e experiência dos avaliadores	Mesmo nível de treinamento
Condição física do avaliador	Limitação das avaliações por período
Direção da visualização da superfície do pavimento	Realizado vistoria sempre no mesmo sentido
Direção e ângulo da luz solar e sombra na pista	Delimitação dos horários das vistorias
Nível de iluminação	Vistorias apenas com presença de luz solar
Temperatura do pavimento	Delimitação de faixa de temperatura entre 10 a 35 °C
Condição do tempo e umidade	Vistorias apenas com tempo bom e pista seca

Fonte: Próprio autor (2017)

3.5 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O desenvolvimento desse estudo ocorreu a partir do atendimento sistemático de várias etapas harmonizadas, conforme apresentado no fluxograma da figura 32, que representa, de forma sucinta e cronológica, a estrutura metodológica utilizada para atendimento dos objetivos propostos nesse estudo. Na sequência serão detalhadas todas essas etapas, as quais foram atendidas para realização desse trabalho.

Figura 32 - Fluxograma do procedimento metodológico



Fonte: Próprio autor (2017)

As atividades iniciaram com a realização de uma pesquisa de literatura para determinação da metodologia de avaliação manual de pavimentos a ser utilizada na coleta de dados de defeitos em campo e também para definição dos procedimentos a serem seguidos para análise da qualidade dos dados obtidos. Após a realização da pesquisa literária foi procedida à seleção das amostras de pavimentos, bem como a locação e o georreferenciamento das mesmas.

Uma vez identificadas *in loco* as amostras a serem vistoriadas, foi realizada a inspeção das amostras das seções 1 a 5 (25 amostras) pelo avaliador líder, para obtenção dos valores de referência, sendo que logo após a coleta em campo foi realizado o cálculo do índice de condição do pavimento e tabulação dos dados obtidos.

Na sequência foi realizado o treinamento dos técnicos avaliadores, e em seguida a inspeção das amostras das seções 1 a 5 por cada um dos técnicos, sendo que posteriormente foi calculado o valor do índice de condição dos pavimentos para cada uma das amostras, para cada técnico, prosseguindo com a tabulação desses valores e posterior análise parcial dos mesmos.

A partir da realização da análise parcial dos dados coletados pelos técnicos, buscou-se a identificação das principais falhas ocorridas na primeira etapa de avaliações, por meio da comparação com os valores de controle (referência), a fim de direcionar o segundo treinamento para as principais deficiências observadas nos técnicos.

Na etapa seguinte, o avaliador líder iniciou um novo ciclo de avaliações, agora nas amostras das seções 6 a 10 (5 amostras), da mesma forma, após a coleta dos dados dessas amostras foi realizado o cálculo do índice de condição do pavimento em cada amostra e a tabulação dos dados.

Na sequência foi realizado um novo treinamento com todos os técnicos, e depois procedeu-se a avaliação das amostras das seções 6 a 10, bem como o cálculo do PCI e tabulação dos dados coletados pelos técnicos nessas amostras.

Por fim, foi realizada a análise de todos os dados e desenvolvidas as discussões e conclusões pertinentes.

3.5.1 Definição das seções de vias para treinamento e controle (amostragem)

As seções de treinamento são segmentos de vias utilizados na formação dos avaliadores para a coleta de dados, onde os técnicos aprenderam na prática os procedimentos

para a avaliação da condição dos pavimentos e familiarizaram-se com os critérios de medição apresentados pela metodologia de avaliação. Já as seções de controle são segmentos de vias utilizados para a obtenção dos dados para aplicação do procedimento de controle de qualidade proposto.

A aplicação da metodologia ocorreu em trechos de vias urbanas previamente selecionadas, a qual iniciou com a delimitação de uma região de estudo e posterior definição das seções amostrais de vias a serem avaliadas.

A avaliação foi realizada em um setor da cidade por se tratar de uma aplicação piloto, sendo assim, não era necessário que a amostragem contemplasse toda a malha viária do município, uma vez que o objetivo não era avaliar a condição dos pavimentos do município e sim validar o procedimento de controle de qualidade.

Para delimitação da região de estudo foi escolhido um ponto na área central da cidade, a partir do qual foi traçada uma circunferência com 500 metros de raio, sendo que a localização dessa área foi definida por conveniência com base em critérios que são elencados a seguir.

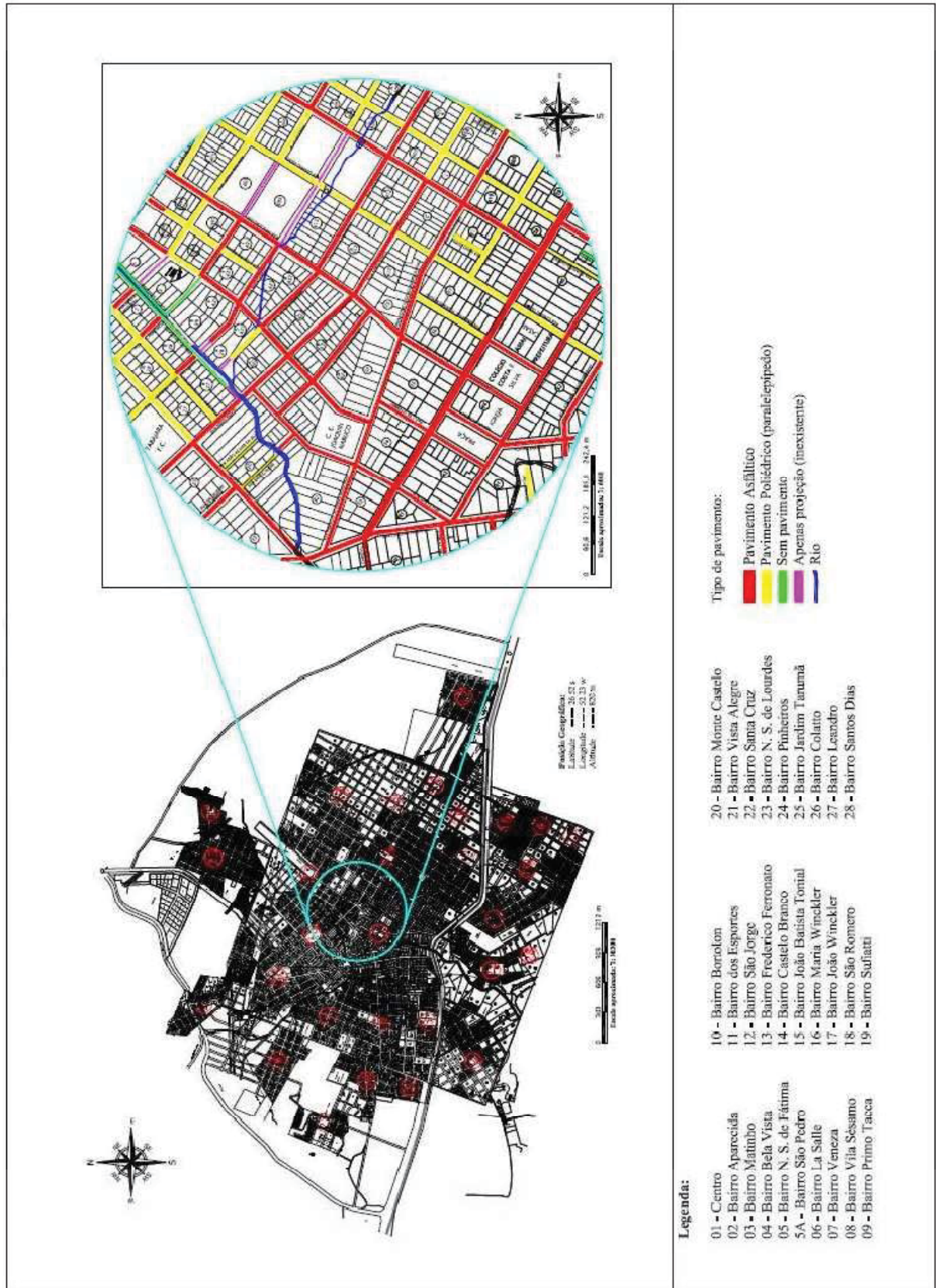
- Acessibilidade: área de fácil acesso, situada na região central, com ruas concentradas, de forma a otimizar os deslocamentos entre as seções experimentais;
- Tipo de pavimento: a região delimitada apresentava vias com revestimento asfáltico, permitindo a aplicação do procedimento;
- Condição do pavimento: o revestimento das vias situadas na região delimitada apresentava diferentes condições de manutenção, propiciando melhor análise do procedimento proposto.

A região delimitada para estudo corresponde aproximadamente a 10% da extensão da malha viária do município, sendo que a fixação do raio em 500 metros foi estabelecida para concentrar os locais de trabalho, no entanto englobou uma área mínima suficiente para a seleção das amostras necessárias a aplicação prática do procedimento.

A área delimitada para estudo, apresentada na figura 33, representa uma parcela do perímetro urbano da cidade, da qual foram selecionados os segmentos de vias urbanas inspecionados.

Somente vias com pavimento asfáltico foram levadas em consideração nesse estudo.

Figura 33 - Mapa da área urbana de Xanxerê-SC: Localização da região de estudo



Fonte: Prefeitura Municipal de Xanxerê. Organização: Próprio autor (2016)

Foram selecionadas inicialmente cinco seções para realização do primeiro ciclo de avaliações e mais duas para treinamento dos técnicos, no entanto posteriormente foram selecionadas mais cinco seções para realização de um segundo ciclo de avaliações e outras cinco para treinamento complementar dos técnicos. Essa quantidade de seções para realização do experimento foi determinada em função de restrições do experimento (tempo e recursos humanos).

Os trechos utilizados para o treinamento dos técnicos e avaliação dos pavimentos foram selecionados com base no tipo e condição do pavimento, a fim de se obter amostras que apresentassem pavimentos em diferentes condições. A seleção aleatória não foi empregada porque poderia conduzir a eleição de trechos com outro tipo de revestimento ou com pavimentos em boas condições (sem defeitos).

As amostras avaliadas para experimentação do procedimento de controle de qualidade foram obtidas de forma não probabilística, uma vez que se trata de uma aplicação piloto, e visa verificar a qualidade dos dados obtidos por diferentes avaliadores, sendo que a condição dos pavimentos nas seções selecionadas não precisava necessariamente representar a situação da malha viária do município.

Considerando os critérios para seleção das seções amostrais a serem inspecionadas (tipo e condição do pavimento), realizou-se uma vistoria prévia em todas as vias constantes na região de estudo para escolha das seções, onde por observação visual deslocando-se com veículo a cerca de 20 km/h, verificou-se o tipo de pavimento e a presença de defeitos na superfície dessas vias.

A velocidade adotada para realização dessa inspeção preliminar das vias, 20 km/h, refere-se à velocidade regulamentar das vias no local de estudo, e levou em consideração as recomendações de algumas metodologias de avaliação de pavimentos que apresentam a inspeção a bordo de veículos, as quais descrevem a avaliação trafegando em baixas velocidades ou a velocidade regulamentar da via, como é o caso da norma ASTM D6433-11, norma DNIT 008/2003 – PRO e DER/SP 2006 IP-DE-P00/004.

Segundo a metodologia de avaliação empregada nesse estudo, a extensão de cada segmento de via (amostra) deve variar em função da homogeneidade da distribuição dos defeitos, no entanto para manter a uniformidade e controle no estudo foram selecionados trechos de 100 metros para realização das inspeções do primeiro ciclo de avaliações e de 20 metros para as seções do segundo ciclo.

A localização e caracterização das seções de vias utilizadas na coleta de dados desse estudo estão apresentadas no item 4.1, capítulo de resultados e discussão, na sequência do trabalho.

3.5.2 Locação e georreferenciamento das seções

Uma vez selecionadas e identificadas às seções, foi procedida à locação e o georreferenciamento das mesmas. Primeiramente foi realizada a demarcação *in loco* dos trechos e amostras por meio de pintura com tinta no eixo da via, a cada 20,00 metros, correspondente a extensão das amostras.

Após a locação das amostras foi procedido o georreferenciamento de cada uma das seções selecionadas para o estudo, o qual ocorreu no sistema UTM (Universal Transversa de Mercator), que é baseado no plano cartesiano, utilizando como referência geodésica o SIRGAS 2000.

O objetivo do georreferenciamento foi registrar a posição de cada segmento de via amostrado, auxiliando no controle das seções estudadas e em coletas posteriores caso seja necessário, uma vez que as demarcações das vias serão perdidas ao longo do tempo.

Foram georreferenciados os pontos de início e final de cada uma das seções (obtenção das coordenadas UTM) através do método de irradiação por meio de uma estação total (aparelho de medição eletrônica de ângulos e distâncias), a partir de pontos de partida e de apoio, com precisão milimétrica (figura 34). A opção pela utilização desse tipo de equipamento (estação total) se deve ao fato de ser um equipamento preciso, de fácil acessibilidade e que permite agilidade do processo.

O georreferenciamento das seções de controle foi realizado a partir de dois pontos topográficos conhecidos (pontos de partida). Esses dois pontos foram utilizados para orientação da estação total para referenciamento das seções amostradas.

Os pontos de partida utilizados como referência nesse estudo são marcos geodésicos cadastrados no IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), órgão responsável pelas geociências no Brasil, que foram rastreados através do posicionamento por ponto preciso por meio de um GPS geodésico Topcon Hiper II. Esses pontos foram utilizados como partida para execução de uma rede de saneamento básico no município de Xanxerê e foram aproveitados nesse estudo.

Figura 34 – Georreferenciamento das seções amostradas



Fonte: Próprio autor (2016)

Considerando que as seções não eram visíveis entre si, foi necessária também a adoção de alguns pontos de apoio para auxiliar no georreferenciamento, assim, as coordenadas do ponto inicial e final de cada seção foram obtidas por meio do transporte de coordenadas a partir dos pontos de partida.

Logo após a verificação dos levantamentos realizados com a estação total, foi procedida a correção do posicionamento dos pontos iniciais e finais de cada seção *in loco*, onde foram corrigidos erros derivados da medição com trena.

3.5.3 Procedimento de coleta de dados

A coleta de dados desse estudo foi realizada por meio da aplicação sistemática da metodologia de avaliação de pavimentos da norma ASTM D6433-11 que é apresentada no item 2.5 desse trabalho (metodologia para avaliação de pavimentos flexíveis urbanos).

A escolha da metodologia da norma ASTM D6433-11 para avaliação das amostras de pavimentos desse estudo se deve, entre outros motivos, ao fato de ser uma metodologia robusta, já consagrada, capaz de fornecer bons resultados quanto à condição superficial dos pavimentos avaliados.

Também por apresentar procedimentos para avaliação superficial de pavimentos por meio de inspeção visual, considerando o tipo de defeito, sua extensão e nível de severidade, bem como cálculo do índice de condição dos pavimentos, que se enquadra aos objetivos desse trabalho, fornecendo recursos valiosos para a avaliação dos pavimentos com bom nível de detalhamento.

Outro fator considerado na escolha dessa norma como referência para coleta de dados de defeitos e condição dos pavimentos nesse estudo se deve ao fato de não requerer equipamentos dispendiosos ou restritos, nem grandes quantidades de recursos humanos e financeiros para realização das avaliações, viabilizando sua utilização.

Vale ressaltar ainda que a norma ASTM D6433-11 é uma prática padrão para avaliação superficial de pavimentos, e traz em seu corpo o método PCI, que é uma metodologia reconhecida e que é amplamente utilizada por agências gestoras de infraestruturas viárias e também em vários estudos relacionados à avaliação e gerência de pavimentos ao redor do mundo.

Antes da realização da coleta de dados em campo foram realizadas avaliações piloto em amostras de vias a fim de testar a metodologia de avaliação e de outros elementos, bem como para aperfeiçoamento do avaliador líder, responsável pela obtenção dos dados de referência do estudo.

As avaliações das amostras de pavimentos ocorreram em dois ciclos de inspeções, o primeiro refere-se as 25 amostras correspondentes as seções 1 a 5, cujos valores obtidos foram utilizados na primeira análise de dados do estudo. As avaliações dessas amostras, por sua vez, foram realizadas em duas etapas, onde na primeira as amostras das seções 1 a 5 foram inspecionadas pelo avaliador líder (responsável pelo estudo) para obtenção dos valores de referência, os quais resultaram da média de três avaliações. Na segunda etapa as avaliações foram realizadas pelos quatro técnicos previamente treinados.

O segundo ciclo de inspeções refere-se as cinco amostras correspondentes às seções 6 a 10, estas avaliações ocorreram após a análise parcial dos dados obtidos no ciclo anterior. As inspeções dessas amostras ocorreram da mesma forma que o primeiro ciclo, em duas etapas, primeiramente realizando as três inspeções do avaliador líder para obtenção dos valores de referência das amostras e depois pelos quatro técnicos, após treinamento complementar dos mesmos.

As avaliações do pavimento das amostras selecionadas para os dois ciclos de coleta de dados (trinta amostras) foram realizadas por meio de inspeções visuais por caminhamento,

onde em cada unidade de amostragem o avaliador identificou e registrou manualmente, nos formulários de campo impressos, os defeitos existentes na superfície dos pavimentos, considerando o tipo, a severidade e a quantidade ou extensão, de acordo com a metodologia de avaliação utilizada.

Conforme o tipo de defeito observado na superfície do pavimento era determinado à severidade e a extensão do mesmo por meio de medição com auxílio de uma roda de medição digital, além de outros instrumentos, como trena de mão e régua de alumínio (figuras 35 e 36).

Figura 35 – Verificação da severidade de defeitos na superfície do pavimento



Fonte: Próprio autor (2016)

Figura 36 – Medição da extensão de defeitos na superfície do pavimento



Fonte: Próprio autor (2016)

Em cada segmento de via foram avaliadas apenas as faixas de rolamento, assim, não foram verificadas as faixas de estacionamento de veículos nas laterais das vias.

A sequência para realização das inspeções foi definida aleatoriamente por meio de sorteio. Inicialmente foram sorteadas as seções referentes ao primeiro ciclo de avaliações (seções 1 a 5) e posteriormente as seções inspecionadas no segundo ciclo de avaliações (seções 6 a 10).

Cada unidade de amostra foi avaliada individualmente, sendo que para cada uma os avaliadores preenchem um formulário de campo, onde eram registradas as informações relativas ao técnico, à unidade de amostra e seção, bem como dados referentes aos defeitos observados, indicando o tipo, severidade e a extensão. Ainda no formulário era elaborado um croqui da seção com a locação esquemática dos defeitos encontrados.

No momento da inspeção de cada amostra também foi registrado no formulário de campo a temperatura da superfície do pavimento, obtida por meio de um termômetro digital infravermelho com mira laser (figura 37), bem como a data e o horário de início e término da inspeção de cada amostra.

Vale salientar que a temperatura do pavimento foi verificada sempre pelo avaliador líder, mesmo quando ocorreram as avaliações dos demais técnicos.

Figura 37 – Registro da temperatura do pavimento



Fonte: Próprio autor (2016)

O formulário de avaliação empregado nas inspeções das amostras desse estudo foi desenvolvido a partir da adaptação de Trombetta (2010) e ASTM (2015). No apêndice 3 encontra-se um formulário de campo preenchido com dados de uma das amostras inspecionadas nesse estudo, os demais são semelhantes, divergindo em função das ocorrências de defeitos.

A inspeção de cada amostra foi realizada apenas por um avaliador por vez, sendo que o avaliador líder realizou três vistorias em cada unidade de amostragem, e os demais avaliadores realizaram apenas uma vistoria em cada amostra. As repetições dos inquéritos do avaliador líder em uma mesma amostra foram realizadas sempre em dias diferentes, sendo

que primeiramente procedeu-se a inspeção de todas as amostras da seção, para posteriormente realização da segunda e terceira avaliações, para cada ciclo separadamente.

Todos os avaliadores utilizaram trena de mão e régua para apoiar a determinação da extensão e do nível de severidade dos defeitos observados, entretanto, o avaliador líder procedeu a inquéritos mais minuciosos. Ao passo que os técnicos levaram em média 12,15 minutos para inspecionar cada amostra, o avaliador líder levou em média 41,08 minutos, evidenciando-se o grau de acurácia em relação aos demais técnicos (tempo referente ao primeiro ciclo de avaliações).

O sentido do caminhamento durante as inspeções de campo foi sempre o mesmo para todos os avaliadores, para cada uma das amostras.

Todas as inspeções foram realizadas com base na mesma metodologia de avaliação.

O processo de coleta de dados ocorreu em um período de cerca de seis meses, sendo que as avaliações iniciaram no dia 31 de maio de 2016 e foram concluídas no dia 09 de dezembro do mesmo ano.

Todas as inspeções ocorreram em dias com condição climática favorável (tempo bom), com boa luminosidade (presença de luz solar) e pista seca. Em sua grande maioria, as amostras foram avaliadas entre às 14:00 e às 17:30 horas, excepcionalmente foram realizadas avaliações no período da manhã, entre as 8:00 e às 12:00 horas.

Após a coleta de dados em campo foram procedidos os cálculos dos índices de condição dos pavimentos para cada unidade de amostragem.

Os índices de condição do pavimento (PCI) das amostras avaliadas foram calculados conforme descrito no item 2.5.5 “cálculo do índice de condição do pavimento” da metodologia de avaliação utilizada nesse estudo. No apêndice 4 é apresentada uma das planilhas de cálculo do índice de condição do pavimento elaboradas nesse estudo, referente a uma das amostras avaliadas, sendo que as demais não foram apresentadas por serem todas iguais, divergindo apenas em função das ocorrências de defeitos.

Vale ressaltar que para cada amostra, para cada avaliação, foi elaborado um formulário de campo e uma planilha para o cálculo do PCI, sendo no total 210 unidades de cada.

Após o cálculo do PCI de cada amostra avaliada, procedeu-se a classificação da condição do pavimento por meio do enquadramento do índice obtido na escala apresentada na figura 1 desse trabalho, para determinação do conceito do pavimento de forma descritiva.

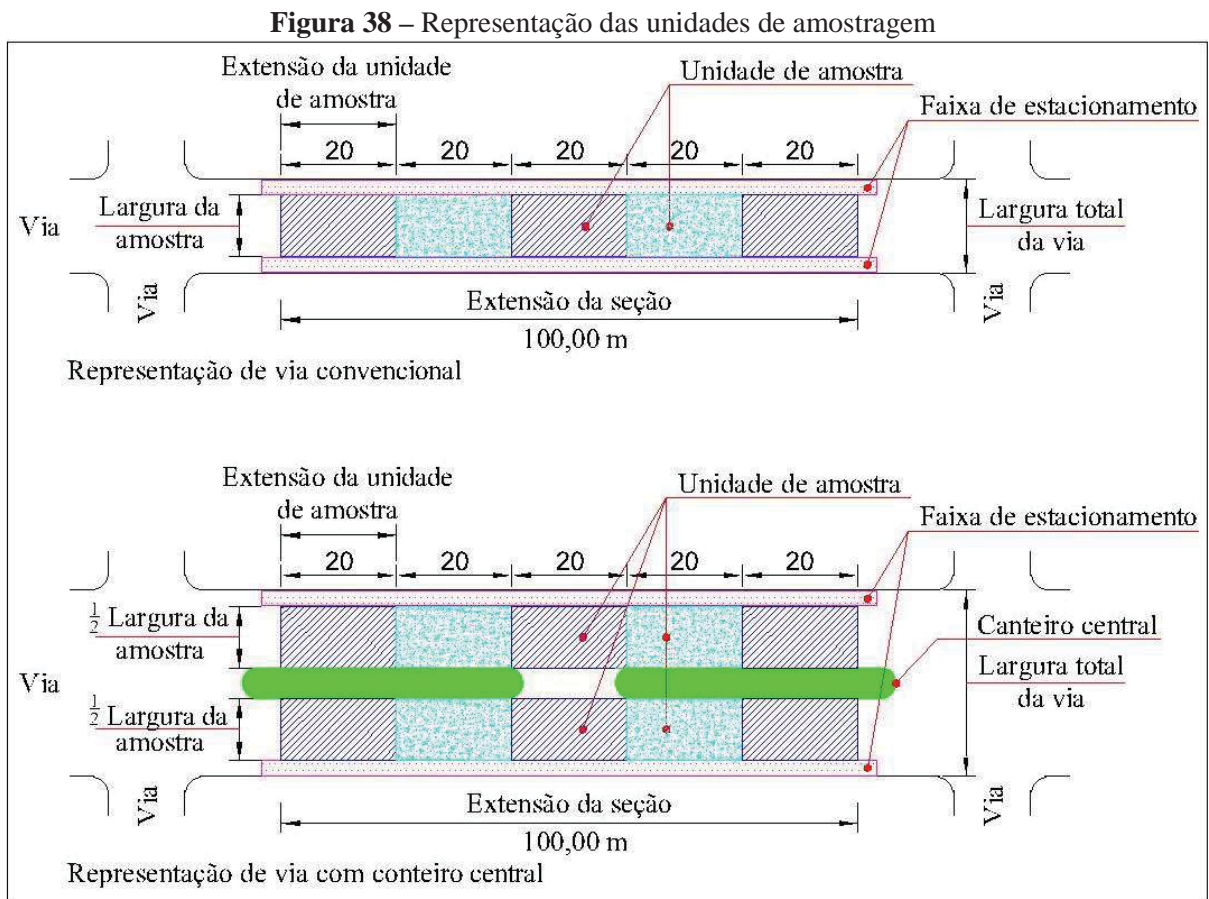
3.5.3.1 Unidades de amostragem

As avaliações em campo ocorreram a partir da inspeção das unidades de amostragem selecionadas e preparadas previamente. Sendo que unidade de amostra é a parcela da seção de controle que foi avaliada independentemente das demais, as quais tinham 20 metros de extensão por nove metros de largura (correspondente as faixas de rolamento da via), portanto, contendo 180,00 metros quadrados cada uma. Foi adotada a extensão de 20 metros para atender aos limites especificados pela ASTM (2015) quanto a área das amostras.

Considerando que as seções amostradas para o primeiro ciclo de avaliações tinham 100 metros de extensão, foram cinco unidades de amostragem em cada segmento de via. Já para o segundo ciclo de avaliações foram selecionadas mais cinco seções, no entanto estas de apenas 20 metros de extensão, equivalente a uma amostra.

Sendo assim, foram avaliadas 30 amostras de pavimentos, sendo 25 no primeiro ciclo de avaliações e cinco no segundo.

Na figura 38 pode ser visualizada a representação da subdivisão das seções em unidades de amostragem.



Fonte: Próprio autor (2016).

3.5.3.2 Materiais e equipamentos

Para realização das coletas de dados desse estudo, auxiliando nas avaliações em campo, na determinação dos níveis de severidade de alguns defeitos e na medição da extensão ou área dos defeitos observados durante as inspeções do pavimento das amostras, foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos:

- Estação total;
- Roda de medição;
- Termômetro digital infravermelho com mira laser;
- Trena de mão de 5,00 metros;
- Régua de alumínio de 2,00 metros;
- Tinta branca tipo spray;
- Cone de sinalização;
- Formulário de campo em formato impresso;
- Materiais de escritório (prancheta, caneta e outros).

A estação total (aparelho de medição eletrônica de ângulos e distâncias) utilizada nesse estudo para realização do georreferenciamento das seções é da marca Geodetic, modelo GD5, com precisão angular de 5" e 2mm+2ppm (figura 39).

Figura 39 – Estação total Geodetic GD5



Fonte: Próprio autor (2016)

A roda de medição digital usada nos levantamentos de campo é da marca Cintrax, modelo Tr10d, com precisão de $\pm 1\%$ (figura 40), e o termômetro digital utilizado é do tipo infravermelho com mira laser, da marca Benetech, modelo GM300, com precisão de $\pm 1,5\%$ (figura 41).

Os demais materiais relacionados utilizados nas avaliações podem ser observados na figura 42.

Figura 40 – Roda de medição digital Cintrax Tr10d



Fonte: Próprio autor (2016)

Figura 41 – Termômetro digital infravermelho Benetech GM300



Fonte: Próprio autor (2016)

Figura 42 – Materiais utilizados nas avaliações das amostras de pavimento



Fonte: Próprio autor (2016)

3.5.3.3 Avaliação das seções de controle pelo avaliador líder

O avaliador líder foi o responsável pela coleta dos dados de controle utilizados como referência nas análises realizadas nesse estudo, sendo este o próprio autor, embora seja mais criterioso a obtenção de valores de referência a partir do consenso de uma comissão de avaliadores experientes, tal conjuntura não foi possível devido à impossibilidade de reunir uma equipe de profissionais com tal capacitação para a coleta desses dados.

Vale destacar que o avaliador líder deve ser capaz de obter dados de alta qualidade, sendo que para isso o mesmo deve possuir amplo conhecimento da técnica ou metodologia de avaliação a ser empregada, experiência na avaliação de pavimentos, além de realizar interpretações uniformes e consistentes durante as avaliações, ou seja, ter precisão e exatidão, bem como apresentar dados confiáveis, aferidos com base em critérios específicos de aceitação.

A avaliação das amostras foi sempre realizada primeiramente pelo avaliador líder, a fim de obter os dados de controle do estudo. Assim, tão logo foram identificadas e demarcadas *in loco* as unidades de amostragem, iniciou-se a inspeção pelo avaliador líder. O mesmo realizou inquérito minucioso dos defeitos existentes na superfície do pavimento, onde foram verificados os defeitos considerados pela metodologia de avaliação utilizada nesse estudo.

Para quantificação dos defeitos o avaliador líder utilizou instrumentos de medição como régua, trena de mão e roda de medição para mensuração da extensão ou área do defeito, bem como para caracterização do nível de severidade.

Ressalta-se que os dados obtidos pelo avaliador líder nas seções de controle foram considerados como valores de referência e utilizados como substitutos ao “terreno verdadeiro” (*ground true*) nesse estudo.

Os dados obtidos pelo avaliador líder foram considerados como referência por terem sido obtidos a partir da média de três inspeções minuciosas da superfície do pavimento de cada amostra (avaliação seguida de duas “repetições” ou releituras), onde a extensão dos defeitos e a severidade foram determinados por meio de instrumentos de medição, bem como por terem sido coletados por um avaliador com maior afinidade com a metodologia de avaliação utilizada e também com mais experiência.

