

**CONSIDERAÇÕES SOBRE AVALIAÇÃO SUBJETIVA E OBJETIVA PARA A
IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS
URBANOS**

LORENA NUNES DE MACENA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL II EM ENGENHARIA CIVIL

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

BRASÍLIA/DF: JULHO DE 2019

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL**

**CONSIDERAÇÕES SOBRE AVALIAÇÃO
SUBJETIVA E OBJETIVA PARA A IMPLANTAÇÃO DE
UM SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS
URBANOS**

LORENA NUNES DE MACENA

ORIENTADOR: FÁBIO ZANCHETTA, DSc.

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL II EM
TRANSPORTES**

BRASÍLIA/DF: JULHO/ 2019

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL**

**CONSIDERAÇÕES SOBRE AVALIAÇÃO
SUBJETIVA E OBJETIVA PARA A IMPLEMENTAÇÃO
DE UM SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS
URBANOS**

LORENA NUNES DE MACENA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL II SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

Prof. Dr. FÁBIO ZANCHETTA (UnB)
(ORIENTADOR)

Prof. Dr. PASTOR WILLY GONZALES TACO (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)

Prof.^a. Dr.^a. FABIANA SERRA DE ARRUDA (UnB)
(EXAMINADOR EXTERNO)

DATA: BRASÍLIA/DF, JULHO de 2019.

FICHA CATALOGRÁFICA

MACENA, LORENA NUNES DE

Considerações sobre Avaliação Subjetiva e Objetiva para a Implementação de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos. [Distrito Federal] 2019. vii 76 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2019)

Monografia de Projeto Final II - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MACENA, L. N. (2019). Considerações sobre a Avaliação Subjetiva e Objetiva para a Implementação de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos. Monografia de Projeto Final II, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 76 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Lorena Nunes de Macena.

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL II: Considerações sobre a Avaliação Subjetiva e Objetiva para a Implementação de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbano.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2019.

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final II pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Lorena Nunes de Macena

Rua Babaçu, lote 03. Residencial Art. Life Design, Apto. 1712-Águas Claras- DF
71928-000 – Brasília/DF – Brasil.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço à Deus, por ter permitido que eu concluísse mais essa etapa em minha vida, mesmo que durante o percurso tenham ocorridos percalços, contudo, todos eles foram solucionados. Agradeço, também, pela maturidade, discernimento e superação que desenvolvi ao longo do período de graduação, decerto serão incorporados a minha trajetória egressa.

Em especial, agradeço aos meus pais, José Manoel de Macena e Iracy Nunes de Macena. Nenhum dos dois foi oriundo de família rica, tampouco tiveram a melhor educação e oportunidades, todavia, sempre edificaram em meu caráter e formação o valor do esforço e da determinação. Foi com muito trabalho e abdicção de ambos que foi possível que eu tivesse uma educação de qualidade desde meu nascimento. Lembro-me do período de ingresso na Universidade, foi uma época conturbada em nossas vidas. No dia da minha matrícula, estavam presentes meu pai e minha mãe. Hoje, na apresentação da monografia de conclusão de curso, somente minha mãe poderá me aplaudir, infelizmente, meu pai não está mais entre nós para participar desse momento. É com muito orgulho que serei a primeira Engenheira Civil formada em Universidade Federal da família. Espero ter honrado todo investimento que vocês fizeram. A vocês, todo meu amor, admiração e gratidão; sem vocês nada seria possível.

Aos amigos de faculdade, por toda parceria, estudos compartilhados, alegrias e tristezas vividas nesse período. Em especial a Camilla Silva, feliz presente que a graduação me deu. Aos amigos de vida, em especial a Taynara Paim, amiga de infância presente em toda minha trajetória até aqui, obrigada pelo incentivo, amor e apoio. Sua amizade é fraterna e imprescindível para mim.

Agradeço ao meu professor orientador, Fábio Zanchetta, que me acompanhou durante todo esse trabalho. Por fim, agradeço a Universidade de Brasília, pela qual guardo imenso carinho.

RESUMO

Os pavimentos como qualquer outro tipo de estrutura apresentam uma vida útil. Em virtude das ações climáticas e as solicitações devido ao tráfego estes sofrem deterioração fazendo-se necessárias ações de Manutenção e Reabilitação. Em países em desenvolvimento, como o Brasil, a prática de ações paliativas é extremamente comum; todavia estas intervenções são bastante onerosas aos cofres públicos e na maioria das ocasiões não são eficazes. Nesse contexto, o Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU) surge como uma ferramenta de apoio aos gestores públicos, visto que permite ponderar entres as alternativas de intervenção a que se mostra mais adequada em relação à condição de deterioração apresentada pelo pavimento. É importante salientar que para que o SGPU seja utilizado de forma eficaz é necessário que os avaliadores estejam familiarizados com o método de avaliação utilizado. O método do PCI para classificar a condição do pavimento é o mais difundido na comunidade acadêmica e é frequente a determinação do Índice de Condição do Pavimento (ICP) de forma objetiva e subjetiva. Todavia, o ICP obtido na avaliação objetiva e ICP verificado na avaliação subjetiva realizadas em um mesmo segmento de via, em geral, não apresentam os mesmos valores. O objetivo dessa Monografia é avaliar a diferenças verificadas entre os valores de ICP Subjetivo e Objetivo. Para isto será utilizado estatística descritiva e inferência sobre duas amostras emparelhadas utilizando a Distribuição t- Student. Foi possível constatar a variabilidade entres os valores obtidos para o ICP Objetivo e Subjetivo por meio de avaliação funcional de um mesmo segmento de pista tornando evidente a necessidade de que as avaliações subjetivas e objetivas adotem critérios adicionais para que seus resultados possam convergir.