Estes valores médios (referência) foram utilizados na comparação dos dados obtidos pelos técnicos treinados.

Vale salientar ainda que não houve repetição real na realização das avaliações, isso porque os resultados das repetições de tratamento (cada técnico) em um mesmo bloco (amostra) seriam influenciados pelo conhecimento prévio da condição da amostra (avaliação anterior), o que tornaria os dados dependentes e tal fator não poderia ser isolado nesse experimento, gerando confundimento dos efeitos dos técnicos na variabilidade e viés dos dados. Também porque não foi possível a seleção de amostras com condição de pavimentos e tipos e quantidades de defeitos tão próximos que pudessem ser consideradas como iguais para assim caracterizar uma repetição.

Apenas o avaliador líder fez leituras repetidas na mesma unidade de amostra (três) para obtenção dos dados de controle. No entanto, foram consideradas como repetições os próprios blocos (cada unidade de amostra de 20 metros).

3.5.3.4 Treinamento e inspeção das seções de controle pelos técnicos avaliadores

No intuito de atender ao propósito do presente estudo e testar o procedimento de controle de qualidade proposto por meio da verificação da variabilidade e viés dos dados coletados por diferentes avaliadores, quatro técnicos realizaram a inspeção das mesmas amostras vistoriadas pelo avaliador líder, utilizando-se da mesma metodologia de avaliação.

Desses técnicos, dois tinham afinidade e conhecimento acerca de pavimentação asfáltica em sua formação básica e dois não tinham nenhum conhecimento ou formação na área. Os quatro técnicos foram denominados de avaliador 1, avaliador 2, avaliador 3 e avaliador 4, sendo que os mesmos fazem parte do quadro de funcionários da Prefeitura Municipal de Xanxerê.

O avaliador 1 não possui graduação, apenas primeiro grau completo, sendo que este é funcionário efetivo da Prefeitura de Xanxerê há 23 anos, e atua como auxiliar técnico no Setor de Engenharia, onde presta serviços de fiscalização de obras civis (construção de edificações) e de auxiliar de topografia.

O avaliador 2 tem formação básica em engenharia civil, sendo formado a cerca de 15 anos e a 12 integra o quadro técnico da Prefeitura de Xanxerê. Esse técnico além de outras ocupações atua na elaboração de projetos e fiscalização de obras de pavimentação asfáltica no município.

O avaliador 3 possui graduação, no entanto sua formação é distinta da área de estudo, não tendo nenhuma familiaridade com pavimentação. O mesmo integra o quadro técnico da Prefeitura de Xanxerê há 15 anos e também está lotado no setor de engenharia.

Já o avaliador 4 também é formado em engenharia civil, tendo concluído a graduação a cerca de 2 anos, no entanto integra o quadro de funcionários da Prefeitura de Xanxerê a 6 anos, sendo lotado no Setor de Engenharia. Este profissional atua na elaboração de projetos, na execução e na fiscalização de obras de pavimentação asfáltica, bem como serviços topográficos, entre outros.

Buscou-se a distinção de formação ou nível de estudo entre os técnicos intencionalmente a fim de analisar se existiria alguma influência do conhecimento primitivo (formação ou experiência) nos resultados obtidos pelos técnicos. Desta forma, participaram das avaliações dois engenheiros civis que atuam na área de pavimentação asfáltica e dois técnicos que não tem formação na área, nem experiência alguma em pavimentação.

Antes do início das avaliações foi realizado o primeiro treinamento dos técnicos, o qual ocorreu em dois momentos. Inicialmente foi ministrado pelo avaliador líder um minicurso teórico em ambiente fechado (sala de aula) com duração de 6 horas, com explanação e apresentação em meio digital, com o auxílio da ferramenta Power Point, da metodologia utilizada na avaliação dos pavimentos, expondo os critérios a serem avaliados, tipos de defeitos e severidade, procedimentos de avaliação e medição, entre outras

informações pertinentes, a fim de instruir os técnicos sobre a metodologia de avaliação da condição dos pavimentos.

Em um segundo momento foi realizado um treinamento em campo, em seções de vias previamente selecionadas, com duração de 6 horas, onde a metodologia de avaliação foi explicada de forma prática, sendo que para esse treinamento não foram utilizadas nenhuma das seções que foram posteriormente avaliadas pelos técnicos.

Assim, o primeiro treinamento teve uma carga horária total de 12 horas e foi realizado com todos os técnicos simultaneamente, de forma que todos receberão o mesmo nível de instrução.

Após os quatro técnicos designados terem recebido o treinamento, procedeu-se a avaliação das 25 amostras das seções 1 a 5 pelos mesmos. Essas avaliações também ocorreram por caminhamento e inspeção visual da superfície das amostras, registrando-se as ocorrências (defeitos) em formulários.

As amostras das seções de controle foram inspecionadas individualmente por cada técnico, de forma que os mesmos não tinham conhecimento prévio da localização das amostras, nem dos dados e ou resultados obtidos pelos demais avaliadores, tão pouco dos dados de referência, obtidos pelo avaliador líder, a fim de evitar possíveis influências e assim contaminação dos resultados.

Uma vez realizadas as inspeções das amostras das seções 1 a 5 pelos quatro técnicos, procedeu-se a análise dos dados coletados nessa primeira etapa de avaliações, onde foram constatadas falhas ou problemas de inconsistência, principalmente com relação a definição dos tipos de defeitos, quantidades e nível de severidade.

Dessa forma, buscando o aperfeiçoamento dos técnicos, foi realizado um segundo treinamento, o qual também ocorreu em duas etapas, sendo a primeira teórica, em sala de aula, com duração de 4 horas, seguido de treinamento prático com duração de 8 horas, com foco basicamente nas falhas mais recorrentes no primeiro ciclo de avaliações.

Após a realização do segundo treinamento, com carga horária de 12 horas, os técnicos procederam à avaliação de mais cinco amostras, nas seções 6 a 10 (uma em cada seção), no intuito de possibilitar a verificação da evolução conseguida com o treinamento complementar e a experiência adquirida nas seções inspecionadas anteriormente e nas avaliações piloto realizadas durante o treinamento prático.

O objetivo dos dois treinamentos foi instruir os avaliadores na utilização da metodologia de avaliação (procedimento padrão) visando interpretações uniformes dos

defeitos presentes na superfície dos pavimentos e a consistência dos resultados entre os avaliadores.

3.5.4 Análise dos dados

O procedimento para controle de qualidade aplicado a inspeção visual de pavimentos flexíveis urbanos proposto nesse trabalho está baseado na análise dos dados de defeitos e condição de pavimentos (PCI) a partir do estudo da variabilidade (precisão) associada aos dados coletados por diferentes avaliadores e também do viés (exatidão) em relação a valores de referência (controle), a fim de verificar a confiabilidade dos dados e também dos técnicos avaliadores.

Para verificação da consistência e uniformidade dos dados levantados em campo foi utilizado o coeficiente de variação como indicador para verificação da precisão do grupo (variabilidade) e o desvio viés para verificação da exatidão dos valores obtidos pelos técnicos em suas avaliações em relação aos valores de referência.

Foram realizadas comparações para verificação da magnitude da precisão e viés dos dados obtidos pelo grupo de técnicos utilizando os valores de índice de condição do pavimento (PCI) das amostras, bem como os dados de quantidade total de defeitos (somatório das ocorrências em todos os níveis de severidade) e também as quantidades individuais, em cada nível de severidade, para cada um dos defeitos encontrados na superfície de cada amostra.

As análises realizadas a partir das comparações de dados ocorreram apenas dentro de cada unidade de amostra, ou seja, não foram feitas comparações entre amostras (blocagem), devido às diferenças na condição do pavimento e nos tipos e quantidades de defeitos entre as diferentes amostras. Essa situação havia sido observada antes mesmo do início do primeiro ciclo de coleta de dados, por meio de avaliações piloto realizadas pelo avaliador líder.

Assim, uma vez realizadas as inspeções e os cálculos do índice de condição dos pavimentos de todas as amostradas, para todos os avaliadores, bem como a tabulação desses dados, foi procedida à análise dos mesmos.

Foi realizada a análise descritiva e gráfica dos dados, sendo que primeiramente foram estudados os valores de PCI, e em seguida foi realizada a análise dos dados de quantidades totais de cada defeito observado (desprezando-se a severidade), e por fim foi procedida a

análise de quantidades individuais de defeitos em cada nível de severidade encontrado, para cada amostra individualmente.

Em cada um desses três conjuntos de dados (PCI, quantidades totais e quantidades individuais dos defeitos) foram realizadas análises dentro do grupo de avaliadores (análise da variabilidade), entre o grupo (média) e os valores de referência (viés do grupo) e também entre cada avaliador (individualmente) em relação aos dados de controle (viés de cada técnico).

A primeira análise foi realizada por meio da comparação dos índices de condição do pavimento obtidos nos quatro tratamentos (cada técnico) em cada unidade de amostra do primeiro ciclo de avaliações, referentes ao treinamento I dos técnicos (25 amostras das seções 1 a 5), onde foi comparado o valor do PCI encontrado por cada avaliador com a média do grupo para verificação da variabilidade associada aos dados (precisão).

Em uma segunda análise foram comparados os dados de PCI individuais de cada técnico e também a média do grupo com os valores de referência para verificação do desvio viés dos dados (exatidão).

Após a análise dos dados de PCI referentes às amostras do primeiro ciclo de avaliações, procedeu-se a avaliação dos índices de condição do pavimento obtidos em cada unidade de amostra do segundo ciclo de avaliações, referentes ao treinamento II dos técnicos (cinco amostras das seções 6 a 10), onde foram realizadas as mesmas comparações, inicialmente do valor de PCI de cada avaliador com a média do grupo, para verificação da precisão e em seguida para os dados individuais de cada técnico e também a média do grupo com os valores de referência para verificação do desvio viés dos dados.

Uma vez procedida à análise da precisão e viés (exatidão) associados aos dados de PCI referente às amostras inspecionadas no primeiro e segundo ciclo de avaliações separadamente, realizou-se uma análise comparativa entre os dados de PCI obtidos nas duas etapas de coletas, o que permitiu a verificação da qualidade dos dados (precisão e exatidão) em relação à evolução do treinamento e prática dos técnicos.

Na sequência, após a análise de todos os dados de PCI, para os dois ciclos de avaliações e comparação entre os mesmos, realizou-se outra análise, agora utilizando os dados de defeitos (quantidades totais e individuais) utilizados no cálculo dos índices de condição do pavimento de cada amostra.

A análise da precisão e viés dos dados de defeitos foi realizada da mesma forma como procedido para os valores de PCI. Primeiramente para os dados de quantidade total de cada defeito e posteriormente para os dados de quantidade individuais.

Por fim, outra análise realizada foi para verificar a aceitação do conjunto de dados, do grupo e de cada técnico individualmente. A mesma foi procedida a partir do enquadramento dos resultados obtidos no limite de aceitação estabelecido, no caso desse estudo de 5%, de maneira que no máximo 5% dos dados poderiam ser considerados imprecisos ou inexatos para aceitação de cada conjunto de dados e também dos técnicos.

A análise dos dados visou à verificação da variabilidade e da concordância dos valores dos índices de condição do pavimento e quantidades de defeitos obtidos pelos técnicos nas avaliações de campo, para o controle de qualidade dos dados coletados e para aceitação ou não dos conjuntos de dados, bem como aprovação ou não de cada técnico avaliador.

3.5.5 Critérios para verificação da qualidade e aceitação dos dados

Para realização da análise da precisão e viés associada aos dados desse estudo, foi necessária a adoção de limites de tolerância e aceitabilidade, a partir dos quais os valores obtidos seriam considerados imprecisos ou inexatos, bem como inadequados para utilização em tomadas de decisão.

Para a verificação da precisão foi definido o limite de tolerância como sendo um valor de coeficiente de variação de 30%, tanto para os valores de PCI como para as quantidades de defeitos. Já para tolerância na verificação do desvio viés (exatidão), foi utilizado um limite de ± 8 PCI para análise dos dados de índices de condição do pavimento e um limite de $\pm 20\%$ dos valores de referência para os dados de quantidades de defeitos. Estes limites foram definidos a partir da literatura e metodologias utilizadas ao redor do mundo.

Com relação aos limites para avaliação da precisão e a exatidão (viés) dos dados de condição de pavimentos, não existe um consenso na literatura. Os autores divergem em relação ao cálculo dos valores limites para análise da precisão e exatidão dos dados.

Nesse sentido, definindo os limites empregados nesse estudo, a norma ASTM D6433-11 traz em seu corpo o limite de 20% para aceitação do desvio de medidas de áreas de defeitos. Rada et al. (1998) em seu estudo concluiu que o coeficiente de variação de 30% ou mais são comuns para variabilidade de quantidades de defeitos de pavimentos levantados por diferentes avaliadores, sendo que seu estudo foi desenvolvido com dados obtidos por

avaliadores em processo de certificação da *Federal Highway Administration* (FHWA) para o programa *Long-Term Pavement Performance* (LTPP).

Ainda, Tan e Cheng (2014) apresentam o programa de garantia de qualidade desenvolvido pela *Metropolitan Transportation Commission* (MTC), que auxilia na avaliação de pavimentos das 109 cidades e condados na área da Baía de San Francisco. A MTC tem um programa para certificação de avaliadores onde o desvio aceitável dos valores de PCI é de ± 8 PCI para certificação dos avaliadores.

Os limites apresentados anteriormente estão relacionados ao enquadramento dos dados individuais (cada amostra) a fim de determinar, no caso desse estudo, se os mesmos são precisos ou não, bem como se são exatos ou não. Entretanto, outra análise realizada foi para verificar a aceitação do conjunto de dados, sendo que para isso adotou-se um limite de 5% de tolerância. Assim, não mais que 5% dos dados poderiam estar fora dos limites de tolerância para o coeficiente de variação e desvio viés, em outras palavras, em 95% do tempo os dados coletados deveriam estar dentro dos limites estabelecidos para aceitação do conjunto de dados.

Esse limite foi definido a partir das recomendações da ASTM D6433-11 e também a partir de revisão de literatura, onde foram verificados os limites utilizados por outros autores em estudos similares, dentre estes citamos Bianchini, Bandini e Smith (2010).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo são apresentados os resultados obtidos nesse estudo, iniciando com a caracterização das seções de vias selecionadas para a coleta de dados, seguido da apresentação dos dados obtidos nas avaliações do pavimento nas unidades de amostragem. Ainda nesse capítulo são apresentadas as discussões a cerca dos dados coletados pelos diferentes técnicos e também referentes aos resultados obtidos nas análises dos mesmos.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS SEÇÕES AMOSTRADAS

As avaliações para coleta de dados ocorreram em dez trechos de vias urbanas que foram selecionados sistematicamente em função da condição superficial do pavimento, os quais foram subdivididos em 30 segmentos de 20 metros (unidades de amostragem), sendo que 25 amostras foram utilizadas no primeiro ciclo de avaliações e cinco no segundo.

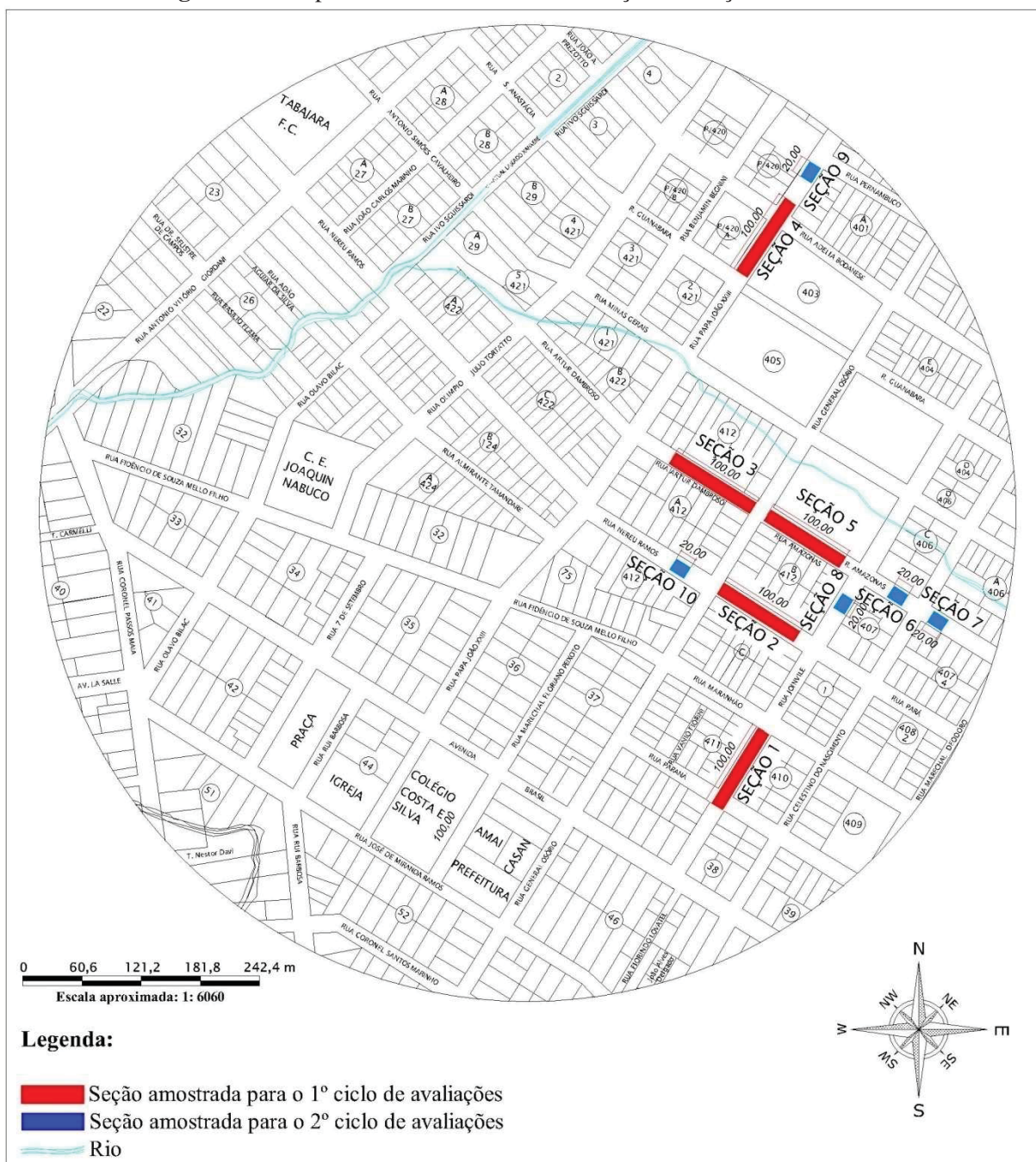
As seções selecionadas para realização das avaliações (seções de controle) estão relacionadas e caracterizadas de forma resumida no quadro 3, sendo que a localização das mesmas pode ser observada no mapa da área urbana em estudo apresentado na figura 43.

Quadro 3 - Caracterização das seções amostradas

Nº Seção	Nome da via	Largura (m)	Extensão da via (m)		Nº de amostras	Ciclo de avaliação
			Total	Seção		
Seção 1	Rua Joinvile	14	778,30	100	5	1
Seção 2	Rua Nereu Ramos	14	1.439,20	100	5	
Seção 3	Rua Artur Dambroso	15	346,40	100	5	
Seção 4	Rua Papa João XXIII	14	927,4	100	5	
Seção 5	Rua Amazonas	15	1017,50	100	5	
Seção 6	Rua Amazonas	15	1017,50	20	1	2
Seção 7	Rua Amazonas	15	1017,50	20	1	
Seção 8	Rua Joinvile	14	778,30	20	1	
Seção 9	Rua Papa João XXIII	14	927,4	20	1	
Seção 10	Rua Nereu Ramos	14	1.439,20	20	1	

Fonte: Próprio autor (2017)

Figura 43 - Mapa da área de estudo: Localização das seções amostradas



Fonte: Prefeitura Municipal de Xanxerê-SC. Organização: Próprio autor (2017).

Na sequência é apresentado o detalhamento de cada uma das seções inspecionadas.

Vale destacar que as amostras avaliadas no segundo ciclo de avaliações, constante das seções 6 a 10, foram selecionadas nas mesmas vias das seções 1 a 5, porém em trechos distintos, a fim de permitir avaliações independentes daquelas realizadas no primeiro ciclo de avaliações.

Seção 1 – Rua Joinvile

A seção 1 está localizada na rua Joinvile, no trecho compreendido entre as ruas Paraná e Maranhão no centro da área urbana do município de Xanxerê (figura 43) e possui 100 metros de extensão.

Essa via tem uma caixa de rua de 20 metros, sendo nove metros de pista de rolamento, cinco metros correspondentes as duas faixas de estacionamento em paralelo nas laterais e seis metros de passeio. A mesma apresenta duas faixas de rolamento, onde o fluxo de veículos ocorre em mão dupla, ou seja, nos dois sentidos (figura 44).

Conforme o Departamento de Transito da Prefeitura Municipal de Xanxerê, levando em consideração as características do tráfego de veículos, a rua Joinvile é uma via de trânsito local.

Figura 44 – Vista da rua Joinvile: seção 1



Fonte: Próprio autor (2016)

Os pontos que delimitam a seção 1 estão situados nas coordenadas UTM E=360.973,90m e N=7.026.600,46m (ponto inicial) e UTM E=360.946,93m e N=7.026.500,46m (ponto final).

Seção 2 – Rua Nereu Ramos

A seção 2 está localizada na rua Nereu Ramos, no trecho compreendido entre as ruas Joinvile e General Osório, na região central da cidade (figura 43) e tem 100 metros de extensão.

Essa via possui uma caixa de rua de 20 metros, sendo nove metros de pista de rolamento, cinco metros para duas faixas de estacionamento em paralelo, e seis metros corresponde as duas faixas de passeio nas laterais da via. A referida via apresenta duas faixas de rolamento, onde o fluxo de veículos ocorre nos dois sentidos (figura 45).

Segundo o Departamento de Trânsito da Prefeitura Municipal de Xanxerê a rua Nereu Ramos, em função das características do tráfego de veículos, é classificada como uma via coletora.

Figura 45 – Vista da rua Nereu Ramos: seção 2



Fonte: Próprio autor (2016)

Os pontos que delimitam a seção 2 estão situados nas coordenadas UTM E=360.972,75m e N=7.026.713,81m (ponto inicial) e E=360.872,75m e N=7.026.740,85m (ponto final).

Seção 3 – Rua Artur Dambroso

A seção 3 está localizada na rua Artur Dambroso, no trecho compreendido entre as ruas General Osório e Papa João XXIII, no centro da cidade (figura 43) e possui 100 metros de extensão.

Essa via tem uma caixa de rua de 20 metros, sendo nove metros de pista de rolamento, seis metros que correspondem a duas faixas de estacionamento em paralelo, e cinco metros de passeio. A via apresenta duas faixas de rolamento, sendo que o fluxo de veículos ocorre em mão dupla (figura 46).

De acordo com a classificação do Departamento de Trânsito da Prefeitura Municipal de Xanxerê, a rua Artur Dambroso é uma via de trânsito local.

Figura 46 – Vista da rua Artur Dambroso: seção 3



Fonte: Próprio autor (2016)

Os pontos que delimitam a seção 3 estão situados nas coordenadas UTM E=360.887,24m e N=7.026.844,45m (ponto inicial) e E=360.787,24m e N=7.026.871,92m (ponto final).

Seção 4 – Rua Papa João XXIII

A seção 4 está localizada na rua Papa João XXIII, no trecho compreendido entre as ruas Pernambuco e Guanabara, situado no bairro dos Esportes (figura 43) e tem 100 metros de extensão.

Essa via possui uma caixa de rua de 20 metros, sendo nove metros de pista de rolamento, cinco metros correspondentes as duas faixas de estacionamento em paralelo, um metro e quarenta centímetros referente ao canteiro central, uma vez que se trata de uma avenida, e quatro metros e sessenta centímetros de passeio. A mesma tem duas faixas de rolamento, sendo que o fluxo de veículos ocorre em sentido duplo (figura 47).

Conforme o Departamento de Trânsito da Prefeitura Municipal de Xanxerê, considerando as características do tráfego de veículos, a rua Papa João XXIII é uma via coletora.

Figura 47 – Vista da rua Papa João XXIII: seção 4



Fonte: Próprio autor (2016)

Os pontos que delimitam a seção 4 estão situados nas coordenadas UTM E=360.830,29m e N=7.027.194,87m (ponto inicial) e E=360.798,88m e N=7.027.094,87m (ponto final).

Seção 5 – Rua Amazonas

A seção 5 está localizada na rua Amazonas, que é continuação da rua Artur Dambroso, mudando apenas de nome a partir desse trecho. A referida seção compreende o trecho entre as ruas Joinville e General Osório, estando situado na área central da cidade (figura 43), sendo que também possui 100 metros de extensão.

Essa via tem uma caixa de rua de 20 metros, sendo nove metros de pista de rolamento, seis metros que correspondem a duas faixas de estacionamento em paralelo, e cinco metros de passeio distribuídos igualmente nas duas laterais da via. O fluxo de veículos ocorre nos dois sentidos (figura 48).

Segundo a classificação do Departamento de Trânsito da Prefeitura Municipal de Xanxerê a rua Amazonas é caracterizada como de trânsito local.

Os pontos que delimitam a seção 5 estão situados nas coordenadas UTM E=361.000,38m e N=7.026.812,61m (ponto inicial) e E=360.900,38m e N = 7.026.839,39m (ponto final).

Figura 48 – Vista da rua Amazonas: seção 5



Fonte: Próprio autor (2016)

Seção 6 – Rua Amazonas

A seção 6 está localizada na rua Amazonas, no trecho entre as ruas Joinvile e Celestino do Nascimento, estando situada na área central da cidade (figura 43). A mesma possui 20 metros de extensão, e pode ser visualizada na figura 49.

Figura 49 – Vista da rua Amazonas: seção 6



Fonte: Próprio autor (2016)

Os pontos que delimitam a seção 6 estão situados nas coordenadas UTM E=361.074,68m e N=7.026.790,96m (ponto inicial) e E=361.094,68m e N=7.026.785,63m (ponto final).

Seção 7 – Rua Amazonas

A seção 7 também está localizada na rua Amazonas, no entanto no trecho entre as ruas Celestino do Nascimento e Marechal Deodoro (figura 43). A mesma está situada na área central da cidade, e possui 20 metros de extensão.

A figura 50 apresenta uma imagem da via no trecho correspondente a seção 7.

Figura 50 – Vista da rua Amazonas: seção 7



Fonte: Próprio autor (2016)

Os pontos que delimitam a seção 7 estão situados nas coordenadas UTM E=361.120,91m e N=7.026.778,86m (ponto inicial) e E=361.140,91m e N=7.026.773,23m (ponto final).

Seção 8 – Rua Joinvile

A seção 8 está localizada na rua Joinvile, no trecho compreendido entre as ruas Amazonas e Nereu Ramos, no centro da área urbana do município de Xanxerê (figura 43). Esta seção possui 20 metros de extensão e pode ser visualizada na figura 51.

Figura 51 – Vista da rua Joinville: seção 8



Fonte: Próprio autor (2016)

Os pontos que delimitam a seção 8 estão situados nas coordenadas UTM E=361.024,88m e N=7.026.778,11m (ponto inicial) e E=361.019,57m e N=7.026.758,11m (ponto final).

Seção 9 – Rua Papa João XXIII

A seção 9 está localizada na rua Papa João XXIII, no trecho entre as ruas Pernambuco e Adélia Bodanese (figura 43). A mesma está situada no bairro dos Esportes e tem 20 metros de extensão.

A figura 52 apresenta uma imagem da via no trecho que corresponde à seção 9.

Figura 52 – Vista da rua Papa João XXIII: seção 9



Fonte: Próprio autor (2016)

Os pontos que delimitam a seção 9 estão situados nas coordenadas UTM E=360.842,97m e N=7.027.230,03m (ponto inicial) e E=360.849,11m e N=7.027.250,03m (ponto final).

Seção 10 – Rua Nereu Ramos

A seção 10 está localizada na rua Nereu Ramos, no trecho entre as ruas General Osório e Papa João XXIII, na região central da cidade (figura 43). A referida seção tem 20 metros de extensão e pode ser observada na figura 53.

Figura 53 – Vista da rua Nereu Ramos: seção 10



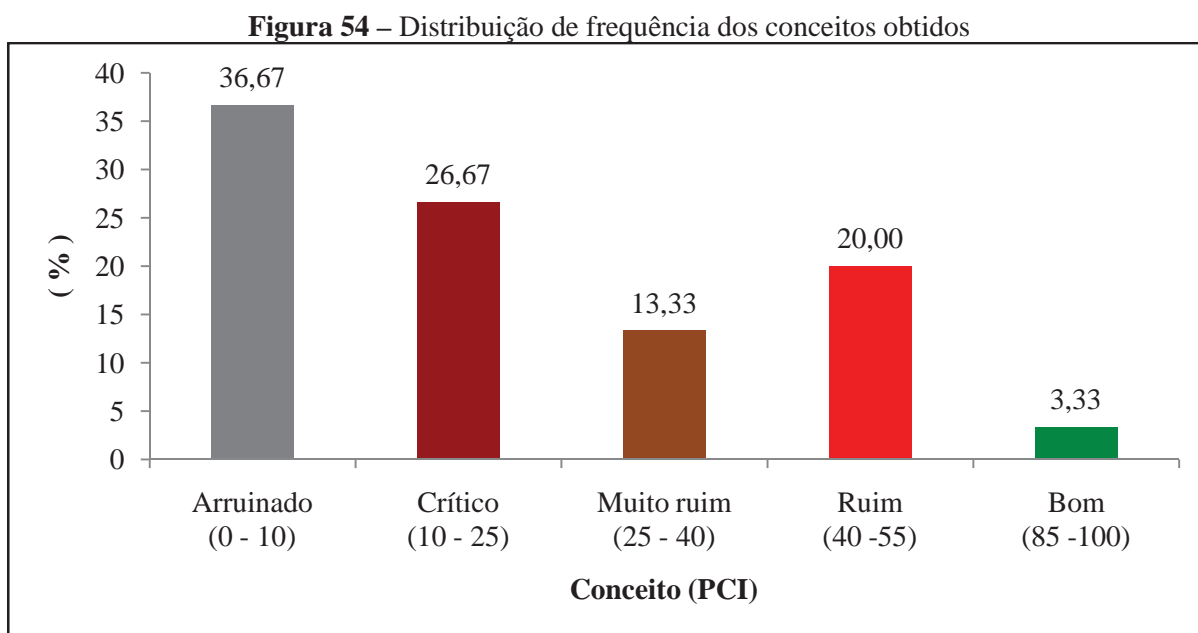
Fonte: Próprio autor (2016)

Os pontos que delimitam a seção 10 estão situados nas coordenadas UTM E=360.825,05m e N=7.026.753,74m (ponto inicial) e E=360.845,05m e N=7.026.747,79m (ponto final).

Observação:

Todas as coordenadas UTM apresentadas referem-se ao meridiano central (MC) - 51° e zona 22 S (J).

Com relação ao tipo e a qualidade do pavimento dos segmentos de vias amostrados, todos possuem revestimento asfáltico, sendo que a condição dos mesmos é variável, entretanto, em 96,67% das amostras (29 de 30), a condição do pavimento encontra-se na faixa entre 0 e 55 PCI, ou seja, variando entre arruinado a ruim, conforme pode ser observado na figura 54.



Fonte: Próprio autor (2017)

A distribuição de frequência dos conceitos de condição do pavimento apresentados na figura 54 estão relacionados apenas aos valores de referência obtidos nas 30 amostras, e portanto foram obtidos a partir da média de três avaliações realizadas pelo avaliador líder em cada amostra.

4.2 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As avaliações do pavimento nas seções de controle visaram o atendimento dos objetivos propostos para esse estudo, uma vez que o procedimento para controle de qualidade aplicado a inspeção visual de pavimentos flexíveis urbanos foi testado a partir da verificação da precisão e do viés de dados de defeitos e de condição de pavimentos reais, os quais foram obtidos por quatro técnicos avaliadores a partir da inspeção do pavimento em seções de vias urbanas previamente selecionadas.

Nesse sentido, a seguir são apresentados os resultados obtidos nas inspeções das 25 amostras das seções 1 a 5, referentes ao primeiro ciclo de avaliações, dados esses coletados após o primeiro treinamento dos técnicos avaliadores, bem como os dados das seções 6 a 10, cinco amostras, coletados no segundo ciclo de avaliações, após treinamento complementar dos técnicos.

As amostras de pavimentos foram inspecionadas individualmente, onde durante o caminhamento os avaliadores registraram todos os defeitos observados visualmente, caracterizando o tipo e o nível de severidade de cada defeito, bem como anotando a extensão ou dimensão de cada ocorrência, considerando a unidade de referência especificada pela metodologia de avaliação (metro linear, metro quadrado e contagem).

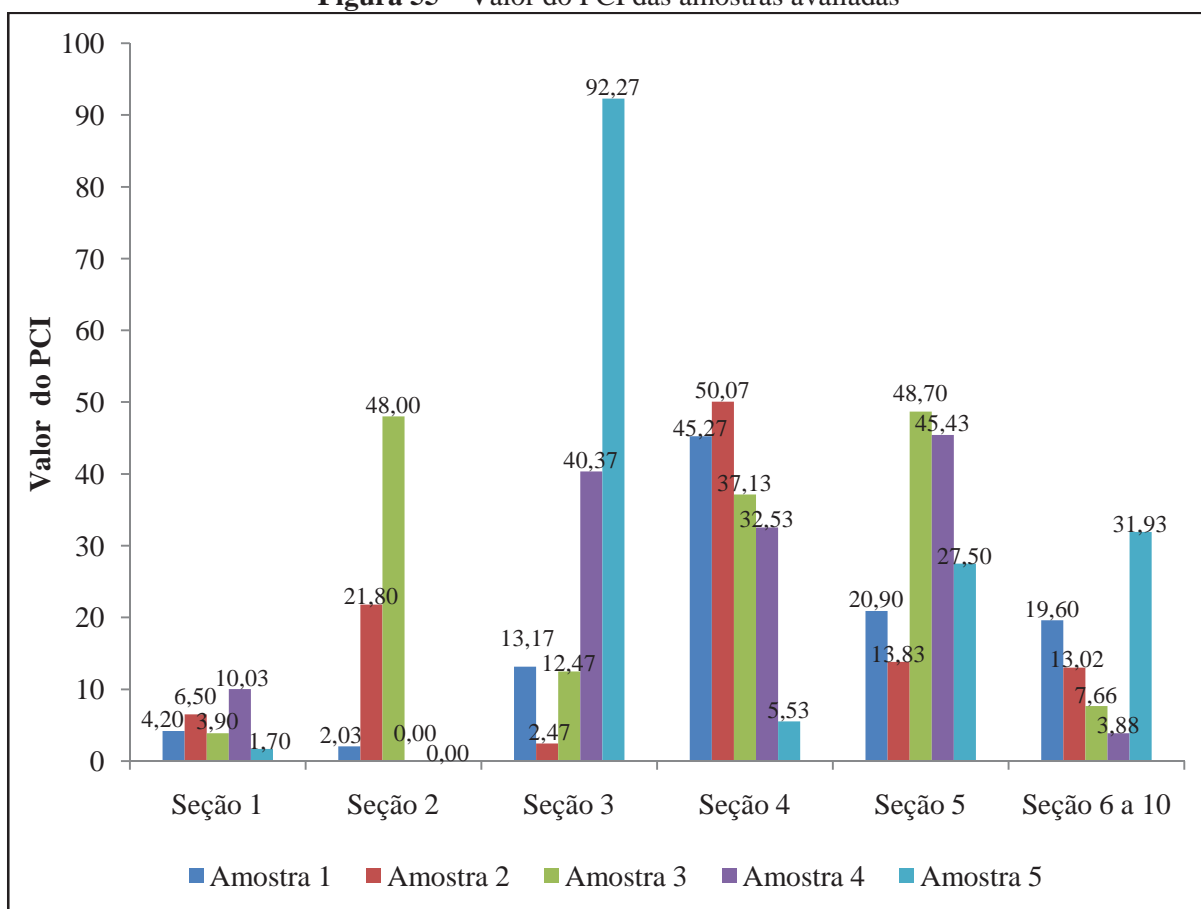
Considerando a existência de várias unidades de medidas distintas para as quantidades de defeitos, conforme o tipo, optou-se pela realização das análises utilizando os dados de densidade de ocorrência, obtidos pela divisão da área afetada, multiplicada por cem, pela área total da superfície da amostra (180,00 m²), que representa a porcentagem da superfície total afetada pelo defeito, e não das quantidades em sua unidade de medida primitiva. Assim, todos os dados de defeitos apresentados nesse estudo estão em porcentagem.

4.2.1 Análise dos dados de PCI

A primeira análise realizada nesse estudo está relacionada aos dados de condição do pavimento (PCI) obtidos a partir da avaliação de 30 amostras de pavimentos, cujos resultados e discussões serão apresentados a seguir.

Na figura 55 são apresentados os valores dos índices de condição do pavimento obtidos em cada uma das amostras inspecionadas durante os dois ciclos de avaliações. Os dados informados nessa figura foram obtidos pelo avaliador líder e, portanto, são valores de referência oriundos da média de três avaliações.

A partir da figura 55 é possível verificar que as amostras inspecionadas não são homogêneas em relação à condição do pavimento, mesmo para as amostras da seção 1, onde se observa uma proximidade maior entre os valores. Por essa razão, as análises dos dados foram realizadas para cada amostra individualmente, e não tratadas como repetições.

Figura 55 – Valor do PCI das amostras avaliadas

Fonte: Próprio autor (2017)

Na tabela 3 são apresentados os valores dos índices de condição do pavimento obtidos por todos os técnicos, inclusive os valores de referência, para as 25 amostras das seções 1 a 5, inspecionadas durante o primeiro ciclo de avaliações. Além dos dados de PCI, a referida tabela apresenta as estatísticas relativas a esses dados, com destaque especial ao valor do coeficiente de variação e desvio viés, alvos das análises.

As estatísticas apresentadas na tabela 3 referem-se apenas aos dados de PCI do grupo de avaliadores, ou seja, não levam em consideração os valores de referência, exceto o desvio viés, que é a diferença entre a média do grupo e o respectivo valor de referência.

A coluna viés representa a existência ou não de desvio além dos limites toleráveis, sendo assim, onde ocorreu valor de desvio viés superior ao limite, que para os dados de PCI desse estudo foi definido como sendo ± 8 PCI, foi considerado o desvio (sim), por outro lado, quando o desvio viés foi igual ou inferior ao valor limite estabelecido, o mesmo não foi considerado (não).

Com relação à precisão dos dados a análise foi similar a da exatidão (viés), sendo que o valor limite considerado nesse estudo foi o coeficiente de variação (CV) de 30%, assim, o

conjunto de valores com CV superiores a esse limite de tolerância foram considerados imprecisos, e CV inferiores ou iguais a 30% foram considerados bons ou aceitáveis.

Tabela 3 - Valores do PCI das seções 1 a 5 e suas estatísticas

Amostra	Valor PCI					Estatísticas de grupo							
	Avaliador				Ref.	Mín	Máx	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés*
	1	2	3	4									
... Seção 1 - Rua Joinvile ...													
1	27,2	10,7	9,1	9,1	4,2	9,1	27,2	14,03	4,41	8,82	62,86	9,83	Sim
2	0,0	1,0	3,1	7,2	6,5	0,0	7,2	2,83	1,59	3,19	112,92	3,68	Não
3	8,9	7,0	0,9	4,9	3,9	0,9	8,9	5,43	1,72	3,43	63,24	1,53	Não
4	14,1	10,0	0,0	13,3	10,0	0,0	14,1	9,35	3,24	6,48	69,32	0,68	Não
5	0,0	0,0	3,5	3,7	1,7	0,0	3,7	1,80	1,04	2,08	115,56	0,10	Não
... Seção 2 - Rua Nereu Ramos ...													
1	9,9	23,9	10,0	2,3	2,0	2,3	23,9	11,53	4,50	9,00	78,12	9,49	Sim
2	25,1	9,1	25,9	20,2	21,8	9,1	25,9	20,08	3,87	7,74	38,55	1,73	Não
3	23,4	11,4	60,8	22,6	48,0	11,4	60,8	29,55	10,77	21,54	72,90	18,45	Sim
4	0,0	18,9	41,4	0,0	0,0	0,0	41,4	15,08	9,84	19,68	130,56	15,08	Sim
5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,02	0,02	0,05	200,00	0,02	Não
... Seção 3 - Rua Artur Dambroso ...													
1	2,6	5,6	2,2	9,9	13,2	2,2	9,9	5,08	1,78	3,56	70,08	8,09	Sim
2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	2,47	Não
3	5,5	4,2	7,3	6,0	12,5	4,2	7,3	5,75	0,64	1,28	22,29	6,72	Não
4	53,4	63,4	41,0	34,1	40,4	34,1	63,4	47,98	6,51	13,02	27,14	7,61	Não
5	78,9	90,2	88,1	89,8	92,3	78,9	90,2	86,75	2,66	5,31	6,12	5,52	Não
... Seção 4 - Rua Papa João XXIII ...													
1	81,3	73,9	73,9	71,7	45,3	71,7	81,3	75,20	2,10	4,20	5,58	29,93	Sim
2	75,3	71,7	60,7	51,5	50,1	51,5	75,3	64,80	5,41	10,83	16,71	14,73	Sim
3	87,1	48,6	50,8	53,4	37,1	48,6	87,1	59,98	9,09	18,19	30,33	22,84	Sim
4	32,0	54,9	35,2	39,8	32,5	32,0	54,9	40,48	5,07	10,14	25,04	7,94	Não
5	1,4	16,8	7,5	0,8	5,5	0,8	16,8	6,63	3,71	7,43	112,12	1,09	Não

Tabela 3 (continuação) - Valores do PCI das seções 1 a 5 e suas estatísticas

Amostra	Valor PCI					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín	Máx	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés*
	1	2	3	4	Ref.								
... Seção 5 - Rua Amazonas ...													
1	23,2	13,6	14,1	28,4	20,9	13,6	28,4	19,83	3,61	7,22	36,43	1,08	Não
2	20,1	9,7	15,2	17,2	13,8	9,7	20,1	15,55	2,19	4,39	28,22	1,72	Não
3	58,2	32,5	36,8	47,6	48,7	32,5	58,2	43,78	5,76	11,53	26,33	4,93	Não
4	22,5	13,5	29,8	27,6	45,4	13,5	29,8	23,35	3,62	7,24	31,02	22,08	Sim
5	19,4	12,3	17,4	27,9	27,5	12,3	27,9	19,25	3,25	6,50	33,74	8,25	Sim

Fonte: Próprio autor (2017)

Legenda:

- * Limite do desvio viés ± 8 PCI
- Ref. – Valor de referência
- Mín – Valor mínimo
- Max – Valor máximo
- EP Média – Erro padrão da média
- DP – Desvio padrão
- CV – Coeficiente de variação

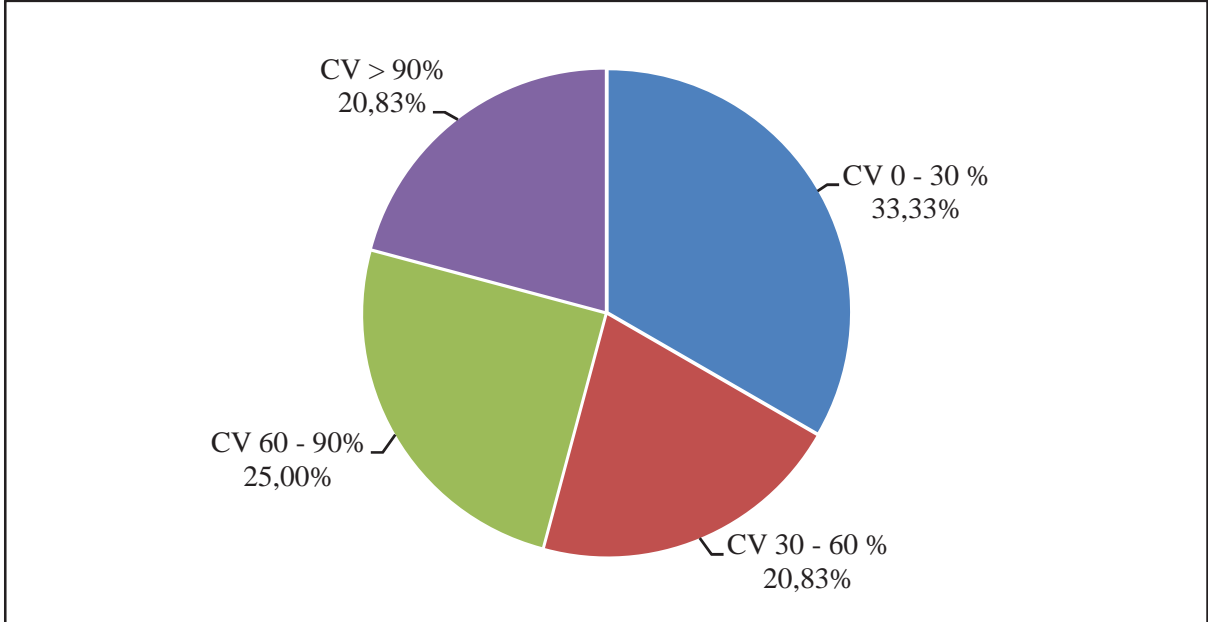
Vale destacar que não foi possível calcular o valor do coeficiente de variação para os dados de PCI da amostra 2 da seção 3 porque os resultados obtidos por todos os técnicos foram iguais a zero. Assim, tanto para esse como em outros casos semelhantes ocorridos com os dados de quantidade de defeitos, às amostras foram desconsideradas da análise.

Com relação à precisão, a partir da análise dos dados constantes na tabela 3 referentes aos valores de índice de condição do pavimento, observa-se que em 66,67% das amostras válidas (16 de 24) os resultados obtidos pelo grupo de técnicos avaliadores não foram considerados precisos, ou seja, em quase 70% das avaliações os valores de PCI individuais estão fora do limite admissível para o coeficiente de variação, que é de 30%, quando o limite de aceitação estabelecido foi de 5%, ou seja, apenas 5% dos valores poderiam estar fora dos limites de tolerância. Assim, levando em consideração a variabilidade (precisão), esses conjuntos de dados de PCI não são aceitáveis (66,67% > 5%).

Na figura 56 é apresentada a distribuição de frequência dos valores de coeficiente de variação obtidos para os dados de índice de condição de pavimento calculados a partir da inspeção das 25 amostras relativas ao primeiro ciclo de avaliações. Observa-se nesse gráfico que apenas em 33,33% das amostras válidas os dados de PCI obtidos pelos técnicos puderam ser considerados precisos a partir do enquadramento no limite de tolerância estabelecido,

quando deveriam ser pelo menos 95%. É possível verificar também que 20,83% dos valores de CV são superiores a três vezes o limite, o que representa uma variabilidade elevada.

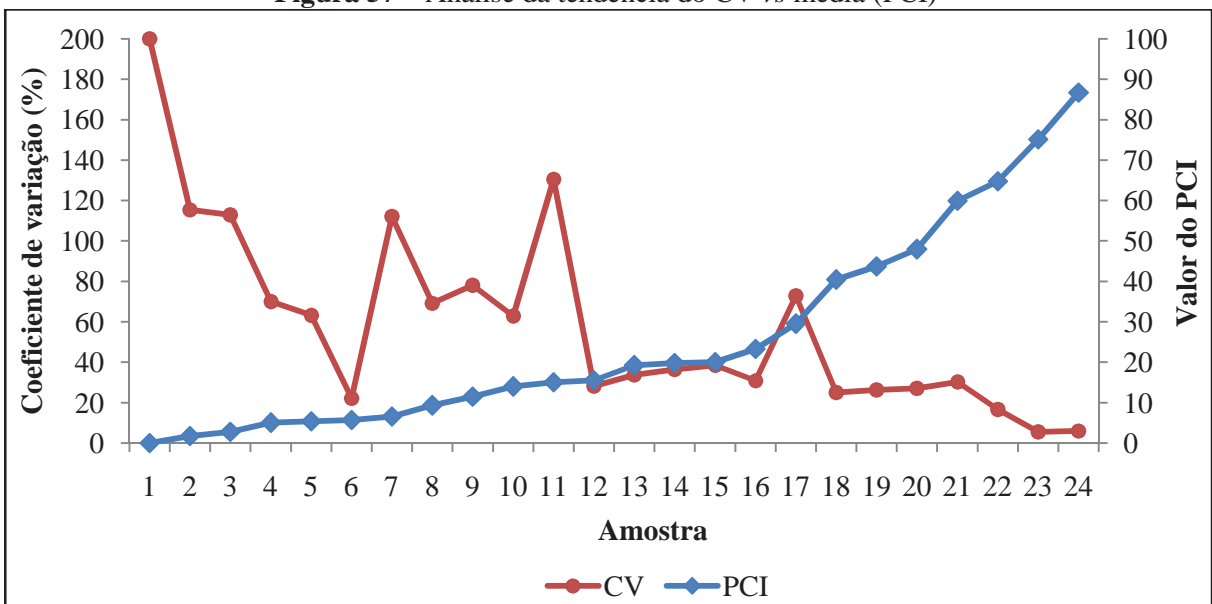
Figura 56 – Distribuição de frequência dos valores de CV para o PCI das amostras das seções 1 a 5



Fonte: Próprio autor (2017)

Já a figura 57 exibe a relação existente entre os coeficientes de variação e os valores médios dos índices de condição do pavimento obtidos pelos técnicos nas avaliações das amostras das seções 1 a 5. Os dados apresentados na figura 57 foram ordenados em função do valor do PCI de cada amostra em ordem crescente.

Figura 57 – Análise da tendência do CV vs média (PCI)



Fonte: Próprio autor (2017)

Observa-se a partir da figura 57 que a variabilidade não é uniforme em função da magnitude dos valores de PCI, no entanto é possível verificar uma tendência de aumento do coeficiente de variação para valores de PCI de menor magnitude, e vice versa.

Com relação à exatidão dos valores de PCI das amostras das seções 1 a 5, observou-se que em 40% das amostras inspecionadas (10 de 25), os valores médios do grupo de técnicos apresentam desvio superior ao limite de tolerância estabelecido (± 8 PCI), ultrapassando também o limite de 5% definido como máximo admissível para aceitação dos dados ($40\% > 5\%$).

Na tabela 4 são apresentadas as distribuições de frequência dos vieses dos valores de PCI obtidos pelos técnicos nas avaliações das amostras referentes ao primeiro ciclo de avaliações, para as médias e também para os valores individuais.

Tabela 4 – Distribuição de frequência dos vieses frente ao limite de tolerância para valores de PCI das seções 1 a 5

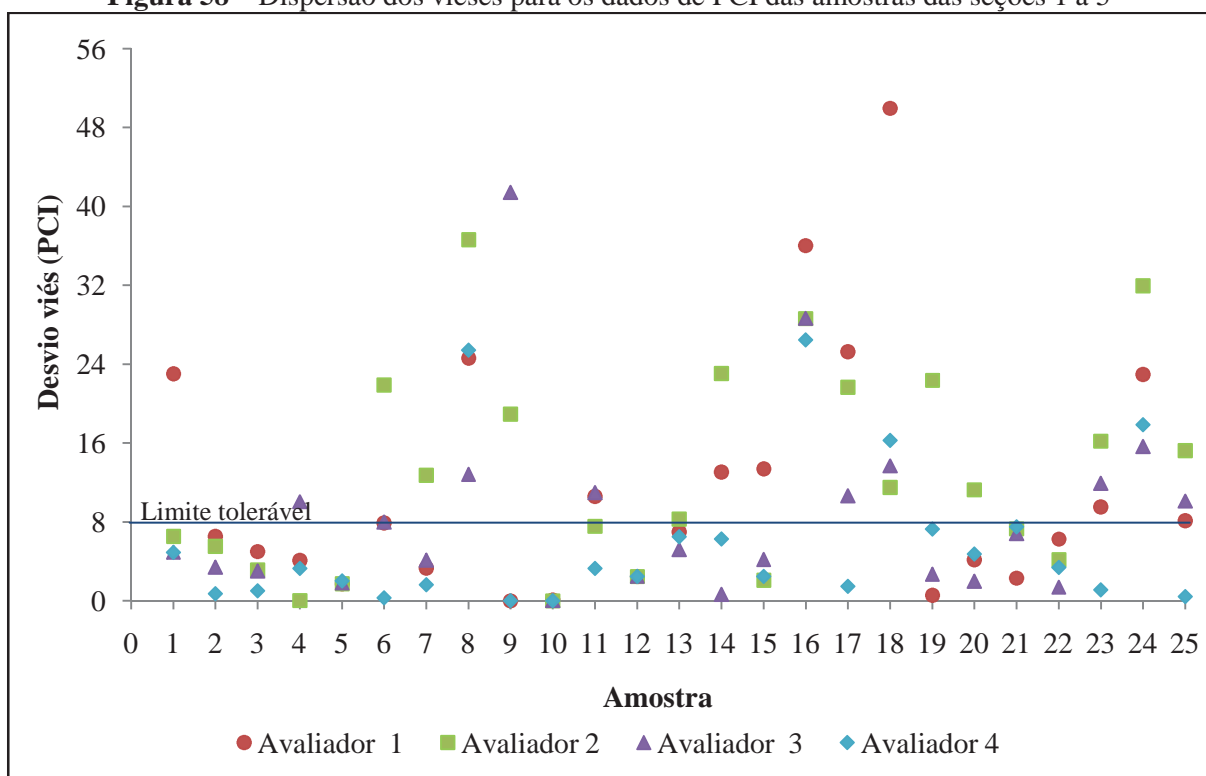
Desvio viés	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3	Avaliador 4	Média
$\leq \pm 8$ PCI	56%	44%	60%	84%	60%
$> \pm 8$ PCI	44%	56%	40%	16%	40%
$> \pm 16$ PCI	24%	36%	8%	16%	16%

Fonte: Próprio autor (2017)

Com relação à análise dos vieses dos valores de PCI das amostras das seções 1 a 5 de cada avaliador individualmente, verificou-se que nenhum dos quatro técnicos conseguiu resultados satisfatórios no primeiro ciclo de avaliações, ou seja, todos extrapolaram o limite de aceitação de 5% de valores fora da tolerância de ± 8 PCI (tabela 4). Para o avaliador 1 ocorreu desvio fora do limite admissível em 44% das amostras (11 de 25), para o avaliador 2 em 56% das amostras (14 de 25), já para o avaliador 3 houve viés em 40% das amostras e para o avaliador 4 em 16% das amostras (4 de 25).

Verificou-se também que os valores dos vieses para os dados de PCI das 25 amostras inspecionadas nas seções 1 a 5 não apresentaram distribuição uniforme, sendo que entre os quatro técnicos, o avaliador 4 foi o que apresentou maior uniformidade dos resultados.

Na figura 58 é possível visualizar a dispersão de todos os valores de viés para os dados de PCI referentes à primeira etapa de avaliações.

Figura 58 – Dispersão dos vieses para os dados de PCI das amostras das seções 1 a 5

Fonte: Próprio autor (2017)

Para as 25 amostras inspecionadas na primeira etapa de avaliações o avaliador 4 obteve os melhores resultados entre todos os técnicos, no entanto, ainda não se enquadra no limite de aceitação estabelecido.

Assim, com base na análise do viés (exatidão) dos dados de PCI obtidos pelos técnicos nas seções 1 a 5, esses conjuntos de dados também não foram considerados aceitáveis.

Dessa forma, a partir dos resultados obtidos nas análises dos valores de PCI para as amostras das seções 1 a 5, constatou-se uma grande variabilidade dos dados individuais dos técnicos em relação a média dos mesmos (baixa precisão) e ainda a existência de vieses de magnitude elevada, tanto para o valor médio (grupo), como para os individuais, em relação aos valores de referência, logo, esses dados não apresentaram boa qualidade.

Considerando a baixa qualidade dos dados de PCI para as amostras vistoriadas na primeira etapa de avaliações, na sequência foram procedidas as análises dos dados de quantidade de defeitos referentes a essas amostras, as quais visaram à verificação da existência de falhas nos dados primitivos (base do PCI) que pudessem justificar a variabilidade excessiva e os desvios elevados do grupo de técnicos em relação aos valores de índice de condição do pavimento. Essas análises serão apresentadas e discutidas mais adiante.

A partir da análise dos dados quantitativos de defeitos obtidos no primeiro ciclo de avaliações observaram-se falhas na identificação dos tipos de defeitos, na determinação do nível de severidade dos mesmos e também das quantidades (extensão), problemas que entre outras causas, estão associados à carência de conhecimento acerca da metodologia de avaliação de pavimentos utilizada e falta de experiência dos técnicos.

Sendo assim, o segundo treinamento realizado com os técnicos embasou a correção ou atenuação das falhas ou deficiências observadas na primeira etapa de coleta de dados, visando o aprimoramento dos avaliadores e a obtenção de dados de melhor qualidade, conforme pode ser observado nos valores de PCI obtidos no segundo ciclo de avaliações.

Na tabela 5 são apresentados os valores dos índices de condição do pavimento obtidos por todos os técnicos, inclusive os valores de referência, nas cinco amostras das seções 6 a 10, inspecionadas durante a segunda etapa de avaliações, e também as estatísticas relativas a esses dados.

Tabela 5 - Valores do PCI das seções 6 a 10 e suas estatísticas

Valor PCI					Estatísticas de grupo								
Avaliador					Ref.	Mín	Máx	Média	EP média	DP	COV (%)	Desvio Viés	Viés
1	2	3	4										
... Seção 6 - Rua Amazonas ...													
19,1	18,5	18,4	18,3	19,6	18,32	19,07	18,57	0,17	0,34	1,85	1,03	Não	
... Seção 7 - Rua Amazonas ...													
15,1	13,4	13,7	12,7	13,0	12,65	15,11	13,72	0,51	1,03	7,50	0,70	Não	
... Seção 8 - Rua Joinville ...													
6,4	6,5	5,8	6,3	7,7	5,85	6,54	6,29	0,15	0,31	4,86	1,37	Não	
... Seção 9 - Rua Papa João XXIII ...													
2,1	5,2	6,4	3,5	3,9	2,10	6,44	4,31	0,95	1,90	44,21	0,43	Não	
... Seção 10 - Rua Nereu Ramos ...													
15,4	32,4	15,8	32,8	31,9	15,42	32,83	24,10	4,92	9,83	40,79	7,83	Não	

Fonte: Próprio autor (2017)

Os valores dos índices de condição do pavimento das amostras das seções 6 a 10, apresentados na tabela 5, foram analisados primeiramente com relação à precisão concernente aos dados obtidos pelo grupo de técnicos, onde se verificou que em 60% das amostras (3 de 5)

os resultados obtidos pelos avaliadores foram considerados precisos, com valores de coeficiente de variação menores que 10%, abaixo do limite estabelecido, que era de 30%. Entretanto, em duas amostras (40% do total) o CV ficou acima do valor admissível, e considerando que o limite de aceitação adotado previa que apenas 5% dos valores poderiam estar fora dos limites de tolerância ($CV \leq 30\%$), novamente verificou-se que os dados não atendem os requisitos para aceitação em relação à precisão ($40\% > 5\%$).

Assim, observou-se que em relação à precisão o grupo ainda apresenta inconsistências, no entanto, houve progresso nos resultados obtidos para os valores de PCI, reduzindo de 66,67% para 40% das amostras válidas os dados reprovados quanto à precisão, conforme pode ser visualizado na tabela 6.