Palavras-chave: 1. Avaliação funcional 2. Pavimentos flexíveis 3. Gerência de pavimentos 4. Avaliação Objetiva e Subjetiva

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 3.1 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG.	16
Tabela 3.2 – Conceito da via segundo o IRI.	20
Tabela 3.3 – Defeitos segundo a classificação americana.	26
Tabela 5.1 – Medidas de Tendência Central dos dados de ICP Objetivo e Subjetivo e relação de segmentos de via em cada estado de conservação.	48
Tabela 5.2 – Frequência dos defeitos observados.	49
Tabela 5.3 – Síntese dos resultados obtidos no Teste de Hipótese.	50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico	Página
Gráfico 5.1 – Distribuição de frequência com base no ICP Objetivo para cada intervalo de condição do pavimento.	49
Gráfico 5.2 – Frequência das M&R Previstas.	50

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 2. 1- Principais componentes do Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos.	06
Figura 2. 2– Índice de serventia ao longo do tempo ou com tráfego acumulado.	08
Figura 2. 3 – Representação da viga Benkelman.	09
Figura 2. 4 – Sensores de medida de deflexão do FWD	10
Figura 3.1 – Variação da serventia ao longo do tempo / evolução do tráfego	14
Figura 3.2 - Treliça metálica para a medição dos afundamentos de trilha de roda.	15
Figura 3.3 - Demarcação de áreas para inventário de defeitos	16
Figura 3.4 – Perfilômetro com sensor a laser	18
Figura 3. 5 – Princípio de funcionamento do Sistema Integrado IPR/USP.	18
Figura 3.6 – Classificação numérica e descrição verbal: método do PCI	21
Figura 3.7 – Trinca em bloco com baixa severidade.	27
Figura 3.8 – Trinca nos bordos laterais com média severidade.	27
Figura 3.9 – Trinca por fadiga com severidade média.	28
Figura 3.10– Trinca por reflexão das juntas com severidade média.	28
Figura 3. 11– Trincas longitudinais e transversais com severidade alta	29
Figura 3. 12 – Trincas de derrapagem com severidade média	29
Figura 3.13– Remendo com severidade baixa.	30
Figura 3.14– Buraco com severidade média.	30
Figura 3.15 – Inchaço e afundamentos com severidade alta	31
Figura 3.16 – Corrugação com severidade baixa	31
Figura 3.17 – Depressão com baixa severidade.	32
Figura 3.18– Deformação permanente com baixa severidade.	32

Figura 3.19 – Escorregamento com baixa severidade	33
Figura 3.20– Ondulação	33
Figura 3.21 - Intemperismo e desgaste com média severidade	34
Figura 3.22 - Exsudação com média severidade	34
Figura 3.23 –Agregados Polidos	35
Figura 3.24– Desnível pista- acostamento com média severidade	35
Figura 3.25 - Cruzamento de linha férrea com média severidade	36
Figura 4.1 – Mapa da região e demarcação dos segmentos de via avaliados.	38
Figura 4.2 – Formulário modelo para a avaliação de campo	43

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1.APRESENTAÇÃO	1
1.2.OBJETIVOS DA PESQUISA	2
1.3.HIPÓTESE	3
1.4.JUSTIFICATIVA	3
1.5.ESTRUTURAÇÃO	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1.BREVE HISTÓRICO DO SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS (SGPU)	5
2.2.SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS	6
2.3.AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO	8
2.4.AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO NO BRASIL E NO EXTERIOR	11
3. AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO PAVIMENTO	13
3.1.CONSIDERAÇÕES	13
3.2.VALOR DE SERVIENTIA ATUAL (VSA)	14
3.3.ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL	15
3.4.INTERNACIONAL ROUGHNESS INDEX (IRI)	17
3.5.MÉTODO DO PCI	20
3.6.DEFEITOS NA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO	24
3.7.TERMINOLOGIA E TIPOS DE DEFEITOS	24
4. MATERIAIS E MÉTODOS	36
3.1.ORIGEM DOS DADOS	37
4.2. OBTENÇÃO DO ICP OBJETIVO	141
4.3.OBTENÇÃO DO ICP SUBJETIVO E DETERMINAÇÃO DA M&R PREVISTA	42
4.4.ORGANIZAÇÃO DOS DADOS	42
4.5.ESTATÍSTICA DESCRITIVA	43
4.6.INFERÊNCIA A PARTIR DE DUAS AMOSTRAS EMPARELHADAS	43
5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	45
5.1. ESTATÍSTICA DESCRITIVA	45
5.2. INFERÊNCIA A PARTIR DE DUAS AMOSTRAS EMPARELHADAS	49
6. CONCLUSÕES	50
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1. INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO

A matriz de transportes no Brasil é centrada no modo rodoviário. Para Lessa (2011), tal estruturação é oriunda do processo histórico ocasionado pela expansão do modelo fordista de produção que influenciou a política de transportes brasileira a partir de meados da década de 50, tendo como marco a implantação do complexo automotivo no Brasil.