Também ocorreu uma redução significativa na magnitude da variabilidade associada a esses dados, em relação aos valores obtidos na etapa anterior (seções 1 a 5). Foi verificado que todos os valores de CV para os dados de PCI foram inferiores a 60%, enquanto para os dados obtidos no primeiro ciclo de avaliações 45,83% dos valores de CV foram superiores a essa marca (tabela 6).

Tabela 6 – Distribuição de frequência do CV frente ao limite de tolerância para valores de PCI

CV	1º Ciclo de avaliações	2º Ciclo de avaliações
$\leq 30\%$	33,33%	60,00%
$> 30\%$	66,67%	40,00%
$> 60\%$	45,83%	0,00%
$> 90\%$	20,83%	0,00%

Fonte: Próprio autor (2017)

Quanto à análise da exatidão dos valores de PCI das amostras das seções 6 a 10, os resultados foram melhores que os obtidos na análise da variabilidade desses dados. Observou-se que em todas as amostras (100%) o desvio viés do grupo (média) ficou abaixo do limite de tolerância estabelecido (± 8 PCI), respeitando o limite de 5% definido como máximo admissível para aceitação dos dados.

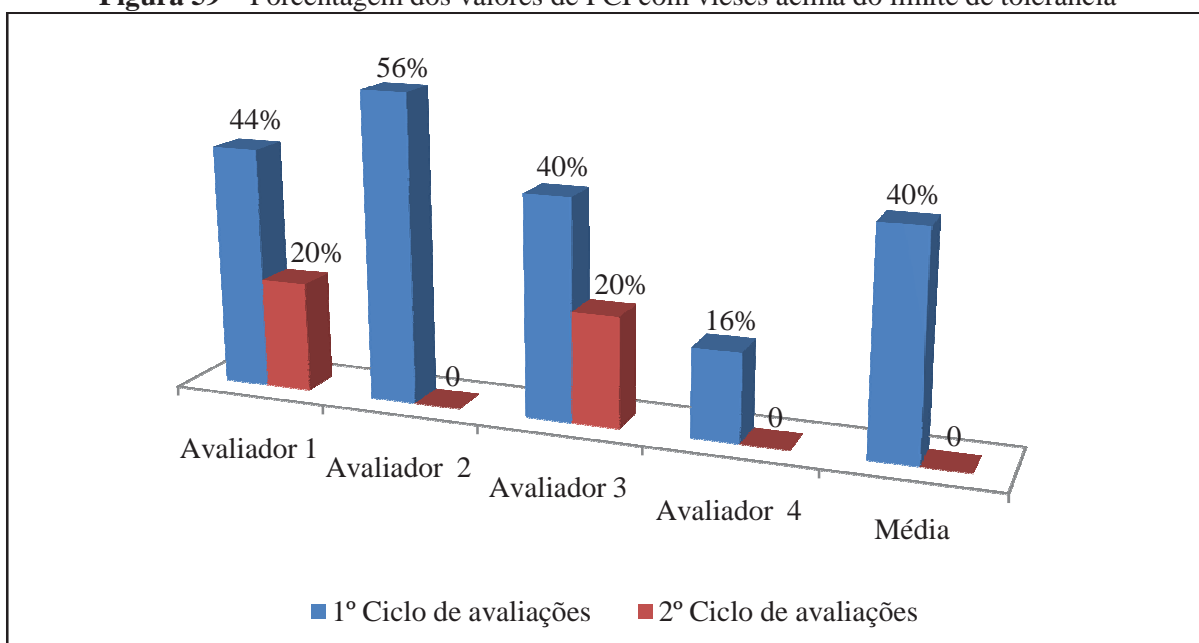
Na análise dos vieses individuais de cada técnico para os valores de PCI das amostras das seções 6 a 10, também se verificou uma evolução considerável nos resultados obtidos por todos os avaliadores, sendo que para dois dos técnicos (avaliador 2 e avaliador 4), todos os valores de desvio viés referentes as amostras inspecionadas no segundo ciclo de avaliações ficaram dentro do limite de tolerância estabelecido, de maneira que seus dados são

consistentes e portanto aceitáveis, pois obedecem a limitação de terem no máximo 5% de valores fora da tolerância de ± 8 PCI. Vale salientar que estes dois técnicos são aqueles que possuem formação em engenharia civil.

Já para os outros dois técnicos (avaliador 1 e avaliador 3) ocorreram desvios fora do limite admissível em 20% das amostras (1 de 5) e seus dados não são aceitáveis, uma vez que extrapolaram o limite máximo de 5% de seus valores fora da tolerância. Entretanto, também houve para esses técnicos um progresso significativo na exatidão quando comparado com os dados de PCI obtidos no primeiro ciclo de avaliações.

A evolução dos dados de PCI quanto à exatidão a partir do treinamento complementar dos técnicos pode ser observada na figura 59, a qual apresenta em forma de porcentagem a análise dos vieses encontrados nos dados relativos a cada técnico individualmente e também para a média do grupo para os dois ciclos de avaliações. A referida figura expressa a porcentagem de dados com vieses acima do limite de tolerância.

Figura 59 – Porcentagem dos valores de PCI com vieses acima do limite de tolerância



Fonte: Próprio autor (2017)

Os resultados apresentados na figura 59 evidenciam o progresso na qualidade dos valores de índices de condição do pavimento obtidos pelos técnicos nos dois ciclos de avaliações, todavia constatou-se um resultado melhor para os avaliadores 2 e 4 conforme já mencionado e também para a média do grupo.

4.2.2 Análise dos dados de quantidade total de defeitos

Uma vez concluída a verificação dos dados de PCI, foi realizada a análise dos dados de quantidade de defeitos, a qual ocorreu em duas etapas, inicialmente foram analisadas as quantidades totais para cada tipo de defeito, cujos valores correspondem ao somatório das densidades em todos os níveis de severidade e posteriormente foram analisados os dados de quantidades individuais de defeitos, em cada nível de severidade.

Na sequência são apresentados os resultados e discussões relativas às análises dos dados de quantidade total obtidos nas duas etapas de avaliações.

Os dados de quantidade total de defeitos para as amostras das seções 1 a 5 e suas estatísticas encontram-se no apêndice 5 desse estudo, enquanto os dados de quantidade total referentes aos defeitos observados nas amostras das seções 6 a 10 e suas estatísticas encontram-se no apêndice 6.

Os dados constantes nos apêndices 5 e 6 foram analisados quanto a precisão e ao viés conforme ocorreu para os dados de PCI, no entanto também foram verificadas as ocorrências em cada amostra individualmente visando a identificação de falhas de avaliação dos técnicos.

Na análise da precisão do grupo de técnicos foi observada uma variabilidade elevada dos dados de quantidade total de defeitos coletados no primeiro ciclo de avaliações, sendo que em geral os valores de CV para esses dados foram maiores que os referentes aos índices de condição do pavimento.

Observou-se que em 66,67% dos valores de densidade total de defeitos válidos para investigação da variabilidade (74 de 111) o CV do grupo de técnicos ficou acima do limite de tolerância estabelecido, que é de 30%, exatamente a mesma porcentagem obtida para os valores de PCI. Assim, apenas para 33,33% dos valores de quantidade total de defeitos os técnicos foram considerados precisos (37 de 111).

Desta forma, esses dados não foram considerados aceitáveis com relação à precisão, uma vez que seria necessário que 95% dos valores apresentassem CV menor ou igual a 30%, conforme critério de aceitabilidade estabelecido nesse estudo.

Para os dados de densidade total de defeitos levantados pelos técnicos no primeiro ciclo de avaliações foi constatado que 35,14% dos valores de CV obtidos foram superiores a três vezes o valor limite estabelecido ($> 90\%$), o que representa uma variabilidade elevada do grupo de avaliadores em relação a esses dados (baixa precisão).

Os valores dos coeficientes de variação obtidos para os dados de quantidade total de defeitos referentes às amostras das seções 1 a 5 não foram uniformes em função da magnitude

das densidades dos defeitos, contudo foi verificada tendência de ocorrerem valores maiores de CV para as quantidades de defeitos de menor magnitude, e vice versa, como constatado para os dados de PCI.

Com relação à análise do viés dos dados de quantidade total de defeitos obtidos pelos técnicos nas amostras inspecionadas no primeiro ciclo de avaliações, observou-se que em 80,79% dos dados de defeitos coletados (122 de 151) os desvios da média do grupo ultrapassaram o limite de tolerância estabelecido ($\pm 20\%$ do valor de referência), sendo que o limite de aceitação era de 5%.

Na tabela 7 são apresentadas as distribuições de frequência dos vieses da média do grupo e de cada técnico individualmente para os valores de densidade total de defeitos observados pelos avaliadores nas amostras das seções 1 a 5.

Tabela 7 – Distribuição de frequência dos vieses frente ao limite de tolerância para quantidades totais de defeitos das seções 1 a 5

Desvio viés	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3	Avaliador 4	Média
$\leq \pm 20\%$ Ref.	14,57%	16,56%	14,57%	17,22%	19,21%
$> \pm 20\%$ Ref.	85,43%	83,44%	85,43%	82,78%	80,79%
$> \pm 40\%$ Ref.	71,52%	74,17%	70,86%	68,87%	68,21%

Fonte: Próprio autor (2017)

Analisando cada técnico individualmente, verifica-se na tabela 7 que nenhum dos avaliadores conseguiu resultados satisfatórios com relação aos vieses dos dados de densidade total dos defeitos para as amostras inspecionadas no primeiro ciclo de coleta. Para aceitação dos dados os técnicos deveriam conter pelo menos 95% dos vieses dentro do limite de tolerância ($\pm 20\%$), entretanto, o avaliador 4 que obteve o melhor desempenho nesse quesito apresentou apenas 17,22% dos vieses dentro desse limite.

Ainda na tabela 7 verifica-se que a magnitude dos vieses obtidos para esses dados é elevada, uma vez que cerca de 70% dos valores de vieses, em média, são superiores ao dobro do limite de tolerância estabelecido ($> \pm 40\%$).

Sendo assim, a partir da análise da precisão e do viés dos dados de densidade total dos defeitos observados nas amostras das seções 1 a 5, pode-se concluir que esses dados não são aceitáveis considerando os critérios estabelecidos nesse estudo. Existe baixa precisão do grupo (alta variabilidade dos dados) e ainda vieses elevados, tanto para a média do grupo,

como para os técnicos individualmente, o que justifica a baixa qualidade dos dados de PCI dessas amostras.

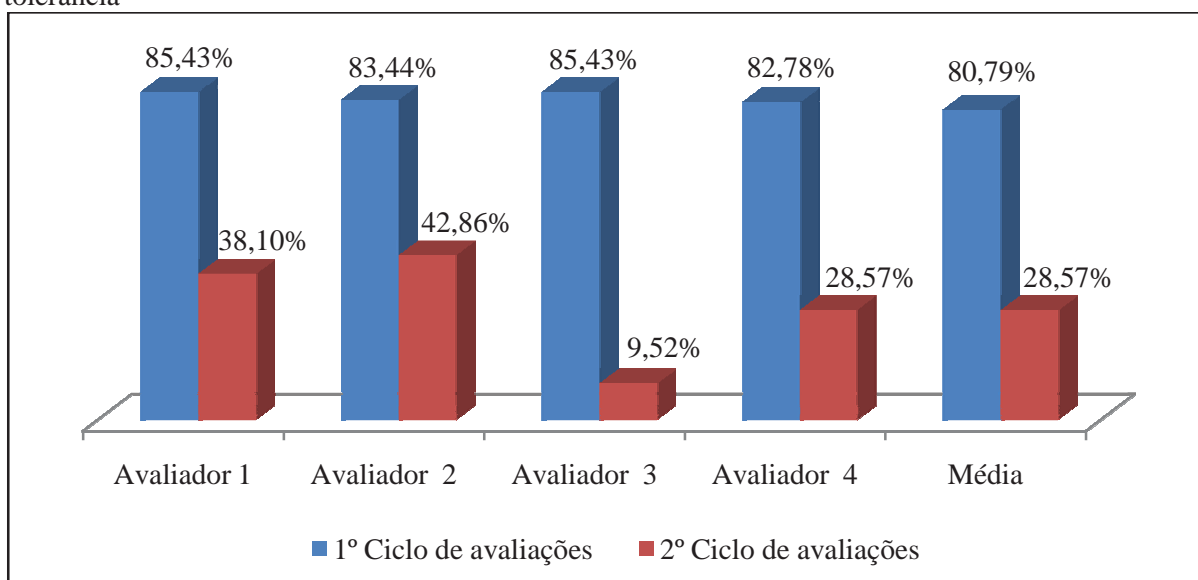
Já para os dados de quantidade total de defeitos coletados nas amostras inspecionadas após a realização do treinamento complementar dos técnicos, assim como observado para os dados de PCI, verificou-se uma evolução na qualidade dos dados, tanto em relação à precisão, quanto ao viés, conforme pode ser observado na tabela 8 e na figura 60 que comparam os resultados obtidos para os coeficientes de variação e para os vieses, respectivamente, nos dois ciclos de avaliações.

Tabela 8 – Distribuição de frequência do CV frente ao limite de tolerância para quantidades totais de defeitos

CV	1º Ciclo de avaliações	2º Ciclo de avaliações
≤ 30 %	33,33%	95,24%
> 30%	66,67%	4,76%
> 60 %	47,57%	4,76%
> 90%	35,14%	0,00%

Fonte: Próprio autor (2017)

Figura 60 – Porcentagem dos dados de densidade total de defeitos com vieses acima do limite de tolerância



Fonte: Próprio autor (2017)

Os valores apresentados na figura 60 expressam a porcentagem de dados com vieses acima do limite de tolerância.

Com relação à precisão dos dados de quantidade total de defeitos coletados pelo grupo de técnicos durante o segundo ciclo de avaliações, verificou-se que 95,24% dos valores de CV (20 de 21) foram inferiores ao limite de tolerância de 30%. Apenas 4,76% dos valores de CV foram superiores ao valor admissível, respeitando o limite de 5% e, portanto atendendo aos requisitos para aceitação dos dados em relação à precisão.

Ocorreu uma evolução significativa dos dados de densidade total de defeitos obtidos na primeira etapa de coleta para os da segunda, especialmente com relação à precisão do grupo de técnicos, onde os dados aceitáveis passaram de 33,33% para 95,24%.

No que diz respeito à exatidão, também houve progresso nos dados de quantidade total de defeitos entre os dois ciclos de avaliações, tanto para a média do grupo, onde a porcentagem de dados com viés acima do limite de tolerância reduziu de 80,79% para 28,57%, como para os técnicos individualmente, conforme pode ser verificado na figura 60.

Entretanto, com relação ao viés, esses dados ainda não respeitaram o limite de 5% definido como máximo admissível para aceitação, mesmo para o avaliador 3 que apresentou os melhores resultados (9,52%). Sendo assim, esses dados ainda precisam ser melhorados para atingir um nível de qualidade adequado.

Após a análise da variabilidade e do viés dos dados de quantidade total de defeitos coletados pelos técnicos, foi realizada a investigação individual de cada ocorrência nas amostras inspecionadas no intuito de identificar falhas no processo de coleta dos dados.

Verificou-se que o afundamento em trilha de roda e a trinca couro de jacaré foram os defeitos mais observados nas superfícies amostras, e se estendem respectivamente por 18,23% e 20,55% da área total vistoriada na primeira etapa de avaliações (dados de referência), conforme pode ser visualizado na tabela 9. Esses mesmos defeitos também foram os mais encontrados nas amostras das seções 6 a 10 inspecionadas no segundo ciclo de avaliações.

Na tabela 9 são apresentados os defeitos que foram observados nas vistorias realizadas nas amostras das seções 1 a 5. Os dados constantes na referida tabela referem-se à porcentagem da área total das 25 amostras afetadas por cada um dos defeitos registrados por cada técnico individualmente e também os valores de referência.

Tabela 9 – Quantidade total de defeitos referentes à área total amostra nas seções 1 a 5

Tipo de defeito	Referência	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3	Avaliador 4
Af. loc.	2,90%*	1,42%	2,26%	2,41%	1,25%
Af. roda	18,23%	19,78%	13,10%	15,46%	17,42%
Corrugação	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Des. sup.	5,69%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Exsudação	0,07%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Panela	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%
Remendo	3,37%	0,90%	4,58%	4,19%	5,19%
T. bloco	2,94%	1,71%	1,27%	1,64%	2,90%
T. long.	1,61%	0,58%	0,82%	0,50%	0,51%
T. jacaré	20,55%	30,36%	23,62%	24,49%	25,70%
T. trans.	1,26%	0,61%	0,72%	0,80%	0,97%
Desag.	0,21%	0,00%	0,00%	0,02%	0,00%

Fonte: Próprio autor (2017)

Legenda:

* Os valores representam a densidade de ocorrência do defeito em relação à área total amostrada nas seções 1 a 5 (porcentagem da área total afetada pelo defeito), considerando: área total = 25 amostras x 180 m² = 4.500 m².

Af. loc. – Afundamento localizado

Af. roda – Afundamento em trilha de roda

Des. sup. – Desgaste superficial

T. bloco – Trinca de bloco

T. long. – Trinca longitudinal

T. jacaré – Trinca couro de jacaré

T. trans. – Trinca transversal

Desag. – Desagregação

Já na tabela 10 são apresentados os defeitos onde ocorreram as diferenças mais significativas entre as quantidades totais observadas pelos técnicos em relação aos dados de referência, levando em consideração a extensão dos defeitos registrados. Os valores apresentados nessa tabela expressam as diferenças de áreas afetadas em porcentagem, permitindo a observação dos defeitos onde ocorram as maiores falhas de identificação da área real afetada (erros de medição).

O desgaste superficial foi o defeito que apresentou maior erro de detecção dos técnicos (100%), conforme pode ser visualizado na tabela 10. Verificou-se a partir dos valores de referência que em 5,69% da área total investigada nas amostras das seções 1 a 5 ocorria desgaste superficial do pavimento, sendo que nenhum dos técnicos identificou este defeito na área inspecionada (tabela 9).

Tabela 10 – Falhas de medição de defeitos nas amostras das seções 1 a 5

Tipo de defeito	Diferença de área afetada pelos defeitos*			
	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3	Avaliador 4
Af. loc.	51,03%	22,07%	16,90%	56,90%
Af. roda	8,50%	28,14%	15,19%	4,44%
Des. sup.	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Remendo	73,29%	35,91%	24,33%	54,01%
T. bloco	41,84%	56,80%	44,22%	1,36%
T. long.	63,98%	49,07%	68,94%	68,32%
T. jacaré	47,74%	14,94%	19,17%	25,06%
T. trans.	51,59%	42,86%	36,51%	23,02%

Fonte: Próprio autor (2017)

Legenda:

* Valores referentes à diferença de quantidade do defeito observado pelos técnicos em relação à referência em porcentagem (erro).

Além do desgaste superficial foram encontradas diferenças significativas de extensão em vários outros defeitos, como na trinca longitudinal, remendo, afundamento localizado e trinca de bloco, as quais podem ser visualizadas na tabela 10.

Outra verificação realizada nos dados de quantidade total de defeitos está relacionada com a presença ou não dos defeitos em cada uma das amostras inspecionadas na primeira etapa de avaliações, de acordo com cada técnico, sem considerar a extensão dos mesmos, a qual visou à constatação de falhas de reconhecimento dos defeitos.

Foram comparados os resultados obtidos pelos técnicos em cada uma das amostras com os dados de referência, onde foi verificado se os defeitos observados nas vistorias de controle em uma determinada amostra também foram registrados pelo grupo de avaliadores. Os resultados dessa análise são apresentados na tabela 11.

Os valores constantes na tabela 11 representam as falhas de observação dos tipos de defeitos referentes às amostras das seções 1 a 5. A primeira coluna dessa tabela apresenta os tipos de defeitos registrados, na segunda são informadas às porcentagens do total de amostras vistoriadas no primeiro ciclo de avaliações que apresentavam o respectivo defeito de acordo com os dados de referência, já as demais colunas representam a porcentagem das amostras que continham determinado defeito, mas que não foi observado pelos técnicos (erros de identificação).

Tabela 11 – Falhas de identificação de defeitos por amostra para as seções 1 a 5

Tipo de defeito	Presença do defeito nas amostras (%)	Falhas de observação por amostra (%)			
		Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3	Avaliador 4
Af. loc.	88,00%	54,55%	40,91%	36,36%	54,55%
Af. roda	88,00%	4,55%	9,09%	9,09%	0,00%
Corrugação	4,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Des. sup.	36,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Exsudação	12,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Panela	4,00%	100,00%	100,00%	100,00%	0,00%
Remendo	48,00%	50,00%	25,00%	33,33%	16,67%
T. bloco	88,00%	59,09%	59,09%	45,45%	72,73%
T. long.	60,00%	53,33%	46,67%	60,00%	26,67%
T. jacaré	100,00%	4,00%	4,00%	12,00%	8,00%
T. trans.	72,00%	72,22%	72,22%	72,22%	61,11%
Desag.	4,00%	100,00%	100,00%	0,00%	100,00%

Fonte: Próprio autor (2017)

Observa-se na tabela 11 que a trinca couro de jacaré ocorreu em todas as amostras (100%) e que poucas vezes não foi identificada pelos técnicos (entre 4% e 12% das amostras). Já para outros defeitos, como o afundamento localizado, desgaste superficial, trinca de bloco, longitudinal e transversal, ocorreram falhas significativas de identificação, onde por várias vezes não foram reconhecidos pelos avaliadores.

Vale ressaltar ainda que alguns defeitos não foram reconhecidos pela maioria dos técnicos em 100% das amostras que apresentavam o referido defeito, como é o caso da corrugação, da panela e da desagregação, entretanto tais falhas não foram significativas pelo fato de terem ocorrido apenas em 4% das amostras (1 de 25).

Já na tabela 12 é possível verificar os defeitos onde ocorreram as maiores quantidades de falhas de reconhecimento para cada um dos técnicos. Os valores apresentados nessa tabela representam a porcentagem do total de falhas de identificação de cada técnico que se referem ao defeito informado. Esses resultados estão relacionados aos dados de defeitos coletados nas 25 amostras das seções 1 a 5.

Verifica-se na tabela 12 que a trinca transversal, a trinca de bloco, o afundamento localizado e o desgaste superficial foram os defeitos que mais apresentaram falhas de identificação pelos técnicos.

Tabela 12 – Relevância das falhas de identificação dos defeitos para as amostras das seções 1 a 5

Tipo de defeito	Defeitos não observados (%)			
	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3	Avaliador 4
Af. loc.	17,39%	14,29%	12,70%	19,67%
Af. roda	1,45%	3,17%	3,17%	0,00%
Corrugação	1,45%	1,59%	1,59%	1,64%
Des. sup.	13,04%	14,29%	14,29%	14,75%
Exsudação	4,35%	4,76%	4,76%	4,92%
Panela	1,45%	1,59%	1,59%	0,00%
Remendo	8,70%	4,76%	6,35%	3,28%
T. bloco	18,84%	20,63%	15,87%	26,23%
T. long.	11,59%	11,11%	14,29%	6,56%
T. jacaré	1,45%	1,59%	4,76%	3,28%
T. trans.	18,84%	20,63%	20,63%	18,03%
Desag.	1,45%	1,59%	0,00%	1,64%

Fonte: Próprio autor (2017)

Sendo assim, por meio da análise dos dados de quantidade total de defeitos coletados no primeiro ciclo de avaliações, foi possível constatar divergências entre a extensão dos defeitos observados por cada um dos técnicos e os valores de referência, erros de medição da extensão dos mesmos, bem como detectar falhas de identificação dos defeitos presentes nas superfícies inspecionadas.

A identificação de falhas na coleta de dados referentes às amostras vistoriadas durante a primeira etapa de avaliações contribuiu para o aprimoramento do processo de treinamento dos técnicos, corroborando para a melhoria da qualidade dos dados obtidos pelos avaliadores nas amostras das seções 6 a 10 inspecionadas na segunda etapa de avaliações.

Vale destacar que durante as inspeções realizadas no segundo ciclo de avaliações apenas em uma das amostras, um dos técnicos não observou o defeito afundamento localizado presente, sendo que os demais defeitos existentes foram registrados por todos os técnicos, em todas as amostras. Todavia, apesar de ter ocorrido apenas uma falha de identificação de defeito após o segundo treinamento dos técnicos, ainda ocorreram diferenças significativas com relação à extensão de alguns defeitos (erros de medição), contudo os resultados foram melhores que os encontrados para os dados coletados na primeira etapa de avaliações.

4.2.3 Análise dos dados de quantidade de defeitos por nível de severidade

Após a investigação dos valores de densidade total dos defeitos observados nas 30 amostras avaliadas pelos técnicos, foram analisados os dados de quantidade individual de cada defeito, levando em consideração os respectivos níveis de severidade. Esta análise visou à constatação de falhas na identificação da gravidade dos defeitos, uma vez que essa classificação também é considerada no cálculo dos índices de condição dos pavimentos pelo método PCI, e, portanto registros incorretos da severidade também podem impactar negativamente na qualidade dos dados de condição dos pavimentos (PCI).

Os dados utilizados nesta análise podem ser visualizados nas tabelas apresentadas nos apêndices 7 e 8 desse estudo, as quais representam respectivamente os dados de quantidade de defeitos por nível de severidade obtidos nas amostras das seções 1 a 5 inspecionadas durante a primeira etapa de avaliações e nas seções 6 a 10 vistoriadas na segunda etapa.

A partir da análise da precisão do grupo de técnicos em relação aos dados de quantidade de defeitos em cada nível de severidade observou-se uma variabilidade elevada dos dados coletados no primeiro ciclo de avaliações, conforme pode ser visto na tabela 13, onde 91,98% (149 de 162) dos valores de coeficientes de variação do grupo foram superiores ao limite de tolerância estabelecido ($CV \leq 30\%$), quando o limite era de 5%. Assim, apenas para 8,02% desses dados os técnicos foram considerados precisos, e, portanto não foram considerados aceitáveis em relação à precisão.

Tabela 13 – Distribuição de frequência do CV frente ao limite de tolerância para quantidades de defeitos por nível de severidade

CV	1º Ciclo de avaliações	2º Ciclo de avaliações
$\leq 30\%$	8,02%	88,24%
$> 30\%$	91,98%	11,76%
$> 60\%$	74,69%	8,82%
$> 90\%$	56,17%	2,94%

Fonte: Próprio autor (2017)

Na tabela 13 é possível verificar também que 56,17% dos valores de CV obtidos para os dados coletados nas amostras das seções 1 a 5 foram superiores a três vezes o valor limite estabelecido ($CV > 90\%$), o que representa uma alta variabilidade desses dados, ou seja, baixa precisão do grupo de avaliadores.

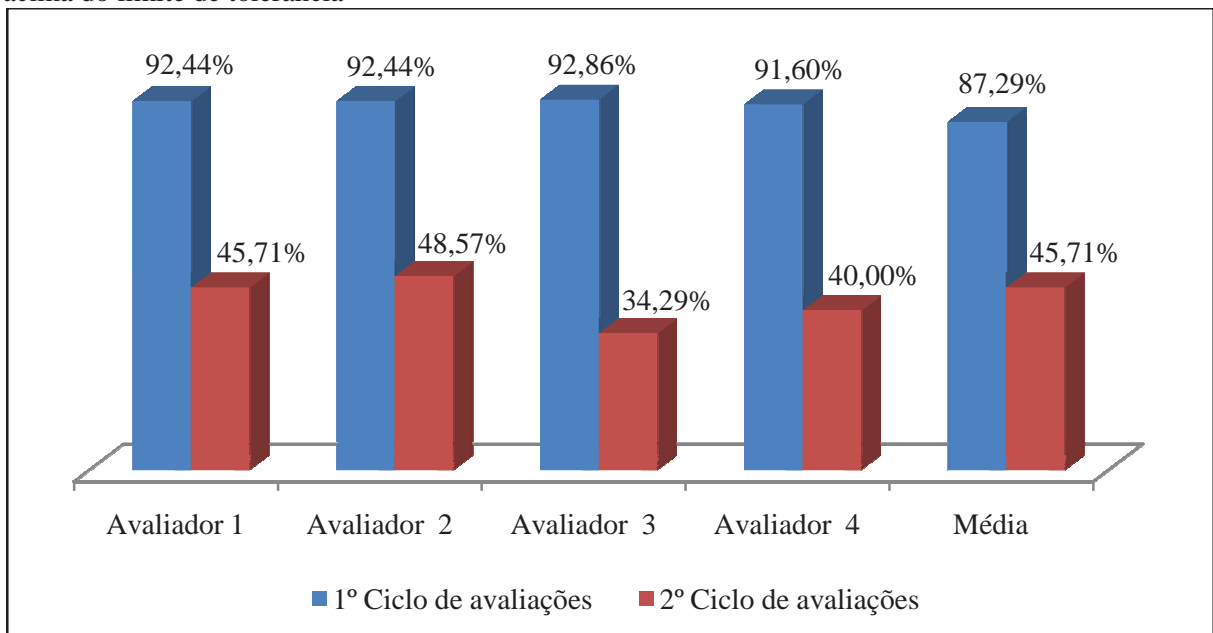
A variabilidade associada a esses dados foi superior a encontrada para os dados de quantidade total de defeitos e para os valores de PCI, entretanto, deve-se levar em consideração a baixa magnitude dos valores de densidade de defeitos em cada nível de severidade, o que pode ter influenciado os coeficientes de variação e contribuído para a alta variabilidade desses dados.

Para os dados coletados no segundo ciclo de avaliações a variabilidade foi menor, no entanto, 11,76% dos coeficientes de variação obtidos tiveram valores superiores ao limite de tolerância, e ainda não foram considerados aceitáveis.

Com relação à análise do viés dos dados de quantidade de defeitos por nível de severidade, observou-se para as amostras inspecionadas no primeiro ciclo de avaliações que em 87,29% dos valores médios do grupo os vieses ultrapassaram o limite de tolerância. Os desvios também foram elevados quando analisado os dados de cada técnico individualmente, onde ocorreram vieses acima do limite ($\pm 20\%$) em mais de 90% dos valores de densidade de defeitos para todos os avaliadores.