Segundo a Pesquisa da Confederação Nacional de Transportes (CNT) de Rodovias 2018, o modo rodoviário corresponde a 61% da movimentação de mercadorias e 95% da de passageiros, o que evidencia a importância desse modo para a cadeia produtiva nacional bem como para a integração regional brasileira. Segundo CNT (2018), o investimento em transportes da União totalizou R\$7,18 milhões sendo a divisão 71,3% rodoviário, 5,4% ferroviário, 6% aquaviário e 17,3% aéreo.

O constante aumento da demanda viária devido ao incremento do uso do transporte em rodovias rurais e vias urbanas e a falta de incentivo das prefeituras municipais para a implementação de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU), em conjunto, convergem para um sistema viário em muitos aspectos falho quanto à segurança, custos de operação e conforto. Para a implementação de um SGPU eficiente é necessário, primeiramente, aferir a condição da malha pavimentada. Uma das possibilidades de análise é por meio da avaliação funcional realizada em campo. A avaliação Funcional tem como foco o conforto que a via apresenta ao seu usuário, portanto é analisado de forma mais detalhada a qualidade ao rolamento ao se trafegar pelo segmento de via. Para se obter a quantificação da qualidade ao rolamento normalmente utiliza-se índices. O Índice da Condição do Pavimento (ICP), em inglês *Pavement Condition Index* (PCI), é amplamente difundido na comunidade acadêmica e bastante empregado em avaliações funcionais de vias. Para determiná-lo é necessário, dentre outros fatores, aferir quais defeitos são observados na via bem como suas extensões e respectivos níveis de severidade para que, em conjunto, possam ser ponderados, segundo método previamente estabelecido, de modo que seja possível determinar de forma objetiva o ICP. Também é obtido o ICP Subjetivo, mais simples e prático, baseado na avaliação e julgamento do avaliador quanto ao nível de conservação da via. Após as determinações do ICP Objetivo e Subjetivo é determinado a Manutenção e

Reabilitação(M&R) prevista para a via avaliada possibilitando que os recursos destinados a infraestrutura de transportes sejam mais bem alocados.

Infelizmente, é prática comum nas cidades brasileiras as chamadas “operações tapa-buracos” e os recapeamentos. Estes procedimentos, em geral, são realizados sem estudo técnico prévio, podendo ter como resultados pavimentos de alto custo e sem as prerrogativas de segurança, conforto e economia exigidos pelo usuário do transporte. Nesse contexto, fica evidente que a implementação de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU) é de grande valia pois possibilita realizar um inventário da rede viária a fim de conhecer seu nível de conservação bem como coordenar e fiscalizar atividades de M&R.

Tendo em vista tais fatores, a utilização de um SGPU torna-se uma ferramenta eficaz para a aplicação de estratégias de M&R, baseadas na análise dos diversos tipos de avaliação dos pavimentos para determinar a intervenção mais adequada e seus respectivos custos associados.

1.2. OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo desta pesquisa é verificar a correspondência dos valores obtidos para ICP Objetivo e Subjetivo em avaliações de uma mesma amostra de segmentos de via.

Dentre os objetivos específicos estão:

- Determinar a possível variação na frequência absoluta das vias em cada tipo de condição do pavimento quando considerado o ICP Objetivo e quando considerado ICP Subjetivo
- Verificar quais são as M&R previstas mais comuns
- Conferir a dispersão dos valores obtidos para ICP Objetivo e Subjetivo.
- Comparar os Valores de ICP Objetivo e Subjetivo

1.3. HIPÓTESE

Será realizado Inferência a partir de duas amostras emparelhadas (ICP Objetivo e ICP Subjetivo) utilizando para atingir esta finalidade Teste de hipótese no qual a estatística de teste é baseada no escore t (Distribuição t - Student). A hipótese nula (H_0) é que a diferença de média entre os valores obtidos no ICP objetivo e ICP subjetivo é igual a zero e a hipótese alternativa (H_1) é que seja diferente de zero. O nível de confiança a ser aplicado é de 95% para $(n-1)$ graus de liberdade, sendo n o tamanho da amostra.

1.4. JUSTIFICATIVA

Uma das finalidades da implementação de um Sistema de Gerência de pavimentos Urbanos (SGPU) é o emprego racional dos recursos destinados a infraestrutura urbana. Para os usuários os principais impactos são observados no melhor conforto ao utilizar a via e ao gestor público as benesses são verificadas em forma de maior economia.

Em municípios brasileiros é comum constatar a ausência de uma política para a gerência formal do sistema viário (do qual os pavimentos representam parcela significativa) o que contribuí para o desperdício de recursos financeiros públicos e privados e mão- de-obra. Contudo, mesmo que por vezes não se caracterize como prioridade, a manutenção e reabilitação de vias urbanas é necessária e demanda alocação de recursos. Neste contexto, a implementação de um SGPU apresenta grande potencialidade de aproveitamento para o gestor público e para a sociedade.

O estudo proposto é integrante de um projeto de pesquisa vinculado ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) cujo objeto de estudo é a avaliação da condição de vias urbanas da Região Integrada de Desenvolvimento do Entorno do Distrito Federal (RIDE/DF). A prefeitura do município de Valparaíso de Goiás/GO manifestou interesse para que a pesquisa contemplasse a cidade. Segundo IBGE (2018), dos municípios que compõe a RIDE/DF, Valparaíso de Goiás é o que apresenta menor área, correspondendo a 61 km². Contudo, de acordo com o DENATRAN (2018), está entre os 10 municípios com maior frota de veículos leves. Espera-se que este estudo sirva de subsídio para que órgãos responsáveis pela gerência de pavimentos municipais possam alocar seus recursos de forma racional, para que seja possível mitigar a deterioração de sua malha viária.

1.5. ESTRUTURAÇÃO

A pesquisa será estruturada em quatro capítulos. Este primeiro capítulo aborda a introdução e as considerações sobre o tema da pesquisa, além da definição de elementos basilares do método científico.

O segundo capítulo introduz o tema do Sistema de Gerência de Pavimentos ao longo da história, bem como discorre sobre suas principais características e aplicabilidades. Além disso, aborda a Avaliação da Condição do Pavimento demonstrando as possibilidades para realização desse procedimento dentro de um Sistema de Gerência de Pavimentos bem como cita as técnicas empregadas no Brasil e no Mundo para a avaliação de pavimento

O terceiro capítulo discorre sobre a Avaliação Funcional do Pavimento e traz considerações sobre o tema bem como cita os principais índices utilizados para tal finalidade. Ademais, aborda a temática dos defeitos na superfície do pavimento segundo a classificação americana.

O quarto capítulo trata dos Materiais e Métodos empregados para determinar as correspondências entre os valores verificados para os índices da condição do pavimento obtidos de forma objetiva e subjetiva em avaliação de campo.

O quinto capítulo aborda a apresentação dos resultados obtidos. O sexto capítulo apresenta a análise dos resultados. Por fim, são apresentadas as conclusões sobre o estudo e as referências bibliográficas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. BREVE HISTÓRICO DO SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS (SGPU)

Um SPGU é um processo que consiste em coordenar e fiscalizar todas as atividades para a manutenção e reabilitação do pavimento, comparando, priorizando e alocando os recursos disponíveis para o programa de manutenção e reabilitação entre todos os segmentos da rede viária urbana, de modo a assegurar o máximo de retorno possível para a sociedade (Haas et al, 1994).

Geograficamente, os conceitos, estudos e aplicações do SPGU tiveram seu berço nos Estados Unidos da América (EUA). Traçando-se uma cronologia, a criação *do Highway Research Board (HRB)* em 1920 pode ser classificada como um marco nos estudos relacionados à pavimentação. A segunda metade do século XX foi marcante para os estudos em pesquisa rodoviária, pois deste período data a *AASHO Road Test (American Association of State Highway Officials)*, renomado programa de pesquisa rodoviária. Como uma de suas consequências cita-se o estímulo a manutenção e gerenciamento de vias. (Zanchetta, 2017).

Todavia, os estudos acerca do desenvolvimento de (SGPU) foram mais bem desenvolvidos em meados da década de 1980. Seu desenvolvimento foi impulsionado pela necessidade de conservar a malha rodoviária existente (NHI, 1998).

A *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)* publicou o seu primeiro guia sobre gerência de pavimentos em 1985, válido em todo o território americano (Albuquerque,2007). O *Federal Highway Administration (FHWA)* promoveu inovações no que tange ao SGPU. Em 1986 foi criada a Divisão de Pavimentos. O FHWA estabeleceu que todos os estados norte americanos deveriam implantar um SGPU para as malhas rodoviárias federais, como requisito para receber investimentos (NHI,1998).

No ano de 2001 a ASSHTO publicou um guia de SGP chamado *Pavement Management Guide (ASSHTO,2001)*. Com esta publicação, os conceitos e a necessidade do uso de um SGP foram expandidos para conhecimento mundial, grande parte disso promovido pelo programa *Highway Development and Management (HDM)* do *World Bank*, sendo a aplicação de sua metodologia requerida para a obtenção de investimentos em infraestrutura rodoviária. A versão mais atual é a HDM-4.

No Brasil, segundo o Manual de Gerência de Pavimentos do DNIT (DNIT, 2011), a implantação de um SGP na rede rodoviária nacional ocorreu no ano de 1982, quando foi criada a Comissão Permanente de Gerência de Pavimentos (CPGP) por iniciativa do Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR).