Na figura 61 são comparados os resultados obtidos nas análises dos vieses dos dados de quantidade de defeitos por nível de severidade coletados nos dois ciclos de avaliações. Os valores apresentados na referida figura expressam a porcentagem de dados com vieses acima do limite de tolerância.

Figura 61 – Porcentagem dos dados de quantidade de defeitos por nível de severidade com vieses acima do limite de tolerância



Fonte: Próprio autor (2017)

Verifica-se na figura 61 que houve uma evolução da qualidade dos dados entre as duas etapas de coleta, entretanto os dados não foram consistentes mesmo após o segundo treinamento, uma vez que o limite de aceitação era de no máximo 5% dos dados com vieses acima do tolerável.

Assim, a partir da análise da precisão e do viés dos dados de quantidade de defeitos por nível de severidade obtidos nas duas etapas de coleta, os mesmos não foram considerados aceitáveis, pois não se enquadraram nos critérios de qualidade estabelecidos, de forma que o grupo de técnicos apresentou baixa precisão e vieses elevados, o que demonstra a existência de problemas na coleta de dados.

A fim de comprovar a existência de falhas de classificação dos níveis de severidade dos defeitos, também foi realizada uma análise individual de cada avaliador com relação ao número de defeitos que foram identificados corretamente, determinando-se a frequência de coleta de dados em conformidade ou não com os dados de referência. Vale destacar que nesta análise não foi levado em consideração à extensão dos defeitos, apenas a ocorrência em cada uma das amostras.

Na tabela 14 são apresentados valores relativos à contagem de todos os defeitos, considerando o nível de severidade, observados ou não pelos técnicos nas amostras inspecionadas durante o primeiro ciclo de avaliações, bem como a porcentagem em relação aos valores de referência.

Na segunda e na terceira coluna da tabela 14 é apresentado o número de defeitos para cada nível de severidade que existiam nas amostras e que foram observados corretamente por cada um dos avaliadores, bem como o nível de acordo (em porcentagem) em relação aos dados de referência. Já na quarta e na quinta coluna é informado o número de defeitos que existiam e não foram reconhecidos pelos técnicos e a respectiva porcentagem de erro em relação aos dados de controle.

Tabela 14 – Conformidade na identificação dos defeitos e severidades nas amostras das seções 1 a 5

	Existente e registrada		Existente e não registrada	
	Nº de observações	(%)	Nº de observações	(%)
Avaliador 1	100,00	42,37%	136,00	57,63%
Avaliador 2	98,00	41,53%	138,00	58,47%
Avaliador 3	107,00	45,34%	129,00	54,66%
Avaliador 4	115,00	48,73%	121,00	51,27%

Fonte: Próprio autor (2017)

A partir dos dados informados na tabela 14 verifica-se que ocorreram vários erros de identificação dos defeitos e de classificação do nível de severidade. Para o avaliador 4 que apresentou o melhor desempenho com relação ao reconhecimento dos defeitos, observou-se que o mesmo registrou corretamente os defeitos e sua severidade apenas em 48,73% das ocorrências (115 de 236), ou seja, 51,27% dos defeitos existentes nas amostras das seções 1 a 5 não foram registrados, sendo que para os demais técnicos o resultado foi ainda pior.

Já para os dados coletados no segundo ciclo de avaliações houve uma evolução considerável para os quatro técnicos, entretanto ainda ocorreram alguns erros de identificação dos defeitos e de classificação dos níveis de severidade, conforme pode ser observado na tabela 15.

Tabela 15 – Conformidade na identificação dos defeitos e severidades nas amostras das seções 6 a 10

	Existente e registrada		Existente e não registrada	
	Nº de observações	(%)	Nº de observações	(%)
Avaliador 1	32,00	91,43%	3,00	8,57%
Avaliador 2	34,00	97,14%	1,00	2,86%
Avaliador 3	33,00	94,29%	2,00	5,71%
Avaliador 4	34,00	97,14%	1,00	2,86%

Fonte: Próprio autor (2017)

Sendo assim, a partir da investigação dos dados de quantidade de defeitos considerando o nível de severidade, por meio da análise da precisão e do viés, bem como da conformidade de cada avaliador com relação à identificação dos defeitos existentes nas amostras inspecionadas durante dos dois ciclos de avaliações, constatou-se a existência de falhas com relação ao reconhecimento dos defeitos e a classificação dos níveis de severidade, as quais certamente contribuíram para a baixa precisão e exatidão dos dados coletados pelos quatro técnicos principalmente na primeira etapa de avaliações.

Desta maneira, a análise dos dados de quantidade de defeitos permitiu a identificação de falhas dos técnicos nas avaliações de amostras de vias, alertando sobre os problemas relacionados às inspeções manuais de pavimentos e a baixa qualidade dos dados, e auxiliando no processo de treinamento dos técnicos.

4.2.4 Análise geral dos resultados

Após a análise dos dados obtidos pelos técnicos avaliadores em dois ciclos de inspeções de amostras de pavimento de vias urbanas, com relação à precisão e ao viés para os valores de índices de condição do pavimento calculados para cada amostra, bem como para as quantidades totais e individuais de cada defeito, seguem os principais destaques.

A variabilidade do conjunto de dados de PCI obtidos pelo grupo de técnicos no primeiro ciclo de avaliações foi elevada, sendo que para quase 70% das amostras os coeficientes de variação estão acima dos limites de tolerância e em mais de 20% das amostras os valores ultrapassam a marca de três vezes o valor limite, ao passo que para os dados obtidos após o segundo treinamento, a variabilidade pode ser considerada baixa para a maioria das amostras (60%), sendo que mesmo para os outros 40% a magnitude dos valores de CV não foi tão elevada quanto na primeira etapa de avaliações.

A precisão do grupo de técnicos em relação aos valores dos índices de condição do pavimento para todas as amostras inspecionadas não foi aceitável, mesmo para o segundo ciclo de avaliações onde os coeficientes de variação obtidos foram bem inferiores, pois ainda assim não atenderam aos critérios estabelecidos nesse estudo, entretanto houve uma evolução considerável.

Os vieses dos dados de PCI para as amostras inspecionadas durante o primeiro ciclo de avaliações também foram elevados, pois para a média do grupo, em 40% das amostras os valores ficaram acima do limite de tolerância estabelecido, e em 16% ultrapassaram valores duas vezes superiores a esse limite. Da mesma forma, em análise individual (por técnico), também ocorreram valores de vieses elevados em um número considerável de amostras.

Todavia, para os dados de PCI obtidos no segundo ciclo de avaliações os resultados foram satisfatórios, sendo que para a média do grupo de técnicos, em todas as amostras, os vieses foram baixos, inferiores ao limite de tolerância. Já em análise individual, dois técnicos obtiveram vieses acima do limite em 20% das amostras, entretanto, em 90% das inspeções ocorreram valores abaixo do limite estabelecido.

Assim, considerando os valores de viés, foi possível concluir que após o segundo treinamento os dados de PCI obtidos pelo grupo de técnicos representaram adequadamente, com confiança, o valor de referência, ou seja, a média do grupo representou uma estimativa viável para o valor “verdadeiro”. Já em análise individual pode-se concluir que dois técnicos obtiveram dados consistentes e dois dos técnicos ainda apresentaram vieses acima dos limites estabelecidos e precisariam receber instrução complementar.

Vale salientar que a evolução dos dados de PCI entre as duas etapas de avaliações foi notável, uma vez que para os dados obtidos na primeira etapa de avaliações, os vieses tanto da média, como individuais, de todos os técnicos, foram superiores ao limite de aceitação dos dados, ou seja, mais de 5% dos dados estavam acima do limite de tolerância (± 8 PCI), e assim os dados não representavam com confiança os valores de referência e não poderiam ser considerados como uma estimativa viável para os valores “verdadeiros”.

Analisando os resultados individuais de cada técnico em relação aos dados de PCI para as 30 amostras inspecionadas nesse estudo, foi possível verificar que o avaliador 4 foi o que conseguiu o melhor desempenho na avaliação das amostras de vias, uma vez que obteve consistência em seus dados em 86,7% das amostras, seguido do avaliador 3 e do avaliador 1, com 63,3% e 60% respectivamente, de forma que o avaliador 2 foi o que apresentou menor quantidade de dados de PCI dentro do limite de tolerância (53,3%).

Por outro lado, analisando os resultados obtidos em cada etapa de avaliação separadamente, percebe-se que o avaliador 2 apresentou o pior desempenho no primeiro ciclo de inspeções, no entanto, foi este avaliador que apresentou a melhor evolução nos dados de PCI em relação ao treinamento complementar, pois juntamente com o avaliador 4 obteve os melhores resultados de PCI nas avaliações das amostras referentes a segunda etapa de inspeções.

Considerando apenas os resultados obtidos no segundo ciclo de avaliações, após a realização das duas etapas de treinamento, foi possível verificar que o avaliador 2 e o avaliador 4 obtiveram os melhores resultados, ou seja, ambos tiveram dados consistentes em todas as amostras, já os avaliadores 1 e 3 apresentaram dados inconsistentes em 20% dos dados de PCI obtidos.

Sendo assim, a partir da análise dos valores de PCI pode-se concluir que os avaliadores 2 e 4 estariam aptos a proceder a coleta de dados de condição da malha viária, pois obtiveram dados consistentes em mais de 95% do tempo, sendo que os demais (avaliadores 1 e 3) teriam que receber treinamento complementar ou serem substituídos por avaliadores mais capacitados caso não atendam aos critérios estabelecidos mesmo após repetidos processos de treinamento.

Com relação à variabilidade dos dados, foi observada a existência de influência da magnitude dos valores de PCI (média) sobre os valores de coeficiente de variação. Houve uma tendência de valores de coeficientes de variação maiores para índices de condição do pavimento menores, a qual se acentuou para os valores de PCI mais próximos a zero.

Observou-se que os maiores valores de coeficiente de variação estão relacionados aos dados de PCI de menor magnitude, em geral inferiores a 15 PCI, no entanto, embora exista essa tendência, a variabilidade verificada não foi uniforme.

Também foi realizada uma análise para verificar se o desvio padrão era influenciado pela magnitude dos valores do PCI, sendo que a partir da interpretação do gráfico de tendências do DP vs média foi constatada uma tendência discreta de aumento dos valores de desvio padrão com o incremento do valor do PCI (média), no entanto, considerando que os valores de desvio padrão encontrados não foram uniformes, tal tendência não foi considerada relevante.

Com relação aos vieses não foram observadas tendências em relação à magnitude dos valores de PCI, sendo que em geral os mesmos também não apresentaram uniformidade.

Vale destacar que não foi observada nenhuma tendência nos valores dos índices de condição do pavimento de qualquer dos avaliadores, ou seja, não ocorreram tendências de obtenção de valores sempre abaixo ou sempre acima dos valores médios ou de referência.

Considerando que as coletas de dados foram realizadas em duas etapas, onde foi realizado um treinamento complementar entre o primeiro e o segundo ciclo de avaliações, foi possível verificar uma redução na variabilidade associada aos valores de PCI do grupo, no entanto foi em relação ao viés que ocorreu maior evolução na qualidade dos dados, tanto em relação à média do grupo, como para os técnicos individualmente. Essa evolução na qualidade dos dados pode ser atribuída ao aperfeiçoamento dos técnicos em decorrência do treinamento, muito embora uma parcela possa estar associada à experiência adquirida nas avaliações.

Observou-se que os dois técnicos com formação em engenharia civil (avaliadores 2 e 4) obtiveram um resultado melhor em comparação aos outros dois avaliadores que não tinham formação na área. Todavia, apesar dos dados de PCI apresentarem-se mais consistentes para os técnicos com formação na área em estudo, considerando os dados obtidos após o segundo treinamento, de modo geral não foi possível afirmar por meio desse estudo que o nível e ou a área de formação dos técnicos tenha influenciado ou seja um diferencial na melhoria da qualidade dos dados de condição de pavimentos, apenas que existe uma tendência nesse sentido.

Vale lembrar que para os dois técnicos sem formação na área os dados de PCI obtidos no segundo ciclo de avaliações não foram precisos apenas em uma das amostras, sendo conveniente a realização de estudos em um número maior de amostras para comprovar essa tendência.

Por outro lado, o nível de treinamento dos técnicos influenciou na qualidade dos dados. A análise comparativa entre os dados de PCI obtidos durante os dois ciclos de avaliações, para os dois níveis de treinamento, evidenciou uma melhora significativa na qualidade dos dados, principalmente com relação aos valores dos vieses (exatidão), tanto para a média do grupo, quanto para os valores individuais de cada técnico.

Com relação à análise dos dados de quantidade total de defeitos, a variabilidade encontrada foi elevada e extrapolou o limite considerado aceitável para os dados referentes às amostras inspecionadas no primeiro ciclo de avaliações, no entanto evoluíram significativamente na segunda fase de coletas, ao passo que os dados foram considerados precisos, uma vez que atenderam aos limites de tolerância e aceitação estabelecidos.

Quanto aos vieses associados aos dados de quantidade total de defeitos, os mesmos foram considerados elevados, principalmente para os valores obtidos na primeira etapa de avaliações, sendo que apesar do progresso na qualidade dos dados coletados após o treinamento complementar dos técnicos, os mesmos ainda não foram aceitáveis.

A elevada variabilidade associada aos dados de densidade total para cada tipo de defeito observado nas amostras inspecionadas no primeiro ciclo de avaliações, bem como a alta magnitude dos vieses dos dados obtidos nos dois ciclos de avaliações foram atribuídas às diferenças de extensão de cada defeito registrado por cada técnico, que por sua vez foram associadas principalmente a falhas de medição e também de identificação dos defeitos.

Comparando os resultados obtidos nas análises de precisão e do viés referente aos dados de PCI e de quantidade total de defeitos para os dois ciclos de avaliações, observou-se que os valores de CV são compatíveis para os dados obtidos na primeira etapa de coleta, porém para os dados do segundo ciclo de avaliações percebeu-se que a precisão do grupo de técnicos em relação à densidade total de defeitos foi melhor que para os respectivos dados de PCI, entretanto esse efeito teve influência do reduzido número de dados de PCI obtidos na segunda etapa de inspeções, e portanto não pode ser legitimado nesse estudo.

Já com relação ao viés, verificou-se que a magnitude dos desvios para os dados de quantidade total de defeitos foi maior que os vieses obtidos para os dados de PCI para ambas as etapas de coleta de dados.

Enquanto os vieses dos dados de densidade total de defeitos não se mostraram adequados em função do não enquadramento aos limites estabelecidos, os vieses dos dados de PCI para as amostras inspecionadas após o segundo treinamento dos técnicos atenderam ao limite de aceitabilidade para a média do grupo e para dois avaliadores.

A obtenção de um resultado melhor quanto ao viés para os valores de PCI em relação aos dados de quantidade total de defeitos está associada ao efeito das curvas de dedução utilizadas no cálculo do PCI, que transformam a extensão dos defeitos para cada nível de gravidade em valores a deduzir, as quais ponderam cada uma das ocorrências em função da extensão, da severidade e do peso (impacto) do respectivo defeito na qualidade do pavimento, reduzindo a variabilidade e a influencia das diferenças nominais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÃO

A avaliação de pavimentos é uma etapa essencial em um sistema de gerenciamento de pavimentos, e visa fornecer dados sobre a condição dos mesmos para tomadas de decisão relativas à manutenção e reabilitação dessas estruturas. Sendo assim, é fundamental que os dados coletados representem com a máxima fidelidade a situação real dos pavimentos, caso contrário tais dados poderão impactar negativamente em todo o sistema.

Nesse sentido, o presente trabalho apresentou um procedimento para controle de qualidade aplicado a inspeção visual de pavimentos flexíveis urbanos, a fim de contribuir para o processo de treinamento de técnicos avaliadores e consequentemente para melhoria da qualidade dos dados de condição de pavimentos.

Sendo assim, nesse estudo foi realizada a quantificação da variabilidade e dos vieses associados aos dados de condição de pavimentos obtidos por quatro técnicos em trinta amostras de vias urbanas, bem como foram definidos critérios para aceitação desses dados a partir da análise da precisão e viés dos mesmos. As avaliações foram realizadas em dois ciclos de treinamento e os técnicos possuíam habilidades diferenciadas, sendo que a partir da análise desses dados foi possível chegar a conclusões, dentre as quais se destacam as seguintes.

A metodologia ASTM D6433-11 utilizada na coleta de dados desse estudo demonstrou ser adequada à avaliação da condição superficial de pavimentos flexíveis urbanos, e pode ser uma opção viável para a coleta de dados para tomadas de decisões em sistemas de gerenciamento de pavimentos também para as cidades brasileiras.

O procedimento proposto permitiu a quantificação da variabilidade associada aos dados de PCI e de quantidade de defeitos coletados por diferentes avaliadores e também a quantificação do viés em relação a valores de referência, evidenciando a magnitude da variabilidade e dos vieses associados a esses dados, alertando para a importância do controle de qualidade antes e durante os ciclos de coletas de dados e auxiliando na tomada de medidas para melhoria da qualidade desses dados.

A variabilidade e os vieses observados nos dados coletados pelos técnicos no primeiro ciclo de avaliações foram elevados, comprovando que a falta de controle de qualidade na obtenção dos dados pode trazer sérios riscos ao processo de tomada de decisões, podendo

inclusive comprometer a utilização dos dados coletados a depender da natureza das decisões a serem tomadas.

A partir da análise dos dados de quantidade total de defeitos e de quantidade de defeitos por nível de severidade foi possível identificar falhas na coleta de dados realizada pelos técnicos, sendo erros de medição da extensão, de reconhecimento do tipo de defeito e de classificação do nível de severidade, bem como foi possível determinar os defeitos onde ocorreram os maiores erros de avaliação, gerando informações úteis para o aprimoramento do processo de coleta de dados.

O procedimento realizado propiciou a constatação de inconsistências nos valores obtidos pelo grupo de técnicos, bem como a identificação de problemas nos levantamentos de campo para cada avaliador individualmente, o que permitiu um treinamento complementar direcionado as deficiências observadas para cada técnico e assim a obtenção de dados melhores na segunda etapa de avaliações.

O levantamento de dados de condição de pavimentos a partir de dois ciclos de avaliações possibilitou a percepção da evolução na qualidade dos dados que pode ser atribuída ao aperfeiçoamento dos técnicos, ressaltando a influência do treinamento dos mesmos nos resultados, e comprovando que o procedimento proposto pode auxiliar no processo de treinamento dos técnicos avaliadores e assim propiciar a coleta de dados de melhor qualidade.

O procedimento proposto e testado nesse estudo apresentou bons resultados e possibilitou a avaliação do grupo de técnicos e também de cada técnico individualmente, bem como a verificação das necessidades de treinamento complementar para cada técnico ou aceitação do mesmo para início da coleta de dados em seções de vias.

Os testes realizados com dados reais comprovaram que o procedimento de controle de qualidade proposto pode ser utilizado no aprimoramento do processo de treinamento dos técnicos avaliadores, bem como durante os períodos de avaliação da malha viária para verificação da conformidade dos dados que estão sendo coletados, proporcionando assim a obtenção de dados de condição de pavimentos de melhor qualidade, atendendo ao objetivo geral desse estudo.

Durante o desenvolvimento desse estudo observou-se também o atendimento de todos os objetivos específicos elencados preliminarmente, sendo que o estabelecimento dos procedimentos e critérios para verificação da qualidade dos dados foi realizado ainda no planejamento experimental e definição dos procedimentos metodológicos. Já a aplicação da metodologia ASTM D6433-11 foi atendida quando da realização da coleta de dados em

campo em seções de vias urbanas, e os outros dois objetivos específicos foram atendidos após a obtenção dos dados em campo, a partir do cálculo dos índices de condição do pavimento e determinação do conceito dos mesmos em cada amostra, e por meio da análise dos dados obtidos nesse estudo.

Por fim, conclui-se que o procedimento proposto mostrou-se viável para o controle de qualidade de inspeções visuais de pavimentos flexíveis urbanos, de forma que pode ser utilizado por órgãos gestores de infraestruturas viárias que queiram iniciar ou aprimorar o processo de coleta de dados de condição de pavimentos por meio de avaliações manuais, uma vez que permite a formação de equipes de técnicos avaliadores mais consistentes, propiciando a obtenção de dados de melhor qualidade, além de ser uma ferramenta de baixo custo e, portanto acessível inclusive a pequenas e médias cidades.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Considerando que a construção do conhecimento é um processo contínuo, para trabalhos futuros que tenham temas afins a esta pesquisa, seguem algumas sugestões.

O coeficiente de variação pode não ser o melhor indicador para verificação da precisão para dados com magnitudes muito pequenas, pois pode sofrer distorções por ser influenciado por valores de baixa grandeza, assim, um estudo mais aprofundado pode ser recomendado nesse sentido.

O índice de condição do pavimento (PCI) é calculado através de um processo relativamente simples, entretanto requer um trabalho fastidioso quando o número de seções inspecionadas é elevado, nesse sentido, sugere-se a busca por programas que realizem esses cálculos automaticamente a fim de agilizar o processo de cálculo do PCI das seções de vias.

A análise da repetibilidade, não realizada nesse estudo, pode trazer contribuições importantes para o processo de treinamento e aprimoramento dos técnicos avaliadores, dessa forma, sugere-se a verificação da repetibilidade das avaliações manuais de pavimentos realizadas por um mesmo técnico, por meio da repetição dos levantamentos, no entanto, deve-se atentar para a dependência dos resultados obtidos.

O tempo despendido para avaliação de cada amostra pode influenciar a variabilidade e a magnitude dos vieses dos dados de condição de pavimentos obtidos por vários técnicos, sendo assim, sugere-se que o mesmo seja considerado em análises de dados similares as

realizadas nesse estudo, seja como variável de controle, seja como fator de ruído a ser atenuado.

Por fim, sugere-se a realização de um estudo similar ao apresentado, aplicado a avaliação de vias revestidas por paralelepípedos e pedras irregulares, visando o aperfeiçoamento do processo de avaliação para esses tipos de pavimentos que são muito comuns nas malhas viárias das cidades brasileiras.

REFERÊNCIAS

- AARoads. See the road before you go. In: FORUM, 2010. Disponível em: <<http://www.aaroads.com/forum/index.php?topic=3002.0>>. Acesso em: 29 mai. 2016.
- ARHIN, S. A. et al. Predicting pavement condition index using international roughness index in a dense urban area. **Journal of Civil Engineering Research**, v. 5, n. 1, p. 10-7, 2015.
- ASTM INTERNATIONAL. **Standard practice for roads and parking lots pavement condition index surveys**. Texas, fev. 2015. 49 p.
- BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- BASÍLIO, Rafael. **Análise do comportamento de pavimentos de rodovias estaduais de Goiás – Estudo de caso**. 2002. Dissertação de Mestrado em Engenharia – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- BENNETT, C. R.; SOLMINHAC, H.; CHAMORRO, A. **Data collection technologies for road management**. Washington, DC: The World Bank, 2006. 8 p.
- BERNUCCI, Liedi Bariani, et al. **Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: ABEDA – Petrobrás, 2006. 504 p.
- BIANCHINI, Alessandra; BANDINI, Paola; SMITH, David W. Interrater reliability of manual pavement distress evaluations. **Journal of Transportation Engineering**, ASCE, vol. 136:2, p. 165-172, 2010.
- BOGUS, Susan M., et al. Rank correlation method for evaluating manual pavement distress data variability. **Journal of Infrastructure Systems**, ASCE, vol. 16:1, p. 66-72, 2010.
- BOGUS, Susan.M; MIGLIACCIO, G.C. e CORDOVA, A. A. Performance of manual condition surveys using inter-rater agreement measurements. IRBnet: Innovative solutions for compliance and research management, [2009?]. Disponível em: <<http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB19056.pdf>> Acesso em: 06 jun. 2016.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos: Terminologia**. Rio de Janeiro: DNIT, 2003. 12 p.
- _____. **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. 384 p.
- _____. **Manual de gerência de pavimentos**. Rio de Janeiro: DNIT, 2011. 189 p.
- CAVALCANTE, D. G. et al. Levantamento visual das patologias na cidade de Manaus-Am. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n. 19, p. 77-87, maio 2012.

DAL MOLIN, Denise Carpena Coutinho; KULAKOWSKI, Marlova Piva; e RIBEIRO, José Luis Duarte. **Contribuições ao planejamento de experimentos em projetos de pesquisa de engenharia civil**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n.2, p. 37-49, 2005.

DANIELESKI, M. L. **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos**: aplicação à rede viária de Porto Alegre. 2004. 187 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

DETRAN/SC - Departamento Estadual de Trânsito de Santa Catarina. Estatística: Veículos – Xanxerê, 2017. Disponível em: <http://consultas.detrannet.sc.gov.br/Estatistica/Veiculos/winVeiculos.asp?lst_municipio=8383&nome_munic=XANXERE&lst_ano=2017&lst_mes=2>. Acesso em: 02 mar. 2017.

DOWNING, Douglas; CLARK, Jeffrey. **Estatística Aplicada**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2002. 351 p.

FERNANDES JR., J. L. **Sistemas de Gerência de Pavimentos para Cidades de Médio Porte**. Tese de Livre Docência – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001. 109 p.

FERNANDES JR., J. L.; LOPES, S. B.; PFAFFENBICHLER, P. C. Dynamic modeling of an urban pavement management system directly connected to a gis. **IJP**, v. 11, n. 1-2-3, p. 1-12, jan./may/sep. 2012.

FHWA. Federal Highway Administration. **Pavement distress identification manual**. [s.l.]: Department of Transportation United States of America, [2009?]. 30 p.

FHWA. Federal Highway Administration. **Distress identification manual for the long-term pavement performance program**: Department of Transportation United States of America, 2014. 146 p.

GHARAIBEH, Nasir. G. et al. **Evaluation and development of pavement scores, performance models and needs estimates**: phase I activities. Texas, USA, 2011. 148 p.

GHARAIBEH, Nasir G.; ZOU, Yajie e SALIMINEJAD, Siamak. Assessing the agreement among pavement condition indexes. **Journal of Transportation Engineering**, ASCE, vol. 136:8, p. 765-772, 2010.

GIRIMATH, S. B. et al. Pavement management system for urban roads. **IJSRD - International Journal for Scientific Research & Development**, v. 2, n. 3, p. 282-84, 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Santa Catarina: Xanxerê – infográficos: dados gerais do município**. Brasília: IBGE, 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=421950&search=%7Cxanxere&lang=>>>. Acesso em: 14 nov. 2015.

LANDERS, S. et al. **Development and calibration of a pavement surface performance measure and prediction models for the British Columbia pavement management system**. In: Transportation Association of Canadá, Conference – Winnipeg, 2002. 17 p.

LIMA, J. P. et al. Processo hierárquico analítico na gestão da conservação de vias urbanas pavimentadas. In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2008, **Anais...** Rio de Janeiro, 2008. 14 p.

LIMA, J. P.; RAMOS, R. A. R.; FERNANDES JUNIOR, J. L. A prática de gestão de pavimentos em cidades médias brasileiras. In: Congresso Luso-Brasileiro para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, 2, 2006, Braga, Portugal. **Anais do Pluris**, Braga, Portugal: Universidade do Minho, 2006.

MIGLIACCIO, G. C.; BOGUS, Susan M.; CORDOVA, A. A. Continuous quality improvement techniques for data collection in asset management systems. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, vol. 140:4, 2014.

MONTGOMERY, Douglas C. **Design and analysis of experiments**. 5. ed. United States of America: John Wiley & Sons, 1997.

NCHRP – NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM. **Synthesis 335**: pavement management applications using geographic information systems. Washington, DC, 2004.

_____. **Synthesis 401**: quality management of pavement condition data collection. Washington, DC, 2009.

OLIVEIRA, Francisco Heber Lacerda de, NOBRE JÚNIOR, Ernesto Ferreira. Correção de patologia em pavimento asfáltico aeroportuário. In: SITRAER – Simpósio de Transporte Aéreo, VII, 2008, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.berater.com.br/wp-content/uploads/2014/02/Artigo-VII-SITRAER-Recupera+%C2%BA+%C3%BAo-das-bordas-p+%C3%ADtio-SBFZ.pdf>>. Acesso em: 29 mai. 2016.

OLIVEIRA, J. J. de. **Experiência de implantação de sistema de gerência de pavimentos em cidade de médio porte – estudo de caso**: Anápolis-GO. 2013. 167 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

ONG, Ghim Ping e SINHA, Kumares C. Pavement condition data integrity quality assurance using an information management approach. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, vol. 9, p. 1240-1253, 2011.

PÁEZ, E. M. A. **Índice de Condição do Pavimento (ICP) para aplicação em sistemas de gerência de pavimentos urbanos**. 2015. 151 f. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, 2015.

PARK, K.; THOMAS, N. E.; LEE, K. W. Applicability of the international roughness index as a predictor of asphalt pavement condition. **J. Transp. Eng.**, v. 133, p. 706-09, 2007.

PAVEMANPRO. 13 Pavement defects and failures you should know. Disponível em: <http://www.pavemanpro.com/article/identifying_asphalt_pavement_defects/>. Acesso em: 29 mai. 2016.

PICADO-SANTOS, L.; FERREIRA, A.; PEREIRA, P. A. A. Estruturação de um sistema de gestão de pavimentos para uma rede rodoviária de caráter nacional. **Engenharia Civil**, n. 26, p. 45-59, 2006.

PIERCE, L. M.; MCGOVERN, G.; ZIMMERMAN, K. A. **Practical guide for quality management of pavement condition data collection**. Washington, DC: Federal Highway Administration, 2013. 170 p.

PRESTES, Marilez Pôrto. **Métodos de avaliação visual de pavimentos flexíveis - Um estudo comparativo**. 2001. Dissertação de Mestrado Profissionalizante em Engenharia – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

RADA, G. R. et al. Update of Long-Term Pavement Performance - Manual distress data variability. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 1643, n. 98-1008, p. 71-79, 1998.

SARSAM, S. I.; ABDULHAMEED, A. T. Development of pavement maintenance management system for Baghdad urban roadway network. **Journal of Engineering**, v. 20, n. 3, p. 1-13, 2014.

SARSAM, S. I.; RAZZOKI, S. E.; NAJIM, S. H. Implementation of decision support system (DSS) in pavement maintenance management. **International Journal of Economics and Business Administration**, v. 1, n. 2, p. 71-81, 2015.

SCARANTO, M. **Procedimentos aplicáveis na definição de medidas para a manutenção de pavimentos urbanos com revestimentos asfálticos**. 2007. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo/RS, 2007.

SHAH, Y. U. et al. Development of overall pavement condition index for urban road network. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, Noida, Índia, v. 104, p. 332-41, 2013a.

SHAH, Y. U. et al. Modeling the pavement serviceability index for urban roads in noida. **Int. J. Pavement Res. Technol.**, v. 6, n. 1, p. 66-7, 2013b.

SHAH, Y. U.; JAIN, S. S.; PARIDA, M. Evaluation of prioritization methods for effective pavement maintenance of urban roads. **International Journal of Pavement Engineering**, v. 15, n. 3, p. 238-50, 2014.

SHAHIN, M. Y. **Pavement management for airports, roads, and parking lots**. 2. ed. New York, USA: Springer, 2005.

SHAHIN, Mohamed Y ; KOHN, Starr D. **Development of a pavement condition rating procedure for roads, streets, and parking lots**. Vol. 2. Distress identification manual. CERL-TR-M-268. U.S. Army, 1979.

SHAHIN, M.Y; WALTHER, J. A. **Pavement maintenance management for roads and streets using the PAVER System**. USACERL Technical Report. US Army Corps of Engineers, 1990.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat . **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2005.

SILVA, Luiz Antonio da. **Sistema de gerência de pavimentos do DER/SP**. 2008. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

SOARES, L. F.; ILDEFONSO, J. S. **Métodos de avaliação visual da condição superficial de pavimentos flexíveis**: um estudo comparativo na cidade de Maringá-PR. In: IV Seminário de Engenharia Civil da UEM, nov. 2014. 12 p.

SOUZA, P. M. **Proposta de implementação do sistema de gerência de pavimentos para a cidade do Rio de Janeiro**. 2015. 151 f. Projeto de Graduação (Curso de Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

SUDHAKAR, R. **Pavement maintenance management system for urban roads using HDM-4**. Indian Geotechnical Society Chennai Chapter, 2009.

TAN, Sui G. e CHENG, DingXin. Improving data quality for pavement management system. In: 9th International Conference on Managing Pavement Assets, 2014, Washington, DC. Disponível em: <<http://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/56440/ICMPA9-000193.PDF?sequence=2&isAllowed=y>>. Acesso em: 06 jun. 2016.

TAVAKOLI, A.; LAPIN, M. S.; FIGUEROA, J. L. PMSC: Pavement management system for small communities. **J. Transp. Eng.**, v. 118, p. 270-80, 1992.

TECHNE. Selagem asfáltica de fissuras de pavimentos. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/110/artigo286007-1.aspx>>. Acesso em: 29 mai. 2016.

TOMBINI, Débora Aparecida, **A formação territorial da cidade de Xanxerê, SC**. 2015. 163f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – UNIOESTE / Campus de Francisco Beltrão, 2015.

TROMBETTA, Jairo, **Subsídios para a tomada de decisão na gestão da infraestrutura viária urbana: aplicação nos pavimentos asfálticos no município de Pato Branco – PR**. 2010. 145f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – UPF / Campus de Passo Fundo, 2010.

VELOBUSDRIVER. Transit Improvements. 2012. Disponível em: <<https://velobusdriver.com/tag/transit-improvements/>>. Acesso em: 29 mai. 2016.

VISHWANATH, G. et al. Development of pavement management strategies for arterial roads. **IJRET – International Journal of Research in Engineering and Technology**, p. 174-79, nov. 2013.

ZANCHETTA, F. et al. **Considerações sobre avaliações de vias para a implantação de um sistema de gerência de pavimentos urbanos**. In: XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, p. 27-34, 2005.

APÊNDICES

APÊNDICE 1. Formulário para avaliação da condição superficial de pavimentos urbanos adaptado de Trombetta (2010) e ASTM (2015)

FORMULÁRIO PARA AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS URBANOS											
Nome do avaliador:						Seção n°:			Unid. amostra n°:		
Cidade/Bairro:						Extensão seção:			Extensão amostra:		
Nome da via:						Largura seção:			Largura amostra:		
Tipo de pavimento:						Área da seção:			Área da amostra:		
Data:		Horário:		Avaliação n°:			Temp. do pavimento:				
Coordenadas geográficas da seção (inicial):						(final):					
Sentido da coleta (Rua A → Rua B):											
Tipo de defeito											
1. Afundamento localizado	Área (m ²)	8. Polimento de agregado	Área (m ²)	15. Trinca em deslizamento	Área (m ²)						
2. Afundamento em trilha de roda	Área (m ²)	9. Remendo	Área (m ²)	16. Escorregamento	Área (m ²)						
3. Corrugação	Área (m ²)	10. Trinca de bloco	Área (m ²)	17. Desagregação superficial	Área (m ²)						
4. Desgaste superficial	Área (m ²)	11. Trinca longitudinal	Linear(m)	18. Inchamento	Área (m ²)						
5. Elevação e depressão	Linear (m)	12. Trinca de reflexão	Linear(m)	19. Cruzamento em linha férrea	Área (m ²)						
6. Exsudação de asfalto	Área (m ²)	13. Trinca couro de jacaré	Área (m ²)	Severidade							
7. Panela	Unidade	14. Trinca transversal	Linear(m)	B - Baixa		M - Média		A - Alta			
Layout de distribuição dos defeitos (croqui):											
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14											
20											
20 40 60 80 100 120 140 160 180 200											
15											
10											
5											
1											
Defeitos / Anotações:											

APÊNDICE 2. Planilha para cálculo de valores de dedução e do índice de condição do pavimento adaptada de ASTM (2015)

PLANILHA PARA CALCULO DOS VALORES DE DEDUÇÃO E DO ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO											
Nome do avaliador:							Seção nº:		Unid. amostra nº:		
Cidade/Bairro:							Avaliação nº:		Área da amostra:		
Nome da via:									Data:		
CALCULO DOS VALORES DE DEDUÇÃO INDIVIDUAIS											
Defeito Severidade	Quantidade								Total	Densidade (%)	Valor de dedução
CALCULO DOS VALORES TOTAIS DE DEDUÇÃO CORRIGIDOS E DO PCI DA AMOSTRA											
Iteração	Valores de dedução								Total	q	VDC
Max VDC =				PCI = 100 - Max VDC =				Classificação =			

APÊNDICE 3. Formulário de avaliação da condição superficial de pavimento preenchido

FORMULÁRIO PARA AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS URBANOS																							
Nome do avaliador: <u>Leandro</u>		Seção n°: <u>01</u>	Unid. amostra n°: <u>03</u>																				
Cidade/Bairro: <u>Xanxerê / centro</u>		Extensão seção: <u>100,00</u>	Extensão amostra: <u>20,00</u>																				
Nome da via: <u>Joinville</u>		Largura seção: <u>9,00</u>	Largura amostra: <u>9,00</u>																				
Tipo de pavimento: <u>Asfalto</u>		Área da seção: <u>900,00</u>	Área da amostra: <u>180,00</u>																				
Data: <u>02/09/2016</u>	Horário: <u>15:04 - 15:51</u>	Avaliação n°: <u>03</u>	Temp. do pavimento: <u>34,0</u>																				
Coordenadas geográficas da seção (inicial): (final):																							
Sentido da coleta (Rua A → Rua B): <u>Maranhão → Pavaná</u>																							
Tipo de defeito																							
1. Afundamento localizado	Área (m²)	8. Polimento de agregado	Área (m²)																				
2. Afundamento em trilha de roda	Área (m²)	9. Remendo	Área (m²)																				
3. Corrugação	Área (m²)	10. Trinca de bloco	Área (m²)																				
4. Desgaste superficial	Área (m²)	11. Trinca longitudinal	Linear(m)																				
5. Elevação e depressão	Linear (m)	12. Trinca de reflexão	Linear(m)																				
6. Exsudação de asfalto	Área (m²)	13. Trinca couro de jacaré	Área (m²)																				
7. Panela	Unidade	14. Trinca transversal	Linear(m)																				
		Severidade																					
		B - Baixa	M - Média A - Alta																				
Layout de distribuição dos defeitos (erqui):		Identificação da amostra na seção																					
		<table border="1"> <tr> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> <td>140</td> <td>160</td> <td>180</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		20	40	60	80	100	120	140	160	180	200										
20	40	60	80	100	120	140	160	180	200														
Defeitos / Anotações:																							
2B - 25,04 + 15,62 + 24,44 + 18,59																							
2M - 5,72																							
7B - 1																							
10B - 2,35																							
13B - 0,1																							
13M - 2,86																							
13A - 13,5 + 6,3 + 3,7 + 19,69 + 6,12 + 1,9 + 0,5 + 4,5 + 16,2 + 3,36 + 1,1																							

APÊNDICE 5. Tabela com valores de quantidade total de defeitos e suas estatísticas para as amostras das seções 1 a 5

Valores de densidade total de defeitos da seção 1 (rua Joinvile) e suas estatísticas													
Tipo de defeito	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín	Máx	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés*
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 1 ...													
Af. loc.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,65	Sim
Af. roda	40,0	20,0	44,4	43,6	45,0	20,0	44,4	37,01	5,75	11,51	31,08	8,02	Não
Remen.	1,7	0,8	0,0	2,3	1,6	0,0	2,3	1,20	0,51	1,02	84,74	0,44	Sim
T. bloco	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,96	Sim
T. jacaré	89,3	72,0	95,0	89,7	78,5	72,0	95,0	86,52	5,00	10,00	11,55	7,98	Não
... Amostra 2 ...													
Af. loc.	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	5,00	Sim
Af. roda	31,9	16,4	21,7	23,5	24,7	16,4	31,9	23,38	3,22	6,44	27,54	1,32	Não
Remen.	1,1	1,2	0,6	0,9	2,4	0,6	1,2	0,94	0,14	0,29	30,58	1,42	Sim
T. bloco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00		0,48	Sim
T. jacaré	71,4	66,6	67,2	65,8	59,7	65,8	71,4	67,74	1,25	2,50	3,69	8,00	Não
T. trans.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,15	Sim
... Amostra 3 ...													
Af. loc.	2,8	3,8	2,5	0,0	2,0	0,0	3,8	2,26	0,80	1,60	70,77	0,23	Não
Af. roda	27,5	16,7	26,7	33,3	46,1	16,7	33,3	26,04	3,46	6,92	26,57	20,10	Sim
Panela	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6	0,0	0,6	0,14	0,14	0,28	200,00	0,42	Sim
T. bloco	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	1,76	Sim
T. jacaré	54,7	43,8	46,4	43,9	43,3	43,8	54,7	47,18	2,59	5,17	10,97	3,86	Não
... Amostra 4 ...													
Af. loc.	0,6	0,6	0,0	0,0	3,3	0,0	0,6	0,28	0,16	0,32	115,47	2,99	Sim
Af. roda	34,4	22,3	33,3	28,0	20,7	22,3	34,4	29,53	2,78	5,56	18,83	8,87	Sim
T. bloco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,35	Sim
T. jacaré	57,8	59,5	47,2	56,8	53,2	47,2	59,5	55,32	2,76	5,51	9,97	2,09	Não
T. trans.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,63	Sim

(Continuação) Valores de densidade total de defeitos da seção 1 (rua Joinville) e suas estatísticas

Tipo de defeito	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín	Máx	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés*
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 5 ...													
Af. loc.	5,8	2,8	5,0	4,4	3,0	2,8	5,8	4,53	0,63	1,27	27,95	1,49	Sim
Af. roda	22,2	29,6	25,6	22,2	17,5	22,2	29,6	24,89	1,74	3,49	14,00	7,39	Sim
Des. sup.	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	10,3	Sim
T. bloco	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	1,39	Sim
T. long.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00		0,07	Sim
T. jacaré	54,2	51,1	45,0	58,7	43,2	45,0	58,7	52,24	2,88	5,76	11,03	9,08	Sim
T. trans.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,26	Sim

Legenda:

* Limite do desvio viés 20% da referência

Ref – Valor de referência

Mín – Valor mínimo

Max – Valor máximo

Média – Média do grupo (painel de avaliadores)

EP Média – Erro padrão da média

DP – Desvio padrão

CV – Coeficiente de variação

Desvio viés – Desvio da média do grupo em relação à referência

Viés – Existência de desvio acima do limite de tolerância (sim ou não)

Af.loc. – Afundamento localizado

Af.roda – Afundamento em trilha de roda

Corrug. – Corrugação

Des.sup. – Desgaste superficial

Exsud. – Exsudação de asfalto

Panela – Panela

Remen. – Remendo

T.bloco – Trinca de bloco

T.long. – Trinca longitudinal

T.jacaré – Trinca couro de jacaré

T.trans. – Trinca transversal

Desag. – Desagregação

Valores de densidade total de defeitos da seção 2 (rua Nereu Ramos) e suas estatísticas

Tipo de defeito	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín	Máx	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 1 ...													
Af. loc.	0,0	8,6	2,3	0,0	1,8	0,0	8,6	2,72	2,02	4,05	148,63	0,91	Sim
Af. roda	19,2	7,0	14,5	22,7	29,9	7,0	22,7	15,84	3,39	6,79	42,84	14,07	Sim
Des. sup.	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	7,44	Sim
T. bloco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,28	Sim
T. jacaré	16,8	15,5	15,7	19,3	14,3	15,5	19,3	16,83	0,86	1,72	10,20	2,58	Não
T. trans.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,16	Sim
... Amostra 2 ...													
Af. loc.	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,58	0,58	1,16	200,00	0,58	Sim
Af. roda	20,0	19,9	21,5	25,1	27,1	19,9	25,1	21,63	1,20	2,40	11,09	5,51	Sim
Des. sup.	0,0	0,0	0,0	0,0	26,6	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	26,65	Sim
T. jacaré	4,7	5,5	5,2	4,7	5,6	4,7	5,5	5,01	0,21	0,42	8,44	0,63	Não
... Amostra 3 ...													
Af. roda	21,9	24,0	22,1	21,8	15,9	21,8	24,0	22,44	0,51	1,02	4,53	6,54	Sim
Des. sup.	0,0	0,0	0,0	0,0	27,6	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	27,55	Sim
T. bloco	0,0	0,0	7,8	0,0	3,6	0,0	7,8	1,96	1,96	3,92	200,00	1,64	Sim
T. jacaré	5,2	4,8	0,0	6,0	0,1	0,0	6,0	4,01	1,36	2,72	67,84	3,87	Sim
T. trans.	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0	0,4	0,10	0,10	0,20	200,00	0,03	Sim
... Amostra 4 ...													
Af. roda	51,7	0,0	0,0	18,1	28,2	0,0	51,7	17,47	12,20	24,40	139,64	10,74	Sim
Corrug.	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	1,24	Sim
Des. sup.	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	14,41	Sim
Remen.	0,0	84,4	84,3	60,8	42,9	0,0	84,4	57,36	19,91	39,83	69,43	14,42	Sim
T. bloco	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	1,41	Sim
T. jacaré	95,0	0,0	0,0	37,8	28,1	0,0	95,0	33,20	22,44	44,89	135,21	5,07	Não
T. trans.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,31	Sim
Desag.	0,0	2,1	2,9	0,0	0,0	0,0	2,9	1,26	0,74	1,49	118,30	1,26	Sim

(Continuação) Valores de densidade total de defeitos da seção 2 (rua Nereu Ramos) e suas estatísticas

Tipo de defeito	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín	Máx	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 5 ...													
Af. loc.	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	4,11	Sim
Af. roda	43,0	30,1	39,5	5,8	31,0	5,8	43,0	29,61	8,40	16,81	56,78	1,42	Não
Des. sup.	0,0	0,0	0,0	0,0	28,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	28,27	Sim
Remen.	0,0	0,0	1,2	43,2	13,3	0,0	43,2	11,10	10,71	21,42	193,08	2,19	Não
T. bloco	0,0	2,6	1,7	0,0	0,4	0,0	2,6	1,09	0,65	1,31	120,00	0,72	Sim
T. jacaré	64,3	52,2	53,2	26,7	32,2	26,7	64,3	49,10	7,97	15,94	32,46	16,92	Sim
Desag.	0,0	0,0	0,6	0,0	5,3	0,0	0,6	0,15	0,15	0,29	200,00	5,17	Sim

Valores de densidade total de defeitos da seção 3 (rua Artur Dambroso) e suas estatísticas

Tipo de defeito	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín.	Máx.	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 1 ...													
Af. loc.	0,0	9,2	7,5	0,0	6,9	0,0	9,2	4,17	2,43	4,86	116,62	2,72	Sim
Af. roda	28,4	15,4	20,0	30,1	24,5	15,4	30,1	23,50	3,48	6,96	29,61	0,96	Não
T. bloco	0,0	0,8	0,0	0,0	1,0	0,0	0,8	0,21	0,21	0,42	200,00	0,77	Sim
T. long.	0,0	0,6	0,6	0,1	0,4	0,0	0,6	0,31	0,15	0,29	95,63	0,12	Sim
T. jacaré	37,7	25,8	31,4	32,8	15,6	25,8	37,7	31,92	2,45	4,89	15,34	16,32	Sim
T. trans.	0,0	0,0	0,0	0,3	0,9	0,0	0,3	0,08	0,08	0,17	200,00	0,79	Sim
... Amostra 2 ...													
Af. loc.	5,0	2,7	3,3	2,3	2,0	2,3	5,0	3,33	0,59	1,19	35,59	1,29	Sim
Af. roda	38,1	22,7	27,2	30,8	30,6	22,7	38,1	29,69	3,24	6,48	21,81	0,91	Não
Remen.	10,7	13,7	8,4	12,7	13,0	8,4	13,7	11,38	1,16	2,33	20,47	1,65	Não
T. bloco	0,0	0,0	1,7	0,0	7,5	0,0	1,7	0,42	0,42	0,83	200,00	7,10	Sim
T. long.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,52	Sim
T. jacaré	61,1	44,3	48,9	49,2	37,6	44,3	61,1	50,86	3,57	7,15	14,05	13,29	Sim
T. trans.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,29	Sim

(Continuação) Valores de densidade total de defeitos da seção 3 (rua Artur Dambroso) e suas estatísticas

Tipo de defeito	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín.	Máx.	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 3 ...													
Af. loc.	2,8	10,8	4,8	4,2	5,9	2,8	10,8	5,64	1,78	3,56	63,18	0,28	Não
Af. roda	13,6	9,8	8,3	14,7	14,7	8,3	14,7	11,60	1,51	3,02	26,08	3,10	Sim
Remen.	1,7	2,7	2,2	1,7	2,3	1,7	2,7	2,06	0,24	0,48	23,56	0,28	Não
T. bloco	0,0	0,0	3,6	0,0	4,5	0,0	3,6	0,90	0,90	1,81	200,00	3,56	Sim
T. long.	0,0	3,3	0,0	0,3	1,1	0,0	3,3	0,90	0,81	1,63	180,07	0,15	Não
T. jacaré	24,1	24,5	20,2	38,1	14,5	20,2	38,1	26,71	3,92	7,85	29,38	12,20	Sim
T. trans.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,11	Sim
... Amostra 4 ...													
Af. loc.	0,0	3,7	4,2	0,0	1,0	0,0	4,2	1,97	1,14	2,28	115,84	0,96	Sim
Af. roda	3,1	0,0	0,0	7,4	12,0	0,0	7,4	2,64	1,76	3,52	133,52	9,38	Sim
T. long.	0,0	0,0	0,0	0,4	0,3	0,0	0,4	0,11	0,11	0,22	200,00	0,20	Sim
T. jacaré	5,9	4,9	6,7	4,7	2,6	4,7	6,7	5,55	0,46	0,92	16,63	2,98	Sim
... Amostra 5 ...													
Af. loc.	1,3	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	1,3	0,33	0,33	0,67	200,00	1,91	Sim
T. bloco	0,6	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,6	0,14	0,14	0,28	200,00	0,33	Sim
T. long.	0,0	0,0	0,6	0,4	0,4	0,0	0,6	0,25	0,15	0,29	116,89	0,19	Sim
T. jacaré	2,7	0,9	1,1	0,9	0,4	0,9	2,7	1,39	0,43	0,86	61,39	1,01	Sim

Valores de densidade total de defeitos da seção 4 (rua Papa João XXIII) e suas estatísticas

Tipo de defeito	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín.	Máx.	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 1 ...													
Af. loc.	4,1	3,3	5,0	1,4	3,7	1,4	5,0	3,44	0,77	1,54	44,80	0,26	Não
Des. sup.	0,0	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	19,58	Sim
Remen.	0,0	3,9	1,1	1,7	2,3	0,0	3,9	1,67	0,82	1,64	98,13	0,68	Sim

(Continuação) Valores de densidade total de defeitos da seção 4 (rua Papa João XXIII) e suas estatísticas

Tipo de defeito	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín.	Máx.	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 1 ...													
T. bloco	9,4	0,6	5,8	1,8	10,9	0,6	9,4	4,43	2,01	4,02	90,75	6,50	Sim
T. long.	3,9	11,1	6,7	6,4	4,9	3,9	11,1	7,03	1,50	3,00	42,69	2,08	Sim
T. jacaré	0,4	0,6	0,0	1,3	3,7	0,0	1,3	0,58	0,28	0,56	96,03	3,13	Sim
T. trans.	4,3	4,2	7,8	4,9	5,7	4,2	7,8	5,29	0,85	1,69	31,99	0,43	Não
... Amostra 2 ...													
Af. loc.	2,0	3,3	2,2	0,0	4,7	0,0	3,3	1,89	0,69	1,39	73,47	2,83	Sim
Des. sup.	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	2,87	Sim
Exsud.	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	1,25	Sim
Remen.	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	1,15	Sim
T. bloco	2,5	0,3	0,6	0,0	2,8	0,0	2,5	0,85	0,56	1,13	132,82	1,93	Sim
T. long.	1,7	1,7	1,7	0,7	1,3	0,7	1,7	1,43	0,24	0,47	33,01	0,10	Não
T. jacaré	2,0	3,7	4,4	4,9	3,3	2,0	4,9	3,76	0,64	1,28	34,16	0,45	Não
T. trans.	4,7	4,2	3,3	7,2	6,2	3,3	7,2	4,85	0,83	1,66	34,22	1,39	Sim
... Amostra 3 ...													
Af. loc.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,31	Sim
Af. roda	0,0	3,0	5,0	5,0	6,0	0,0	5,0	3,25	1,18	2,36	72,70	2,78	Sim
Exsud.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,16	Sim
T. bloco	7,3	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	7,3	1,82	1,82	3,64	200,00	5,34	Sim
T. long.	3,0	0,0	0,0	0,6	13,9	0,0	3,0	0,89	0,72	1,43	161,05	13,02	Sim
T. jacaré	0,0	3,6	6,7	4,0	0,8	0,0	6,7	3,56	1,37	2,74	77,06	2,80	Sim
T. trans.	3,8	7,4	6,1	8,9	7,8	3,8	8,9	6,56	1,09	2,18	33,32	1,20	Não
... Amostra 4 ...													
Af. loc.	0,0	2,8	0,0	2,0	4,8	0,0	2,8	1,19	0,71	1,42	118,49	3,58	Sim
Af. roda	18,3	6,7	18,3	18,8	21,3	6,7	18,8	15,52	2,96	5,91	38,07	5,82	Sim
Des. sup.	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	5,28	Sim
Remen.	0,0	0,2	0,0	0,7	0,4	0,0	0,7	0,21	0,16	0,32	151,44	0,17	Sim

(Continuação) Valores de densidade total de defeitos da seção 4 (rua Papa João XXIII) e suas estatísticas

Tipo de defeito	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín.	Máx.	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 4 ...													
T. bloco	15,6	12,9	13,3	23,3	13,8	12,9	23,3	16,29	2,42	4,85	29,74	2,52	Não
T. long.	2,2	2,2	1,9	2,8	7,5	1,9	2,8	2,30	0,18	0,36	15,77	5,24	Sim
T. jacaré	10,7	7,9	10,6	0,0	5,0	0,0	10,7	7,27	2,51	5,02	68,95	2,28	Sim
T. trans.	1,1	0,8	1,1	2,2	3,9	0,8	2,2	1,31	0,29	0,59	45,10	2,58	Sim
... Amostra 5 ...													
Af. loc.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,42	Sim
Af. roda	26,3	21,3	20,0	28,9	24,8	20,0	28,9	24,13	2,09	4,17	17,29	0,63	Não
Exsud.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,32	Sim
Remen.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,47	Sim
T. bloco	1,4	3,1	1,7	5,8	8,9	1,4	5,8	3,00	1,01	2,03	67,70	5,89	Sim
T. long.	2,8	0,0	0,0	0,0	8,5	0,0	2,8	0,69	0,69	1,39	200,00	7,81	Sim
T. jacaré	16,9	11,5	16,4	19,7	10,2	11,5	19,7	16,13	1,71	3,41	21,16	5,93	Sim
T. trans.	1,4	1,4	1,7	0,3	4,0	0,3	1,7	1,19	0,29	0,59	49,30	2,84	Sim

Valores de densidade total de defeitos da seção 5 (rua Amazonas) e suas estatísticas

Tipo de defeito	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín.	Máx.	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 1 ...													
Af. loc.	0,0	0,0	3,3	1,7	5,9	0,0	3,3	1,25	0,80	1,60	127,66	4,61	Sim
Af. roda	13,8	13,0	10,0	19,1	10,2	10,0	19,1	13,97	1,89	3,78	27,07	3,77	Sim
Des. sup.	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	1,7	0,42	0,42	0,83	200,00	0,42	Sim
T. bloco	4,2	9,4	1,7	39,7	3,4	1,7	39,7	13,75	8,81	17,62	128,11	10,32	Sim
T. long.	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,04	0,04	0,08	200,00	0,04	Sim
T. jacaré	10,2	11,3	16,1	0,0	13,1	0,0	16,1	9,41	3,39	6,78	72,02	3,72	Sim
T. trans.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,04	Sim

(Continuação) Valores de densidade total de defeitos da seção 5 (rua Amazonas) e suas estatísticas

Tipo de defeito	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín.	Máx.	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 2 ...													
Af. loc.	0,0	0,0	5,0	0,0	4,1	0,0	5,0	1,25	1,25	2,50	200,00	2,81	Sim
Af. roda	11,8	12,9	7,8	13,9	13,7	7,8	13,9	11,58	1,34	2,68	23,13	2,15	Não
Des. sup.	1,1	1,7	0,0	1,3	0,0	0,0	1,7	1,01	0,36	0,71	70,67	1,01	Sim
T. bloco	0,8	0,8	1,1	1,2	0,8	0,8	1,2	0,97	0,11	0,23	23,46	0,17	Sim
T. long.	0,5	0,4	0,0	0,3	0,0	0,0	0,5	0,31	0,11	0,22	71,62	0,28	Sim
T. jacaré	11,9	13,1	12,8	13,8	13,1	11,9	13,8	12,90	0,38	0,77	5,94	0,16	Não
T. trans.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,31	Sim
... Amostra 3 ...													
Af. loc.	2,8	2,9	5,0	5,3	1,0	2,8	5,3	4,02	0,67	1,33	33,09	3,00	Sim
Af. roda	2,9	5,8	3,3	5,8	6,5	2,9	5,8	4,49	0,78	1,56	34,86	1,97	Sim
Remen.	5,8	5,8	5,3	4,2	2,9	4,2	5,8	5,28	0,39	0,79	14,89	2,39	Sim
T. bloco	1,1	1,1	0,8	0,6	0,7	0,6	1,1	0,90	0,13	0,27	29,46	0,16	Sim
T. long.	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2	0,0	0,3	0,07	0,07	0,14	200,00	0,16	Sim
T. jacaré	13,6	13,8	11,9	14,2	7,5	11,9	14,2	13,35	0,49	0,97	7,29	5,86	Sim
T. trans.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,09	Sim
... Amostra 4 ...													
Af. loc.	0,0	0,0	5,0	2,5	3,5	0,0	5,0	1,88	1,20	2,39	127,66	1,64	Sim
Af. roda	17,8	15,6	7,8	8,9	4,5	7,8	17,8	12,50	2,46	4,92	39,34	8,05	Sim
T. long.	0,4	0,2	1,1	0,4	0,5	0,2	1,1	0,54	0,20	0,39	72,22	0,02	Não
T. jacaré	24,2	25,7	23,9	21,6	12,6	21,6	25,7	23,85	0,84	1,68	7,04	11,22	Sim
... Amostra 5 ...													
Af. loc.	8,2	2,2	5,0	7,4	6,1	2,2	8,2	5,71	1,35	2,70	47,22	0,43	Não
Af. roda	8,4	15,4	9,4	8,0	0,8	8,0	15,4	10,32	1,72	3,43	33,27	9,48	Sim
Remen.	1,7	1,8	1,7	1,6	1,4	1,6	1,8	1,69	0,05	0,10	5,68	0,32	Sim
T. bloco	0,0	0,0	1,1	0,0	0,9	0,0	1,1	0,28	0,28	0,56	200,00	0,61	Sim
T. long.	0,0	0,8	0,0	0,0	0,4	0,0	0,8	0,21	0,21	0,42	200,00	0,16	Sim
T. jacaré	24,3	28,0	26,1	28,1	15,4	24,3	28,1	26,63	0,89	1,78	6,68	11,20	Sim
T. trans.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,52	Sim

APÊNDICE 6. Tabela com valores de quantidade total de defeitos e suas estatísticas para as amostras das seções 6 a 10