Diversos estudos nacionais colaboraram para o avanço do SGPU nacional. A título de exemplificação é possível citar: Benevides (2006), Albuquerque (2007), De Oliveira (2013), Machado (2013), Zanchetta (2017).

2.2. SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS

Um sistema de gerência de pavimentos urbanos, a exemplo de outros sistemas, é formado por um conjunto de atividades interdependentes que interagem entre si de modo a atingir um determinado objetivo (Haas *et al*, 1994). Esse objetivo, em geral, é o alcance da melhor aplicação dos recursos destinados a infraestrutura rodoviária para a obtenção de um transporte seguro, confortável e econômico.

Na Figura 2.1 é apresentada de forma esquemática a estruturação de um Sistema de Gerência de Pavimentos.

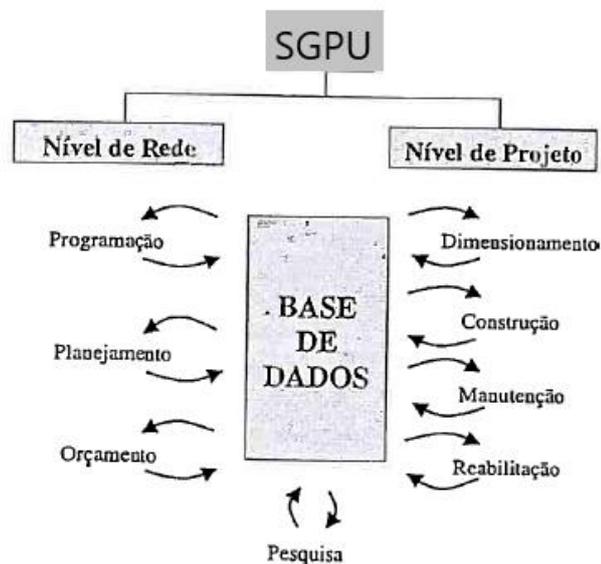


Figura 2. 1- Principais componentes do Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos.

Fonte: Adaptado de Haas *et al*. (1994)

No nível de rede os departamentos de infraestrutura de transporte fazem o planejamento e determinam as estratégias de intervenção com base no orçamento

disponível, em suma trata-se da visão macro da rede viária. O nível de projeto diz respeito ao detalhamento de cada tratamento aplicado a cada uma das vias, portanto uma visão micro e de caráter técnico. É importante salientar a importância do Banco de Dados

A atividade da avaliação de campo é primordial uma vez que possibilita o levantamento de informações iniciais por meio do inventário da rede. Para Albuquerque (2007) a avaliação da condição dos pavimentos pode ser definida como o processo de quantificação do estado do pavimento, isto é, dos defeitos por ele apresentados. Neste processo, geralmente existe uma ramificação quanto à análise. A avaliação da condição do pavimento pode ser realizada de forma estrutural ou funcional.

A partir da avaliação de campo é possível criar um banco de dados. Segundo Haas *et al.* (1994), “O Banco de Dados forma a parte principal para um sistema de gerência de pavimentos urbanos”. Os bancos de dados contam com informações de geometria, tráfego, características e estado do pavimento além de informações sobre custos.

Análise econômica é realizada mediante um conjunto de possíveis cenários de estratégias de M&R da rede viária, para que as agências rodoviárias consigam o melhor retorno possível para os recursos investidos, propiciando aos usuários um pavimento seguro, confortável e econômico (Albuquerque, 2007). As estratégias de M&R são avaliadas quanto a sua efetividade em comparação com os custos demandados para sua realização. Dessa forma, os gestores podem mensurar a viabilidade das diversas propostas de M&R.

Nesse contexto, a manutenção preventiva tem um papel chave. Haja vista que pode prolongar o tempo de utilização do pavimento para um determinado tráfego sem ter grandes diminuições no índice de serventia. A serventia, segundo Carey e Irick (1960) é entendida como a capacidade que a seção da via tem de servir ao tráfego de veículos em elevados volumes e altas velocidades. Na Figura 2.2 é apresentada a relação entre a serventia e o tempo. Pode-se depreender da Figura 2.2 que a serventia do pavimento decai a longo do tempo, assim realizar atividades adequadas de manutenção podem ser responsáveis por prolongar a vida útil do pavimento da via.



Figura 2. 2– Índice de serventia ao longo do tempo ou com tráfego acumulado.

Fonte: Adaptado de Haas *et al.* (1994).

Com procedimentos simples e de relativo baixo custo como selar trincas ou aplicar camadas como lama asfáltica pode-se proteger a estrutura do pavimento da infiltração de águas das chuvas com a postergação do surgimento de trincas e panelas. O resultado pode ser a economia de recursos financeiros aos cofres públicos ao longo dos anos (Zanchetta, 2017). O que deixa evidenciado a importância de uma cautelosa análise econômica baseada nas estratégias de M&R.

A lista de prioridades será responsável pela disponibilização dos recursos para as ações de M&R. Normalmente, são utilizados *softwares* para a hierarquização das prioridades pois a restrição financeira é fator limitante para a escolha das prioridades. Como salientam Haas *et al.* (1994), “a priorização e a otimização das estratégias de preservação da rede de pavimentos são algumas das tarefas centrais de um sistema de gerência de pavimentos urbanos”.

2.3 AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO

Segundo Balbo (2007), os custos com manutenção do pavimento crescem exponencialmente com a evolução da degradação do pavimento. Partindo-se dessa premissa, fica evidente que o conhecimento por parte dos administradores das condições atuais e a previsão das condições futuras dos pavimentos é de extrema importância, visto que servem de norteamento para a decisão das estratégias de M&R.

O pavimento pode ser avaliado por diversos parâmetros, tais como qualidade de rolamento, defeitos presentes em sua superfície, capacidade de suporte de sua estrutura,

ou ainda em função da textura de sua superfície (Zanchetta, 2017). A qualidade de rolamento e os defeitos superficiais dizem respeito à avaliação funcional que está relacionada ao conforto do usuário. A capacidade de suporte de sua estrutura relaciona-se a avaliação estrutural do pavimento. A avaliação da condição do pavimento em função da textura de sua superfície, por sua vez, está diretamente ligada ao requisito de segurança do pavimento.

Para Balbo (2007) a avaliação estrutural de um pavimento é definida como sendo a caracterização completa de seus elementos estruturais e variáveis que interferem no comportamento da estrutura em relação às cargas de tráfego e fatores climáticos atuantes. Pode ser realizada por meio de dois tipos de métodos: destrutivos ou não destrutivos. Ao que concerne aos métodos não destrutivos, consistem em realizar a medida das deflexões devido à imposição de um carregamento conhecido. Os equipamentos mais utilizados para essa finalidade são a Viga de Benkelman e o *Falling Weight Deflectometer* (FWD).

A Viga Benkelman é utilizada para medir o valor das deflexões recuperáveis do pavimento quando a carga estática gerada por um eixo padrão é retirada. Segundo a especificação DNER- ME 024/94 o carregamento usado é um eixo simples de rodas duplas de 8,2 toneladas (geralmente o eixo é de um caminhão), com 80 psi de pressão nos pneus. É realizada uma medição da deflexão com o carregamento sobre o aparelho (L_0) e uma após o deslocamento do caminhão (L_F).

A real deflexão é estimada pela Equação 2.1. A Figura 2.3 ilustra o aparelho, suas partes e localização das medidas (a,b,c,d).

$$D_0 = (L_0 - L_F) * (a/b).$$

Equação 2.1

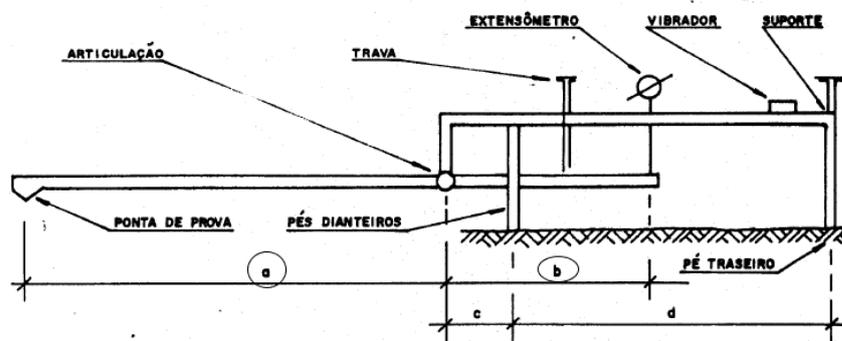


Figura 2.3 – Representação da viga Benkelman.

Fonte: DNER- ME 024/94.

Segundo a especificação DNER-PRO 273/96 o *Falling Weight Deflectometer* (FWD) é um defletoômetro de impacto projetado para simular o efeito de cargas de roda em movimento. Isto é obtido pela queda de um conjunto de massas, a partir de alturas pré-fixadas, sobre um sistema de amortecedores de borracha, que transmitem a força aplicada para uma placa circular apoiada no pavimento. Os deslocamentos recuperáveis gerados são medidos por sensores instalados ao longo de uma barra metálica. A figura 2.4 demonstra os sensores de medida de deflexão do FWD.



Figura 2. 4– Sensores de medida de deflexão do FWD

Fonte: (Moraes, 2015)

A avaliação quanto à textura do pavimento está relacionada à segurança do usuário, a título de exemplificação tem-se quanto maior for a macroestrutura do pavimento maior será a lâmina de água necessária para provocar o efeito de hidroplanagem. A textura do pavimento desempenha papel importante com relação às propriedades funcionais da estrutura, dentre os quais é possível citar: o desenvolvimento das forças de atrito no sistema pneu-pavimento, a resistência ao movimento (com possibilidade de interferência no consumo de combustível), o desgaste dos pneus devido a pequenos deslizamentos, o ruído e as vibrações transmitidas ao volante e aos usuários de veículos (MENEZES, 2008). A textura do pavimento, de acordo com a ASTM E-867 (2012), pode ser dividida em microtextura e macrotextura. A microtextura corresponde às dimensões de comprimento de onda inferiores a 0,5mm, enquanto a macrotextura corresponde aos comprimentos de onda superiores a 0,5mm (Araújo, 2017). Para medir a microtextura do pavimento pode-se utilizar o pêndulo britânico, equipamento que tem a finalidade de medir a resistência de superfícies úmidas à derrapagem. Um pêndulo em balanço tem fixado a ele uma borracha na qual é atritada a superfície da pista. O equipamento simula a derrapagem do pneu de um veículo a uma velocidade de

aproximadamente de 60 km/h sobre o pavimento. O ensaio é normatizado pela ASTM E303/93.