Valores de densidade total de defeitos das seções 6 a 10 e suas estatísticas													
Tipo de defeito	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín.	Máx.	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Seção 6 - Rua Amazonas ...													
Af. loc.	2,1	2,3	2,8	2,8	3,3	2,1	2,8	2,48	0,17	0,35	14,09	0,86	Sim
Af. roda	16,5	16,4	15,0	18,0	17,2	15,0	18,0	16,49	0,62	1,24	7,54	0,69	Não
T. bloco	1,1	0,8	1,1	1,3	1,1	0,8	1,3	1,08	0,08	0,17	15,72	0,01	Não
T. jacaré	24,2	23,9	23,9	23,9	21,4	23,9	24,2	23,97	0,07	0,15	0,61	2,53	Não
... Seção 7 - Rua Amazonas ...													
Af. roda	9,4	10,8	11,1	11,4	12,3	9,4	11,4	10,69	0,46	0,92	8,57	1,60	Não
Remen.	3,3	3,7	3,3	3,0	3,0	3,0	3,7	3,34	0,15	0,30	9,02	0,30	Não
T. bloco	0,7	0,7	0,7	0,6	0,8	0,6	0,7	0,67	0,02	0,04	5,47	0,14	Não
T. jacaré	14,9	15,2	14,2	15,2	14,4	14,2	15,2	14,89	0,24	0,47	3,16	0,52	Não
... Seção 8 - Rua Joinvile ...													
Af. loc.	0,0	0,8	1,1	0,9	1,3	0,0	1,1	0,72	0,25	0,49	68,62	0,55	Sim
Af. roda	51,2	52,6	52,2	50,9	55,4	50,9	52,6	51,72	0,40	0,80	1,55	3,71	Não
T. jacaré	41,0	37,9	37,8	37,7	35,7	37,7	41,0	38,58	0,80	1,60	4,15	2,84	Não
... Seção 9 - Rua Papa J. XXIII ...													
Af. loc.	2,8	3,3	3,3	3,5	4,6	2,8	3,5	3,24	0,14	0,28	8,79	1,34	Sim
Af. roda	41,3	35,4	32,2	38,6	38,5	32,2	41,3	36,89	1,98	3,95	10,72	1,61	Não
Remen.	2,1	2,8	3,3	2,2	1,6	2,1	3,3	2,61	0,29	0,58	22,15	1,01	Sim
T. long.	2,4	2,1	1,7	2,4	1,6	1,7	2,4	2,17	0,18	0,37	17,01	0,54	Sim
T. jacaré	45,2	46,0	47,3	48,2	47,1	45,2	48,2	46,67	0,69	1,38	2,95	0,39	Não
T. trans.	1,2	1,5	2,2	1,4	2,1	1,2	2,2	1,60	0,22	0,43	27,15	0,51	Sim
... Seção 10 - Rua Nereu Ramos ...													
Af. loc.	2,0	1,6	2,1	1,9	2,0	1,6	2,1	1,88	0,10	0,20	10,80	0,13	Não
Af. roda	5,3	5,8	5,1	5,1	5,9	5,1	5,8	5,32	0,16	0,33	6,17	0,55	Não
Remen.	5,3	5,0	5,5	5,0	5,8	5,0	5,5	5,19	0,12	0,23	4,46	0,58	Não
T. jacaré	13,6	12,7	12,2	13,0	11,0	12,2	13,6	12,89	0,30	0,60	4,65	1,85	Não

APÊNDICE 7. Tabela com valores de quantidade de defeitos por nível de severidade e suas estatísticas para as amostras das seções 1 a 5

Valores de densidade de defeitos por nível de severidade da seção 1 (rua Joinvile) e suas estatísticas

Tipo de defeito + Severidade	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador				Ref.	Mín	Máx	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4									
... Amostra 1 ...													
Af.loc. M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,65	Sim
Af.roda B	40,0	20,0	44,4	43,6	29,8	20,0	44,4	37,01	5,75	11,51	31,08	7,20	Sim
Af.roda A	0,0	0,0	0,0	0,0	15,2	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	15,21	Sim
Remen. B	1,7	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	1,7	0,42	0,42	0,83	200,00	1,23	Sim
Remen.M	0,0	0,8	0,0	2,3	0,0	0,0	2,3	0,78	0,55	1,10	140,43	0,78	Sim
T.bloco B	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,96	Sim
T.jacaré B	89,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	89,3	22,33	22,33	44,65	200,00	22,33	Sim
T.jacaré M	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	1,66	Sim
T.jacaré A	0,0	72,0	95,0	89,7	76,9	0,0	95,0	64,19	21,95	43,91	68,40	12,69	Não
... Amostra 2 ...													
Af.loc. B	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	5,00	Sim
Af.roda B	10,8	7,6	0,0	13,2	4,3	0,0	13,2	7,91	2,88	5,76	72,89	3,65	Sim
Af.roda M	0,0	0,0	0,0	0,0	17,2	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	17,24	Sim
Af.roda A	21,1	8,9	21,7	10,2	3,2	8,9	21,7	15,47	3,43	6,86	44,32	12,27	Sim
Remen. B	1,1	1,2	0,6	0,9	2,4	0,6	1,2	0,94	0,14	0,29	30,58	1,42	Sim
T.bloco B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,48	Sim
T.jacaré B	0,0	25,6	0,0	0,0	0,1	0,0	25,6	6,39	6,39	12,78	200,00	6,27	Sim
T.jacaré M	22,5	0,0	0,0	0,0	7,8	0,0	22,5	5,63	5,63	11,25	200,00	2,17	Sim
T.jacaré A	48,9	41,0	67,2	65,8	51,8	41,0	67,2	55,73	6,43	12,86	23,08	3,90	Não
T.trans. B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,15	Sim
... Amostra 3 ...													
Af.loc. B	2,8	0,0	2,5	0,0	2,0	0,0	2,8	1,32	0,76	1,53	115,79	0,71	Sim
Af.loc. M	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,94	0,94	1,88	200,00	0,94	Sim
Af.roda B	0,0	0,0	8,3	33,3	42,9	0,0	33,3	10,42	7,89	15,77	151,44	32,49	Sim

(Continuação) Valores de densidade de defeitos por nível de severidade da seção 1 (rua Joinville) e suas estatísticas

Tipo de defeito + Severidade	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín	Máx	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 3 ...													
Af.roda M	27,5	16,7	18,3	0,0	3,2	0,0	27,5	15,63	5,73	11,45	73,31	12,39	Sim
Panela B	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6	0,0	0,6	0,14	0,14	0,28	200,00	0,42	Sim
T.bloco B	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	1,76	Sim
T.jacaré B	10,3	0,0	1,1	0,0	1,0	0,0	10,3	2,85	2,49	4,98	174,95	1,83	Sim
T.jacaré M	44,4	40,8	35,3	2,2	0,5	2,2	44,4	30,67	9,68	19,35	63,11	30,14	Sim
T.jacaré A	0,0	3,0	10,0	41,7	41,8	0,0	41,7	13,67	9,57	19,13	139,98	28,10	Sim
... Amostra 4 ...													
Af.loc. B	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	3,27	Sim
Af.loc. M	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,28	0,16	0,32	115,47	0,28	Sim
Af.roda B	0,0	0,0	4,4	18,0	4,4	0,0	18,0	5,61	4,26	8,52	151,86	1,25	Sim
Af.roda M	34,4	22,3	28,9	10,0	16,3	10,0	34,4	23,92	5,26	10,52	43,97	7,62	Sim
T.bloco B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,35	Sim
T.jacaré B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,40	Sim
T.jacaré M	57,8	0,0	15,6	0,6	2,6	0,0	57,8	18,47	13,59	27,18	147,12	15,84	Sim
T.jacaré A	0,0	59,5	31,7	56,2	50,2	0,0	59,5	36,85	13,76	27,53	74,70	13,35	Sim
T.trans. B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,63	Sim
... Amostra 5 ...													
Af.loc. B	5,8	2,8	5,0	0,0	3,0	0,0	5,8	3,42	1,30	2,61	76,25	0,37	Não
Af.loc. A	0,0	0,0	0,0	4,4	0,0	0,0	4,4	1,11	1,11	2,22	200,00	1,11	Sim
Af.roda B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,81	Sim
Af.roda M	11,1	12,7	0,0	11,1	5,0	0,0	12,7	8,72	2,93	5,86	67,19	3,74	Sim
Af.roda A	11,1	16,9	25,6	11,1	11,7	11,1	25,6	16,17	3,41	6,83	42,22	4,46	Sim
Des.sup. B	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	10,30	Sim
T.bloco B	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	1,39	Sim
T.long. B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,07	Sim
T.jacaré B	5,8	7,2	2,2	0,0	0,0	0,0	7,2	3,81	1,64	3,29	86,35	3,81	Sim

(Continuação) Valores de densidade de defeitos por nível de severidade da seção 1 (rua Joinville) e suas estatísticas

Tipo de defeito + Severidade	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín	Máx	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 5 ...													
T.jacaré M	37,2	0,0	0,0	0,7	4,1	0,0	37,2	9,47	9,25	18,50	195,34	5,42	Sim
T.jacaré A	11,1	43,9	42,8	58,1	39,1	11,1	58,1	38,96	9,91	19,83	50,89	0,14	Não
T.trans. B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,26	Sim

Legenda:

- B – Baixa severidade
- M – Média severidade
- A – Alta severidade

Valores de densidade de defeitos por nível de severidade da seção 2 (rua Nereu Ramos) e suas estatísticas

Tipo de defeito + severidade	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín	Máx	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 1 ...													
Af.loc. B	0,0	2,6	0,0	0,0	1,8	0,0	2,6	0,66	0,66	1,32	200,00	1,16	Sim
Af.loc. A	0,0	5,9	2,3	0,0	0,0	0,0	5,9	2,06	1,40	2,80	135,71	2,06	Sim
Af.roda B	0,0	7,0	0,0	0,0	5,6	0,0	7,0	1,74	1,74	3,49	200,00	3,85	Sim
Af.roda M	0,0	0,0	0,0	4,1	8,4	0,0	4,1	1,02	1,02	2,03	200,00	7,36	Sim
Af.roda A	19,2	0,0	14,5	18,6	15,9	0,0	19,2	13,08	4,48	8,96	68,52	2,86	Não
Des.sup. B	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	7,44	Sim
T.bloco B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,28	Sim
T.jacaré B	0,6	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	1,2	0,44	0,28	0,56	126,18	0,44	Sim
T.jacaré M	0,0	0,0	0,0	0,7	1,1	0,0	0,7	0,18	0,18	0,36	200,00	0,89	Sim
T.jacaré A	16,2	15,5	14,5	18,5	13,2	14,5	18,5	16,21	0,85	1,70	10,48	3,02	Sim
T.trans. B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,16	Sim
... Amostra 2 ...													
Af.loc. B	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,58	0,58	1,16	200,00	0,58	Sim
Af.roda B	8,4	5,6	0,0	12,8	21,4	0,0	12,8	6,70	2,69	5,38	80,25	14,69	Sim

(Continuação) Valores de densidade de defeitos por nível de severidade da seção 2 (rua Nereu Ramos) e suas estatísticas

Tipo de defeito + severidade	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín	Máx	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 2 ...													
Af.roda M	11,6	7,6	21,5	12,2	5,7	7,6	21,5	13,23	2,95	5,90	44,59	7,48	Sim
Af.roda A	0,0	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	1,70	1,70	3,40	200,00	1,70	Sim
Des.sup. B	0,0	0,0	0,0	0,0	26,6	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	26,65	Sim
T.jacaré B	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,1	0,04	0,04	0,07	200,00	0,16	Sim
T.jacaré M	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,6	0,15	0,15	0,29	200,00	0,15	Sim
T.jacaré A	4,7	5,5	5,2	3,9	5,4	3,9	5,5	4,82	0,35	0,69	14,40	0,62	Não
... Amostra 3 ...													
Af.roda B	9,3	0,0	22,1	10,5	5,3	0,0	22,1	10,47	4,53	9,06	86,54	5,18	Sim
Af.roda M	12,6	19,8	0,0	11,4	10,6	0,0	19,8	10,93	4,09	8,17	74,80	0,31	Não
Af.roda A	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	1,05	1,05	2,09	200,00	1,05	Sim
Des.sup. B	0,0	0,0	0,0	0,0	27,6	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	27,55	Sim
T.bloco B	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	1,26	Sim
T.bloco M	0,0	0,0	6,1	0,0	2,3	0,0	6,1	1,53	1,53	3,05	200,00	0,82	Sim
T.bloco A	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	1,7	0,44	0,44	0,87	200,00	0,44	Sim
T.jacaré B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,15	Sim
T.jacaré A	5,2	4,8	0,0	6,0	0,0	0,0	6,0	4,01	1,36	2,72	67,84	4,01	Sim
T.trans. B	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0	0,4	0,10	0,10	0,20	200,00	0,03	Sim
... Amostra 4 ...													
Af.roda A	51,7	0,0	0,0	18,1	28,2	0,0	51,7	17,47	12,20	24,40	139,64	10,74	Sim
Corrug. A	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	1,24	Sim
Des.sup. B	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	14,41	Sim
Remen. B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,12	Sim
Remen. M	0,0	0,0	84,3	0,0	0,0	0,0	84,3	21,08	21,08	42,15	200,00	21,08	Sim
Remen. A	0,0	84,4	0,0	60,8	42,8	0,0	84,4	36,29	21,50	43,00	118,49	6,53	Não
T.bloco B	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	1,41	Sim
T.jacaré M	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	1,70	Sim

(Continuação) Valores de densidade de defeitos por nível de severidade da seção 2 (rua Nereu Ramos) e suas estatísticas

Tipo de defeito + severidade	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín	Máx	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 4 ...													
T.jacaré A	95,0	0,0	0,0	37,8	26,4	0,0	95,0	33,20	22,44	44,89	135,21	6,77	Sim
T.trans. B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,31	Sim
Desag. A	0,0	2,1	2,9	0,0	0,0	0,0	2,9	1,26	0,74	1,49	118,30	1,26	Sim
... Amostra 5 ...													
Af.loc. B	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	1,52	Sim
Af.loc. A	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	2,59	Sim
Af.roda B	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	1,63	Sim
Af.roda M	0,0	11,5	16,3	5,8	11,8	0,0	16,3	8,39	3,53	7,05	84,12	3,44	Sim
Af.roda A	43,0	18,6	23,3	0,0	17,6	0,0	43,0	21,22	8,83	17,67	83,27	3,65	Sim
Des.sup. B	0,0	0,0	0,0	0,0	28,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	28,27	Sim
Remen. B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,45	Sim
Remen. M	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	2,78	Sim
Remen. A	0,0	0,0	1,2	43,2	10,1	0,0	43,2	11,10	10,71	21,42	193,08	1,04	Não
T.bloco B	0,0	2,6	1,7	0,0	0,4	0,0	2,6	1,09	0,65	1,31	120,00	0,72	Sim
T.jacaré A	64,3	52,2	53,2	26,7	32,2	26,7	64,3	49,10	7,97	15,94	32,46	16,92	Sim
Desag. M	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	1,16	Sim
Desag. A	0,0	0,0	0,6	0,0	4,2	0,0	0,6	0,15	0,15	0,29	200,00	4,02	Sim

Valores de densidade de defeitos por nível de severidade da seção 3 (rua Artur Dambroso) e suas estatísticas

Tipo de defeito + severidade	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín.	Máx.	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 1 ...													
Af.loc. B	0,0	2,7	0,8	0,0	3,9	0,0	2,7	0,88	0,63	1,26	143,70	2,99	Sim
Af.loc. M	0,0	2,8	6,7	0,0	3,0	0,0	6,7	2,36	1,58	3,15	133,62	0,67	Sim
Af.loc. A	0,0	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	0,93	0,93	1,86	200,00	0,93	Sim

(Continuação) Valores de densidade de defeitos por nível de severidade da seção 3 (rua Artur Dambroso) e suas estatísticas

Tipo de defeito + severidade	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín.	Máx.	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 1 ...													
Af.roda B	6,1	0,0	10,0	19,3	18,9	0,0	19,3	8,86	4,05	8,10	91,46	10,01	Sim
Af.roda M	22,3	15,4	1,7	9,4	5,6	1,7	22,3	12,22	4,39	8,79	71,91	6,64	Sim
Af.roda A	0,0	0,0	8,3	1,3	0,0	0,0	8,3	2,42	2,00	3,99	165,28	2,42	Sim
T.bloco B	0,0	0,8	0,0	0,0	1,0	0,0	0,8	0,21	0,21	0,42	200,00	0,77	Sim
T.long. B	0,0	0,6	0,6	0,1	0,4	0,0	0,6	0,31	0,15	0,29	95,63	0,12	Sim
T.jacaré B	21,2	9,3	12,8	5,2	7,7	5,2	21,2	12,11	3,41	6,82	56,35	4,43	Sim
T.jacaré M	12,6	12,8	8,6	27,7	6,4	8,6	27,7	15,42	4,20	8,39	54,43	8,99	Sim
T.jacaré A	3,8	3,7	10,0	0,0	1,5	0,0	10,0	4,39	2,07	4,14	94,40	2,89	Sim
T.trans. B	0,0	0,0	0,0	0,3	0,9	0,0	0,3	0,08	0,08	0,17	200,00	0,79	Sim
... Amostra 2 ...													
Af.loc. B	5,0	2,7	3,3	2,3	2,0	2,3	5,0	3,33	0,59	1,19	35,59	1,29	Sim
Af.roda B	11,7	0,0	0,0	4,8	15,8	0,0	11,7	4,11	2,76	5,52	134,21	11,69	Sim
Af.roda M	0,0	8,3	8,3	0,0	14,8	0,0	8,3	4,17	2,41	4,81	115,47	10,63	Sim
Af.roda A	26,4	14,4	18,9	26,0	0,0	14,4	26,4	21,42	2,91	5,82	27,16	21,42	Sim
Remen. B	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	13,02	Sim
Remen. M	0,0	13,7	8,4	12,7	0,0	0,0	13,7	8,71	3,12	6,24	71,62	8,71	Sim
Remen. A	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7	2,67	2,67	5,33	200,00	2,67	Sim
T.bloco B	0,0	0,0	1,7	0,0	7,5	0,0	1,7	0,42	0,42	0,83	200,00	7,10	Sim
T.long.B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,52	Sim
T.jacaré B	18,3	2,7	3,9	4,4	7,1	2,7	18,3	7,33	3,69	7,37	100,51	0,25	Não
T.jacaré M	0,0	10,8	0,0	4,2	14,0	0,0	10,8	3,75	2,56	5,11	136,38	10,28	Sim
T.jacaré A	42,7	30,8	45,0	40,6	16,5	30,8	45,0	39,78	3,12	6,23	15,67	23,32	Sim
T.trans. B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,29	Sim
... Amostra 3 ...													
Af.loc. B	0,0	5,0	1,1	1,7	3,7	0,0	5,0	1,94	1,08	2,15	110,66	1,74	Sim
Af.loc. M	0,0	5,8	2,0	2,5	0,7	0,0	5,8	2,58	1,21	2,42	93,72	1,85	Sim

(Continuação) Valores de densidade de defeitos por nível de severidade da seção 3 (rua Artur Dambroso) e suas estatísticas

Tipo de defeito + severidade	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador				Ref.	Mín.	Máx.	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4									
... Amostra 3 ...													
Af.loc. A	2,8	0,0	1,7	0,0	1,5	0,0	2,8	1,11	0,68	1,36	122,47	0,39	Sim
Af.roda B	6,0	0,0	3,3	1,7	9,9	0,0	6,0	2,75	1,28	2,56	93,04	7,16	Sim
Af.roda M	3,3	4,4	0,0	8,6	4,3	0,0	8,6	4,08	1,76	3,53	86,43	0,18	Não
Af.roda A	4,3	5,3	5,0	4,4	0,5	4,3	5,3	4,76	0,24	0,49	10,27	4,25	Sim
Remen. B	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	2,34	Sim
Remen. M	0,0	2,7	2,2	1,7	0,0	0,0	2,7	1,64	0,58	1,17	71,19	1,64	Sim
Remen. A	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,42	0,42	0,83	200,00	0,42	Sim
T.bloco B	0,0	0,0	1,4	0,0	2,7	0,0	1,4	0,35	0,35	0,69	200,00	2,32	Sim
T.bloco M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,83	Sim
T.bloco A	0,0	0,0	2,2	0,0	1,0	0,0	2,2	0,56	0,56	1,11	200,00	0,42	Sim
T.long. B	0,0	3,3	0,0	0,3	1,1	0,0	3,3	0,90	0,81	1,63	180,07	0,15	Não
T.jacaré B	6,2	8,9	3,9	7,8	6,3	3,9	8,9	6,69	1,08	2,17	32,37	0,40	Não
T.jacaré M	10,8	9,8	11,3	30,3	4,2	9,8	30,3	15,54	4,94	9,88	63,58	11,29	Sim
T.jacaré A	7,1	5,8	5,0	0,0	4,0	0,0	7,1	4,47	1,55	3,10	69,29	0,51	Não
T.trans. B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,11	Sim
... Amostra 4 ...													
Af.loc. B	0,0	2,5	0,8	0,0	1,0	0,0	2,5	0,83	0,59	1,18	141,42	0,18	Não
Af.loc. M	0,0	1,2	2,2	0,0	0,0	0,0	2,2	0,86	0,54	1,07	124,82	0,86	Sim
Af.loc. A	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	1,1	0,28	0,28	0,56	200,00	0,28	Sim
Af.roda B	3,1	0,0	0,0	2,8	10,6	0,0	3,1	1,47	0,85	1,71	115,84	9,16	Sim
Af.roda M	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	3,0	0,75	0,75	1,50	200,00	0,75	Sim
Af.roda A	0,0	0,0	0,0	1,7	1,4	0,0	1,7	0,42	0,42	0,83	200,00	0,96	Sim
T.long. B	0,0	0,0	0,0	0,4	0,3	0,0	0,4	0,11	0,11	0,22	200,00	0,20	Sim
T.jacaré B	4,9	3,7	3,3	1,2	1,5	1,2	4,9	3,28	0,77	1,54	47,05	1,75	Sim
T.jacaré M	0,0	1,2	2,2	3,5	0,0	0,0	3,5	1,73	0,74	1,48	85,31	1,73	Sim
T.jacaré A	1,1	0,0	1,1	0,0	1,0	0,0	1,1	0,54	0,31	0,63	115,55	0,50	Sim

(Continuação) Valores de densidade de defeitos por nível de severidade da seção 3 (rua Artur Dambroso) e suas estatísticas

Tipo de defeito + severidade	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín.	Máx.	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 5 ...													
Af.loc. B	1,3	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	1,3	0,33	0,33	0,67	200,00	1,91	Sim
T.bloco B	0,6	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,6	0,14	0,14	0,28	200,00	0,33	Sim
T.long. B	0,0	0,0	0,6	0,4	0,4	0,0	0,6	0,25	0,15	0,29	116,89	0,19	Sim
T.jacaré B	2,7	0,9	1,1	0,9	0,4	0,9	2,7	1,39	0,43	0,86	61,39	1,01	Sim

Valores de densidade de defeitos por nível de severidade da seção 4 (rua Papa João XXIII) e suas estatísticas

Tipo de defeito + severidade	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín.	Máx.	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 1 ...													
Af.loc. B	4,1	3,3	5,0	1,4	1,9	1,4	5,0	3,44	0,77	1,54	44,80	1,58	Sim
Af.loc. M	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	1,84	Sim
Des.sup. B	0,0	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	19,58	Sim
Remen. B	0,0	3,9	1,1	0,0	0,0	0,0	3,9	1,25	0,92	1,84	146,85	1,25	Sim
Remen. M	0,0	0,0	0,0	1,7	2,3	0,0	1,7	0,42	0,42	0,83	200,00	1,93	Sim
T.bloco B	9,4	0,0	5,8	0,4	4,5	0,0	9,4	3,93	2,27	4,54	115,54	0,55	Não
T.bloco M	0,0	0,6	0,0	1,4	6,5	0,0	1,4	0,50	0,33	0,66	132,05	5,96	Sim
T.long. B	3,9	11,1	6,7	6,4	4,9	3,9	11,1	7,03	1,50	3,00	42,69	2,08	Sim
T.jacaré B	0,4	0,6	0,0	1,3	3,3	0,0	1,3	0,58	0,28	0,56	96,03	2,70	Sim
T.jacaré M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,44	Sim
T.trans. B	4,3	4,2	7,8	4,9	3,0	4,2	7,8	5,29	0,85	1,69	31,99	2,27	Sim
T.trans. M	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	2,70	Sim
... Amostra 2 ...													
Af.loc. B	2,0	3,3	2,2	0,0	4,7	0,0	3,3	1,89	0,69	1,39	73,47	2,83	Sim
Des.sup. B	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	2,87	Sim

(Continuação) Valores de densidade de defeitos por nível de severidade da seção 4 (rua Papa João XXIII) e suas estatísticas

Tipo de defeito + severidade	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín.	Máx.	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 2 ...													
Exsud. B	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	1,25	Sim
Remen. B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,62	Sim
Remen. M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,53	Sim
T.bloco B	2,5	0,3	0,0	0,0	2,5	0,0	2,5	0,71	0,60	1,20	170,08	1,80	Sim
T.bloco M	0,0	0,0	0,6	0,0	0,3	0,0	0,6	0,14	0,14	0,28	200,00	0,13	Sim
T.long. B	1,7	1,7	1,7	0,7	1,3	0,7	1,7	1,43	0,24	0,47	33,01	0,10	Não
T.jacaré B	2,0	3,7	1,7	2,7	0,8	1,7	3,7	2,50	0,44	0,88	35,28	1,69	Sim
T.jacaré M	0,0	0,0	2,8	0,0	0,8	0,0	2,8	0,69	0,69	1,39	200,00	0,11	Não
T.jacaré A	0,0	0,0	0,0	2,3	1,7	0,0	2,3	0,57	0,57	1,13	200,00	1,13	Sim
T.trans. B	4,7	4,2	3,3	7,2	4,7	3,3	7,2	4,85	0,83	1,66	34,22	0,11	Não
T.trans. M	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	1,50	Sim
... Amostra 3 ...													
Af.loc. B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,31	Sim
Af.roda B	0,0	3,0	5,0	5,0	3,7	0,0	5,0	3,25	1,18	2,36	72,70	0,40	Não
Af.roda M	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	2,38	Sim
Exsud. B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,16	Sim
T.bloco B	7,3	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	7,3	1,82	1,82	3,64	200,00	0,98	Sim
T.bloco M	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	4,36	Sim
T.long. B	3,0	0,0	0,0	0,6	5,1	0,0	3,0	0,89	0,72	1,43	161,05	4,26	Sim
T.long. M	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	8,76	Sim
T.jacaré B	0,0	0,0	1,7	0,0	0,8	0,0	1,7	0,42	0,42	0,83	200,00	0,34	Sim
T.jacaré M	0,0	0,0	5,0	4,0	0,0	0,0	5,0	2,25	1,31	2,63	116,89	2,25	Sim
T.jacaré A	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	0,89	0,89	1,78	200,00	0,89	Sim
T.trans. B	3,8	7,4	6,1	8,9	5,4	3,8	8,9	6,56	1,09	2,18	33,32	1,15	Sim
T.trans. M	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	2,35	Sim

(Continuação) Valores de densidade de defeitos por nível de severidade da seção 4 (rua Papa João XXIII) e suas estatísticas

Tipo de defeito + severidade	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín.	Máx.	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 4 ...													
Af.loc. B	0,0	2,8	0,0	1,3	0,9	0,0	2,8	1,03	0,66	1,33	128,94	0,12	Não
Af.loc. M	0,0	0,0	0,0	0,7	3,9	0,0	0,7	0,17	0,17	0,33	200,00	3,70	Sim
Af.roda B	14,6	6,7	18,3	15,7	5,5	6,7	18,3	13,83	2,51	5,03	36,33	8,34	Sim
Af.roda M	3,7	0,0	0,0	3,1	15,9	0,0	3,7	1,69	0,98	1,96	116,20	14,16	Sim
Des.sup. B	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	5,28	Sim
Remen. B	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,04	0,04	0,08	200,00	0,04	Sim
Remen. M	0,0	0,0	0,0	0,7	0,4	0,0	0,7	0,17	0,17	0,33	200,00	0,21	Sim
T.bloco B	0,6	12,9	13,3	4,9	8,7	0,6	13,3	7,93	3,12	6,23	78,61	0,82	Não
T.bloco M	15,0	0,0	0,0	14,9	5,0	0,0	15,0	7,47	4,31	8,63	115,47	2,45	Sim
T.bloco A	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	3,6	0,89	0,89	1,78	200,00	0,89	Sim
T.long. B	2,2	2,2	1,9	2,8	7,5	1,9	2,8	2,30	0,18	0,36	15,77	5,24	Sim
T.jacaré B	10,7	7,9	3,3	0,0	5,0	0,0	10,7	5,47	2,37	4,73	86,54	0,48	Não
T.jacaré M	0,0	0,0	7,2	0,0	0,0	0,0	7,2	1,81	1,81	3,61	200,00	1,81	Sim
T.trans. B	1,1	0,8	1,1	2,2	3,4	0,8	2,2	1,31	0,29	0,59	45,10	2,06	Sim
T.trans. M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,52	Sim
... Amostra 5 ...													
Af.loc. M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,42	Sim
Af.roda B	0,0	14,4	12,2	2,8	0,6	0,0	14,4	7,36	3,52	7,05	95,74	6,74	Sim
Af.roda M	14,4	0,0	0,0	13,3	19,3	0,0	14,4	6,94	4,02	8,03	115,65	12,38	Sim
Af.roda A	11,9	6,9	7,8	12,8	4,8	6,9	12,8	9,83	1,46	2,92	29,76	5,00	Sim
Exsud. B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,32	Sim
Remen. B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,47	Sim
T.bloco B	1,4	0,0	0,0	3,8	6,9	0,0	3,8	1,30	0,90	1,80	138,38	5,64	Sim
T.bloco M	0,0	3,1	1,7	2,0	1,9	0,0	3,1	1,69	0,64	1,29	75,98	0,25	Não
T.long. B	2,8	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	2,8	0,69	0,69	1,39	200,00	1,31	Sim
T.long. M	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	6,50	Sim

(Continuação) Valores de densidade de defeitos por nível de severidade da seção 4 (rua Papa João XXIII) e suas estatísticas