Quanto à macroestrutura ela é aferida pelo ensaio de mancha de areia (ASTM E965/96). O ensaio consiste em espalhar, com movimentos circulares de um dispositivo apropriado (espalhador de madeira com revestimento de borracha) na superfície do pavimento, um volume conhecido de areia ou microesferas de vidro ($25000 \text{ mm}^3 \pm 150 \text{ mm}^3$). Mede-se o tamanho da mancha em quatro direções, e então, com a média, calcula-se a altura da macrotextura. Com base nos resultados é possível classificar o pavimento quanto ao atrito que gera entre o pneu e o pavimento, dando assim maior ou menor segurança.

2.4 A AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO NO BRASIL E NO EXTERIOR

Segundo Medeiros *et al.* (2017) o sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU), no Brasil, é em geral gerido pela Secretaria de Infraestrutura dos Municípios. O emprego de algum método específico com o intuito de avaliar a condição do pavimento de uma determinada amostra de vias está diretamente relacionado ao incentivo por parte dos gestores públicos quanto a implementação do SGPU, condições locais, a tecnologia e recursos disponíveis além do grau de treinamento dos avaliadores. No Brasil, a baixa quantidade de recursos humanos com treinamento adequado e por vezes a falta de aporte financeiro para viabilizar emprego de ferramentas tecnológicas culminam em barreiras para o uso de métodos mais sofisticados. Contudo, o uso de software e aplicativos livres além de ferramentas de georreferenciamento tornaram-se alternativas para que municípios brasileiros implementem de forma mais moderna e eficaz o SGPU. Mas é válido ressaltar que lamentavelmente nem todas as prefeituras apresentam sua malha viária mapeada de forma georreferenciada. Os estados de São Paulo, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará já exploraram algumas dessas possibilidades, como o uso de Sistema Informações de Geográficas (SIG), *Google My Maps* e Sistema de Modelagem Dinâmica.

Reis (2017) realizou levantamento de campo no município de Vila Maria no estado de São Paulo com o intuito de determinar o Índice de Serventia de uma amostra de vias do município e utilizou para o estudo *software* baseado em SIG. O uso de software baseado em SIG contribui de forma significativa para o SGPU pois permite a criação de mapas temáticos dos segmentos de via inspecionados, criação de tabelas de dados

referentes a cada segmento , dessa forma o gestor tem informações que lhe permitem analisar a malha de forma macro podendo acompanhar o estado de conservação e necessidade de manutenção ao longo do tempo.

Medeiros *et al.* (2017) avaliaram a condição da rede viária da cidade de João Pessoa no estado da Paraíba utilizando avaliação subjetiva, cálculo do índice de condição do pavimento (ICP) e ferramenta baseada em SIG para comparar os resultados obtidos por cada uma das formas de avaliação empregadas. Na avaliação subjetiva um grupo de avaliadores treinados avaliam a suavidade e conforto de cada segmento de via. Na avaliação objetiva é realizado um levantamento dos defeitos observados na via e estes são combinados para que seja obtido um índice que retrate a condição do pavimento. A ferramenta de SIG surge como balizadora de decisões quanto a intervenções devido a sua propriedade de análise espacial.

A obtenção da extensão da malha viária de forma confiável, por vezes, é um dos imbrólios para a implementação do SGPU. Ferreira *et al.* (2017) utilizou o *software* QGIS para esta finalidade bem como para obter informações do tipo de revestimento encontrado nas vias. Além disso o aplicativo *Google My Maps* foi utilizado para que fosse possível registrar os defeitos em cada via que era catalogada por meio do uso do GPS integrado ao *smartphone*.

Outras ferramentas de análises também podem ser aplicadas para o estudo em SGPU. Lopes *et al.* (2017) utilizaram modelagem dinâmica. Esta consiste em determinar quais são as variáveis de análise e como interagem entre si, assim é possível determinar como a mudança em uma variável afeta as demais do sistema. Isto viabiliza a realização de simulações, criação de gráficos que permitem a tomada de decisões quanto a alocação de recursos para M&R das vias.

No exterior, políticas de fomento a implementação de SGPU já apresentam razoável tradição. Países como Estados Unidos, Canadá, Itália, Austrália e Chile podem ser citados como exemplos. Devido a maior experiência no uso de SGPU bem como o incentivo recebido, nesses países o uso de tecnologia para melhorar a obtenção de dados sobre as condições da via é mais comum. As possibilidades são diversas incluindo: sistema de imagem digital baseado em veículo aéreo não tripulado, modelagem 3D, simulação baseada em algoritmo genético, programação não linear mista dentre outras.