Tipo de defeito + severidade	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín.	Máx.	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 5 ...													
T.jacaré B	5,0	8,2	5,9	5,6	4,9	5,0	8,2	6,17	0,69	1,38	22,44	1,23	Sim
T.jacaré M	0,0	3,3	0,0	0,0	0,4	0,0	3,3	0,83	0,83	1,67	200,00	0,40	Sim
T.jacaré A	11,9	0,0	10,6	14,1	4,8	0,0	14,1	9,13	3,13	6,26	68,58	4,31	Sim
T.trans. B	1,4	1,4	1,7	0,3	4,0	0,3	1,7	1,19	0,29	0,59	49,30	2,84	Sim

Valores de densidade de defeitos por nível de severidade da seção 5 (rua Amazonas) e suas estatísticas

Tipo de defeito + severidade	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín.	Máx.	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 1 ...													
Af.loc. B	0,0	0,0	1,7	1,7	4,2	0,0	1,7	0,83	0,48	0,96	115,47	3,32	Sim
Af.loc. M	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	1,35	Sim
Af.loc. A	0,0	0,0	1,7	0,0	0,4	0,0	1,7	0,42	0,42	0,83	200,00	0,06	Não
Af.roda B	5,1	3,1	2,8	7,1	0,0	2,8	7,1	4,51	1,00	2,01	44,56	4,51	Sim
Af.roda M	8,7	7,8	7,2	10,0	10,2	7,2	10,0	8,42	0,61	1,21	14,40	1,78	Não
Af.roda A	0,0	2,2	0,0	2,0	0,0	0,0	2,2	1,04	0,60	1,20	115,65	1,04	Sim
Des.sup. B	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	1,7	0,42	0,42	0,83	200,00	0,42	Sim
T.bloco B	4,2	9,4	1,7	39,7	3,4	1,7	39,7	13,75	8,81	17,62	128,11	10,32	Sim
T.long. B	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,04	0,04	0,08	200,00	0,04	Sim
T.jacaré B	0,0	0,0	2,8	0,0	4,8	0,0	2,8	0,69	0,69	1,39	200,00	4,11	Sim
T.jacaré M	0,0	0,0	4,4	0,0	7,7	0,0	4,4	1,11	1,11	2,22	200,00	6,59	Sim
T.jacaré A	10,2	11,3	8,9	0,0	0,6	0,0	11,3	7,60	2,58	5,17	67,95	6,98	Sim
T.trans. B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,04	Sim

(Continuação) Valores de densidade de defeitos por nível de severidade da seção 5 (rua Amazonas) e suas estatísticas

Tipo de defeito + severidade	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín.	Máx.	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 2 ...													
Af.loc. B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,29	Sim
Af.loc. M	0,0	0,0	2,8	0,0	1,9	0,0	2,8	0,69	0,69	1,39	200,00	1,16	Sim
Af.loc. A	0,0	0,0	2,2	0,0	1,9	0,0	2,2	0,56	0,56	1,11	200,00	1,36	Sim
Af.roda B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,17	Sim
Af.roda M	11,8	0,0	0,0	11,1	13,6	0,0	11,8	5,72	3,31	6,61	115,57	7,85	Sim
Af.roda A	0,0	12,9	7,8	2,8	0,0	0,0	12,9	5,86	2,84	5,68	96,98	5,86	Sim
Des.sup. B	1,1	1,7	0,0	1,3	0,0	0,0	1,7	1,01	0,36	0,71	70,67	1,01	Sim
T.bloco B	0,8	0,8	1,1	1,2	0,8	0,8	1,2	0,97	0,11	0,23	23,46	0,17	Sim
T.long. B	0,5	0,4	0,0	0,3	0,0	0,0	0,5	0,31	0,11	0,22	71,62	0,28	Sim
T.jacaré B	0,3	0,3	0,0	0,4	3,8	0,0	0,4	0,23	0,09	0,17	74,97	3,57	Sim
T.jacaré M	10,0	1,8	0,0	13,3	7,3	0,0	13,3	6,28	3,21	6,41	102,12	1,01	Não
T.jacaré A	1,7	11,1	12,8	0,0	2,0	0,0	12,8	6,39	3,24	6,49	101,53	4,42	Sim
T.trans. B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,31	Sim
... Amostra 3 ...													
Af.loc. B	2,8	2,9	5,0	3,3	0,0	2,8	5,0	3,52	0,51	1,01	28,69	3,52	Sim
Af.loc. M	0,0	0,0	0,0	2,0	1,0	0,0	2,0	0,50	0,50	1,00	200,00	0,52	Sim
Af.roda B	2,9	5,8	3,3	5,8	6,5	2,9	5,8	4,49	0,78	1,56	34,86	1,97	Sim
Remen. B	5,8	0,0	5,3	0,0	2,9	0,0	5,8	2,78	1,61	3,22	115,76	0,11	Não
Remen. M	0,0	5,8	0,0	4,2	0,0	0,0	5,8	2,50	1,48	2,97	118,63	2,50	Sim
T.bloco B	1,1	1,1	0,8	0,6	0,7	0,6	1,1	0,90	0,13	0,27	29,46	0,16	Sim
T.long. B	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2	0,0	0,3	0,07	0,07	0,14	200,00	0,16	Sim
T.jacaré B	13,6	7,9	8,6	14,2	5,7	7,9	14,2	11,06	1,63	3,25	29,41	5,40	Sim
T.jacaré M	0,0	5,8	0,0	0,0	1,8	0,0	5,8	1,46	1,46	2,92	200,00	0,37	Sim
T.jacaré A	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	3,3	0,83	0,83	1,67	200,00	0,83	Sim
T.trans. B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,09	Sim

(Continuação) Valores de densidade de defeitos por nível de severidade da seção 5 (rua Amazonas) e suas estatísticas

Tipo de defeito + severidade	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín.	Máx.	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Amostra 4 ...													
Af.loc. B	0,0	0,0	0,0	2,5	3,5	0,0	2,5	0,63	0,63	1,25	200,00	2,89	Sim
Af.loc. M	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	5,0	1,25	1,25	2,50	200,00	1,25	Sim
Af.roda B	13,9	11,7	7,8	5,0	4,5	5,0	13,9	9,58	1,98	3,96	41,37	5,13	Sim
Af.roda M	3,9	3,9	0,0	3,9	0,0	0,0	3,9	2,92	0,97	1,94	66,67	2,92	Sim
T.long. B	0,4	0,2	1,1	0,4	0,5	0,2	1,1	0,54	0,20	0,39	72,22	0,02	Não
T.jacaré B	20,3	20,7	18,9	18,6	10,2	18,6	20,7	19,63	0,51	1,03	5,23	9,44	Sim
T.jacaré M	3,9	2,5	5,0	3,0	2,4	2,5	5,0	3,60	0,55	1,10	30,51	1,16	Sim
T.jacaré A	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,63	0,63	1,25	200,00	0,63	Sim
... Amostra 5 ...													
Af.loc. B	8,2	0,0	3,3	6,0	0,8	0,0	8,2	4,39	1,77	3,54	80,74	3,57	Sim
Af.loc. M	0,0	0,0	1,7	0,6	3,8	0,0	1,7	0,56	0,39	0,79	141,42	3,23	Sim
Af.loc. A	0,0	2,2	0,0	0,8	1,5	0,0	2,2	0,76	0,52	1,05	137,27	0,76	Sim
Af.roda B	8,4	15,4	9,4	8,0	0,8	8,0	15,4	10,32	1,72	3,43	33,27	9,48	Sim
Remen. B	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	1,37	Sim
Remen. M	1,7	1,8	1,7	1,6	0,0	1,6	1,8	1,69	0,05	0,10	5,68	1,69	Sim
T.bloco B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,89	Sim
T.bloco A	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	1,1	0,28	0,28	0,56	200,00	0,28	Sim
T.long. B	0,0	0,8	0,0	0,0	0,4	0,0	0,8	0,21	0,21	0,42	200,00	0,16	Sim
T.jacaré B	18,0	18,2	7,8	5,7	10,6	5,7	18,2	12,40	3,31	6,62	53,34	1,80	Não
T.jacaré M	1,3	7,6	16,7	22,4	3,3	1,3	22,4	12,00	4,68	9,36	78,00	8,73	Sim
T.jacaré A	5,0	2,2	1,7	0,0	1,6	0,0	5,0	2,22	1,04	2,08	93,54	0,66	Sim
T.trans. B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,52	Sim

APÊNDICE 8. Tabela com valores de quantidade de defeitos por nível de severidade e suas estatísticas para as amostras das seções 6 a 10

Valores de densidade de defeitos por nível de severidade das seções 6 a 10 e suas estatísticas

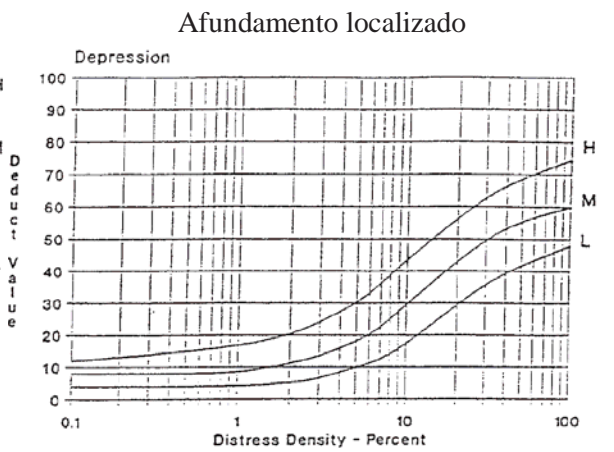
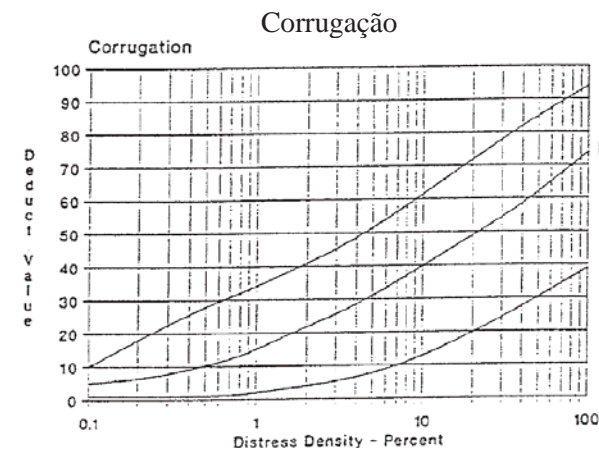
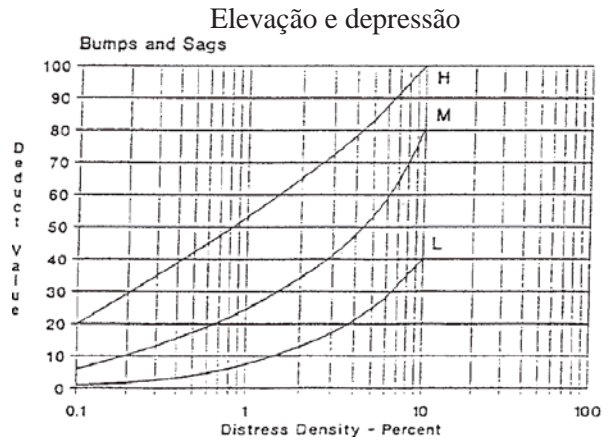
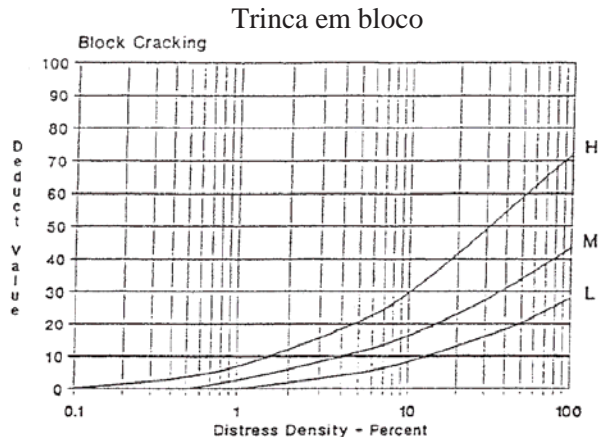
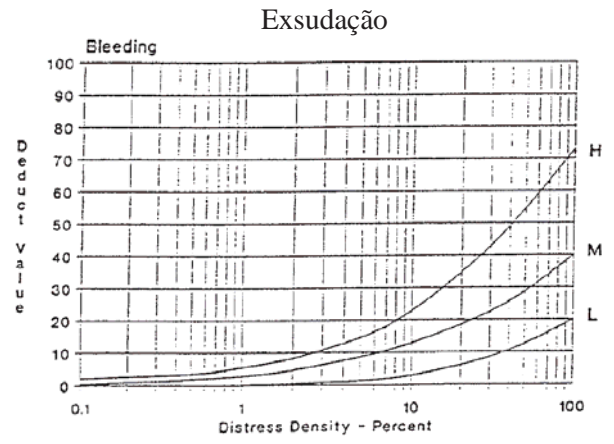
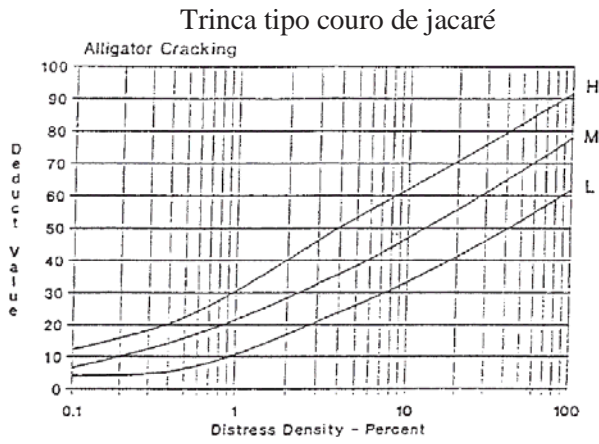
Tipo de defeito + severidade	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín.	Máx.	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Seção 6 - Rua Amazonas ...													
Af.loc. B	2,1	2,3	2,8	2,8	3,3	2,1	2,8	2,48	0,17	0,35	14,09	0,86	Sim
Af.roda B	3,2	3,1	3,9	3,6	3,9	3,1	3,9	3,44	0,19	0,37	10,83	0,41	Não
Af.roda M	13,3	13,3	11,1	14,4	13,3	11,1	14,4	13,06	0,70	1,40	10,71	0,28	Não
T.bloco B	1,1	0,8	1,1	1,3	1,1	0,8	1,3	1,08	0,08	0,17	15,72	0,01	Não
T.jacaré B	4,5	6,1	7,2	4,6	4,2	4,5	7,2	5,61	0,65	1,30	23,18	1,46	Sim
T.jacaré M	19,7	17,8	16,7	19,3	17,3	16,7	19,7	18,36	0,70	1,40	7,63	1,07	Não
... Seção 7 - Rua Amazonas ...													
Af.roda B	6,4	7,2	7,8	8,0	8,1	6,4	8,0	7,37	0,35	0,71	9,59	0,73	Não
Af.roda M	1,6	1,8	1,7	1,7	2,2	1,6	1,8	1,71	0,05	0,10	6,08	0,47	Sim
Af.roda A	1,3	1,8	1,7	1,7	2,0	1,3	1,8	1,61	0,10	0,19	11,95	0,40	Sim
Remen. B	3,3	3,7	3,3	3,0	3,0	3,0	3,7	3,34	0,15	0,30	9,02	0,30	Não
T.bloco B	0,7	0,7	0,7	0,6	0,8	0,6	0,7	0,67	0,02	0,04	5,47	0,14	Não
T.jacaré B	4,7	3,8	3,9	4,9	3,7	3,8	4,9	4,33	0,29	0,58	13,45	0,64	Não
T.jacaré M	3,6	4,3	3,9	4,0	3,2	3,6	4,3	3,96	0,14	0,29	7,21	0,72	Sim
T.jacaré A	6,5	7,1	6,4	6,3	7,4	6,3	7,1	6,60	0,17	0,34	5,18	0,83	Não
... Seção 8 - Rua Joinvile ...													
Af.loc. B	0,0	0,8	1,1	0,9	1,3	0,0	1,1	0,72	0,25	0,49	68,62	0,55	Sim
Af.roda B	3,9	4,3	3,7	3,3	4,3	3,3	4,3	3,79	0,20	0,40	10,46	0,47	Não
Af.roda M	47,3	48,3	48,5	47,6	51,2	47,3	48,5	47,93	0,29	0,57	1,19	3,24	Não
T.jacaré B	3,6	3,7	4,4	3,9	2,2	3,6	4,4	3,91	0,19	0,37	9,51	1,71	Sim
T.jacaré M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	-	0,79	Sim
T.jacaré A	37,3	34,2	33,3	33,8	32,8	33,3	37,3	34,67	0,91	1,81	5,23	1,92	Não

(Continuação) Valores de densidade de defeitos por nível de severidade das seções 6 a 10 e suas estatísticas

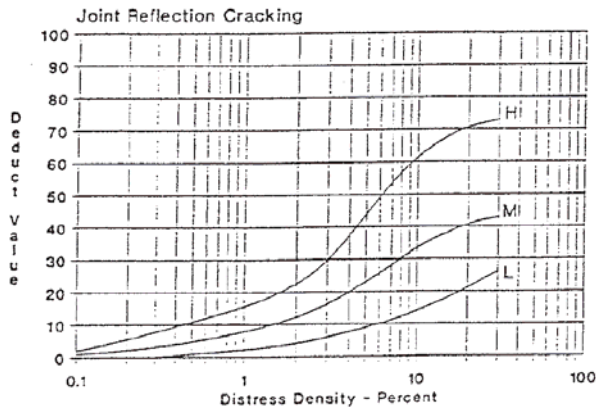
Tipo de defeito + severidade	Densidade					Estatísticas de grupo							
	Avaliador					Mín.	Máx.	Média	EP média	DP	CV (%)	Desvio Viés	Viés
	1	2	3	4	Ref.								
... Seção 9 - Rua Papa J. XXIII ...													
Af.loc. M	2,8	3,3	3,3	3,5	4,6	2,8	3,5	3,24	0,14	0,28	8,79	1,34	Sim
Af.roda B	21,2	21,7	19,4	20,4	20,8	19,4	21,7	20,69	0,49	0,98	4,73	0,14	Não
Af.roda M	12,9	8,1	7,2	11,3	11,8	7,2	12,9	9,89	1,33	2,66	26,92	1,94	Não
Af.roda A	7,2	5,6	5,6	6,9	5,8	5,6	7,2	6,30	0,44	0,87	13,84	0,47	Não
Remen. B	2,1	2,8	3,3	2,2	1,6	2,1	3,3	2,61	0,29	0,58	22,15	1,01	Sim
T.long. B	2,4	2,1	1,7	2,4	1,6	1,7	2,4	2,17	0,18	0,37	17,01	0,54	Sim
T.jacaré B	0,3	0,5	0,6	0,4	0,3	0,3	0,6	0,47	0,05	0,10	22,07	0,16	Sim
T.jacaré M	0,0	0,8	0,0	0,8	1,1	0,0	0,8	0,41	0,24	0,47	115,54	0,67	Sim
T.jacaré A	44,8	44,6	46,8	47,0	45,7	44,6	47,0	45,80	0,63	1,27	2,77	0,11	Não
T.trans. B	1,2	1,5	2,2	1,4	2,1	1,2	2,2	1,60	0,22	0,43	27,15	0,51	Sim
... Seção 10 - Rua Nereu Ramos ...													
Af.loc. B	2,0	1,6	2,1	1,9	2,0	1,6	2,1	1,88	0,10	0,20	10,80	0,13	Não
Af.roda M	5,3	5,8	5,1	5,1	5,9	5,1	5,8	5,32	0,16	0,33	6,17	0,55	Não
Remen. B	0,5	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	0,5	0,37	0,06	0,12	32,75	0,12	Sim
Remen. M	4,8	4,7	5,1	4,8	5,5	4,7	5,1	4,82	0,08	0,16	3,36	0,70	Não
T.jacaré M	3,7	12,7	4,3	13,0	11,0	3,7	13,0	8,42	2,57	5,15	61,15	2,62	Sim
T.jacaré A	10,0	0,0	7,9	0,0	0,0	0,0	10,0	4,47	2,62	5,23	116,98	4,47	Sim

ANEXOS

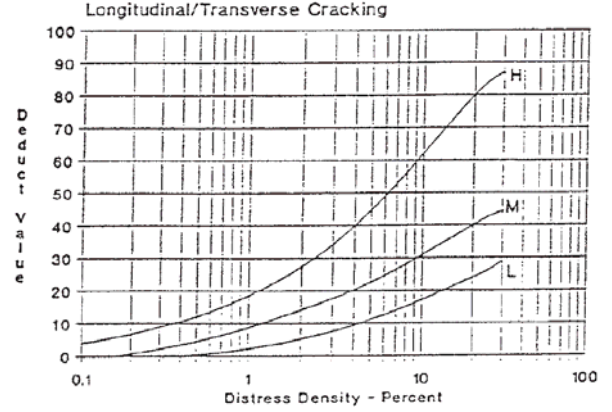
ANEXO 1. Curvas de valores de dedução (ASTM, 2015)



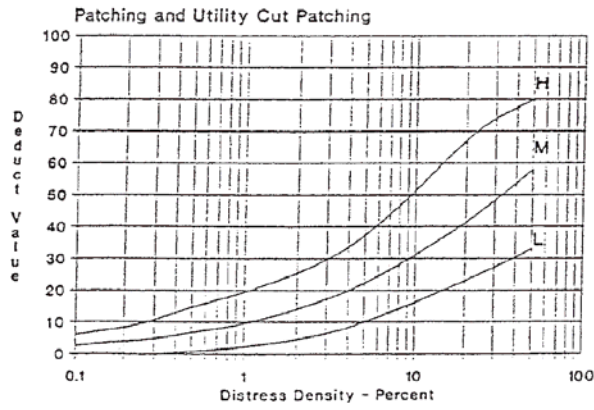
Trinca de reflexão de juntas



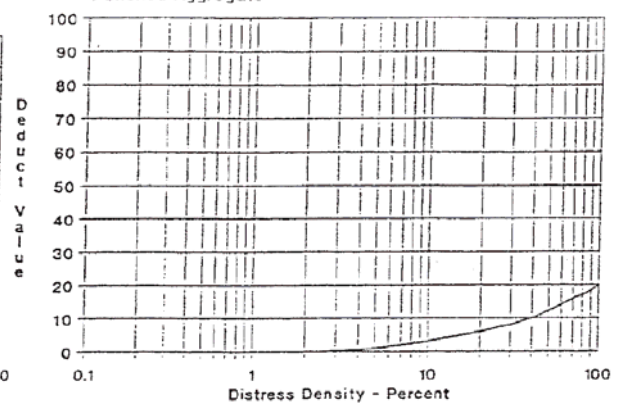
Trinca longitudinal e transversal



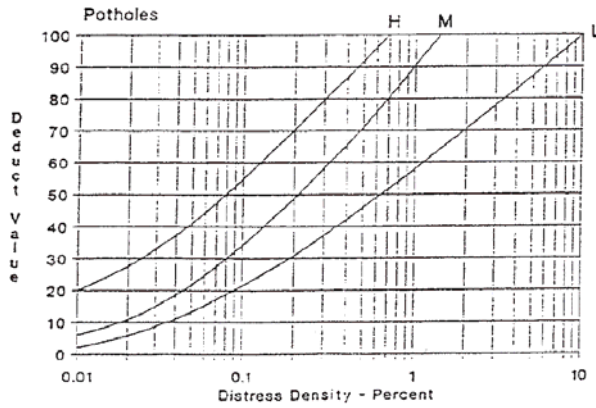
Remendo



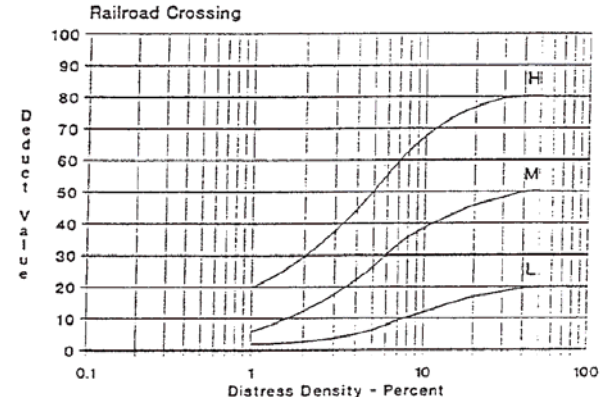
Polimento de agregados



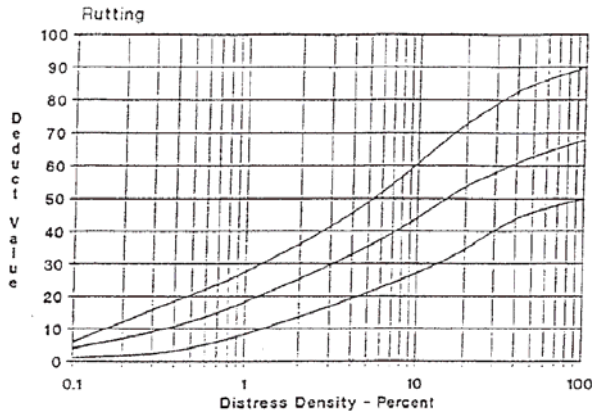
Panela



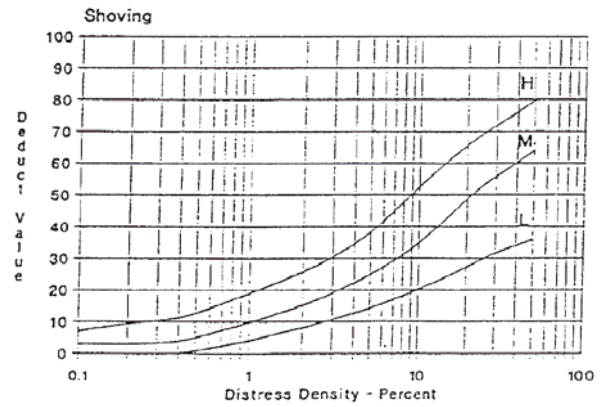
Cruzamento de linha férrea



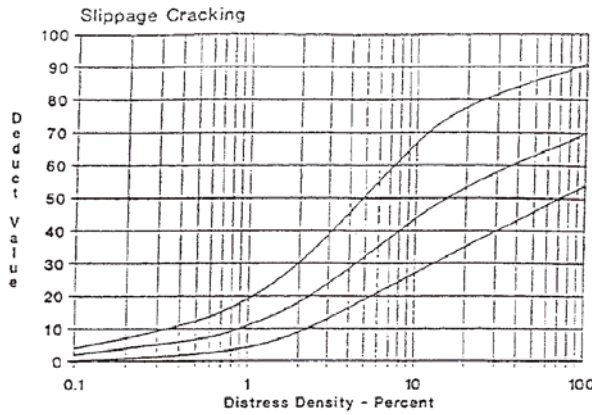
Afundamento em trilha de roda



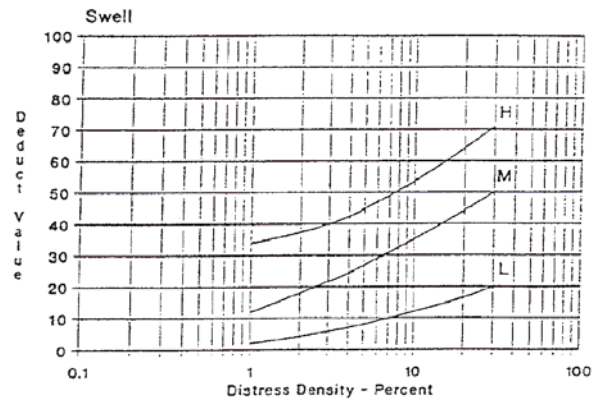
Escorregamento



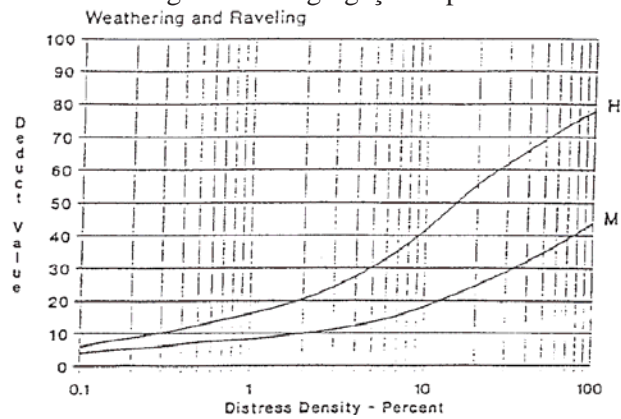
Trinca em deslizamento



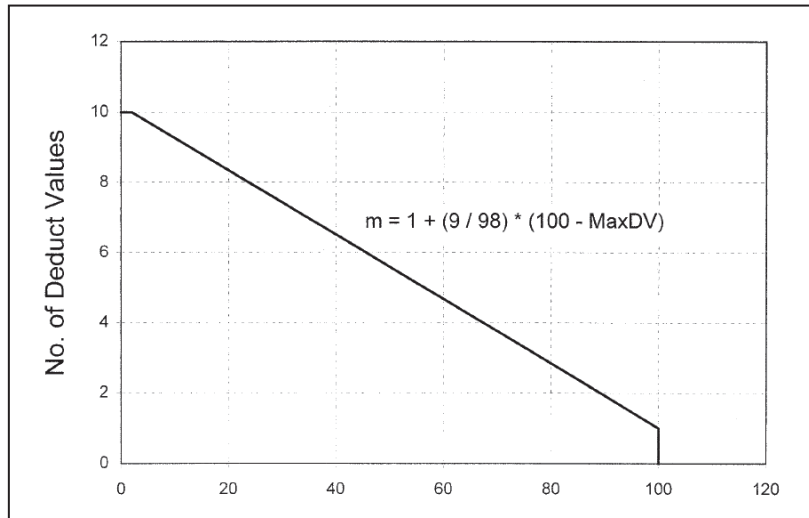
Inchamento



Desgaste e desagregação superficial



ANEXO 2. Ábaco para ajuste do número de valores de dedução (ASTM, 2015)



ANEXO 3. Curvas de correção do valor de dedução (ASTM, 2015)