Zhang *et al.* (2012) utiliza Sistema de imagem digital baseado em veículo aéreo não tripulado (UAV) guiado por GPS para coletar de forma eficiente os dados de condição de superfície em estradas rurais dos EUA. As imagens aéreas adquiridas serviram de base

para o desenvolvimento de um modelo 3D da superfície do pavimento e geração de ortoimagens. Assim foi possível medir precisamente o tamanho e a dimensão das perturbações no pavimento de cada via avaliada. Os resultados do estudo demonstram que o sistema é muito promissor e fornece alta precisão e confiabilidade nos resultados.

A tecnologia é utilizada para a obtenção dos dados da condição do pavimento e também para a tomada de decisão quanto a M&R adequada. Chootinan (2005) desenvolveu uma metodologia de programação para a manutenção de pavimentos ao longo dos anos com o intuito de explicar a incerteza na deterioração do pavimento. Para isso desenvolveu uma simulação baseada em algoritmo genético (GA) que é capaz de planejar as atividades de manutenção durante um planejamento plurianual.

Dessa forma, nota-se que as tecnologias empregadas em Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos são diversas e a sua aplicação está diretamente relacionada aos recursos disponíveis.

3. AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO PAVIMENTO

3.1 CONSIDERAÇÕES

Dado que o pavimento deve garantir segurança, economia e conforto ao usuário, independentemente das condições climáticas impostas e de suas variações ao longo do tempo, a condição da superfície do pavimento torna-se relevante. Nessa abordagem, a qualidade ao rolamento apresenta influência direta no conforto, economia e segurança ao tráfego em toda via. Cabe salientar que a qualidade ao rolamento também influencia nos custos transferidos aos usuários, uma vez que interfere na incidência de manutenção nos veículos, degradação dos pneus e peças mecânicas além do aumento do consumo de combustível.

A avaliação funcional é necessária para o desenvolvimento um método de previsão de desempenho. De acordo com o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (2006), a previsão de desempenho trata-se da estimativa de surgimento e quantificação da geração de defeitos ao longo da vida em serviço da via.

Segundo Albuquerque (2007), o conhecimento prévio de alguns fatores é fundamental para o desenvolvimento de modelos de previsão. O tipo de defeito o qual a via apresenta é um desses fatores. É realizada a quantificação e descrição de cada um desses defeitos ao longo do trecho analisado. A técnica para a obtenção de dados de

condição da via também é importante. No presente trabalho serão apresentados os aportes teóricos dos indicadores: VSA, IGG, IRI e PCI.

Como afirma Machado (2013), existem várias classificações, tanto nacionais como internacionais, o que muitas vezes dificulta o tratamento do assunto.

3.2 VALOR DE SERVENTIA ATUAL (VSA)

Carey e Irick (1960) estabeleceram o primeiro critério de avaliação funcional de um pavimento, como sendo uma avaliação numérica relacionada às notas dadas por avaliadores segundo o conforto ao rolamento proporcionado pelo trecho em questão. Portanto, trata-se de um método de avaliação subjetivo. Desse modo, chega-se ao *Present Serviceability Ratio (PSR)*, que no Brasil equivale ao Valor de Serventia Atual (VSA).

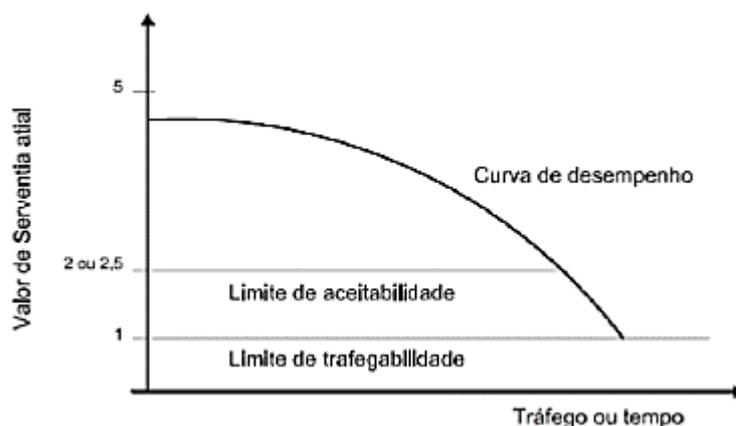


Figura 3.1 – Variação da serventia ao longo do tempo / evolução do tráfego.

Fonte: Adaptado de (Romeiro Júnior, 2014).

Como pode ser notado, na Figura 3.1, que o VSA decresce ao longo do tempo devido às solicitações de tráfego até atingir o limite de aceitabilidade quanto ao conforto do usuário. Ultrapassado este limite, já atingindo o mínimo da curva de desempenho, a serventia é afetada também quanto a trafegabilidade. Como lembra Zanchetta (2017), a aplicação do VSA geralmente é destinada a rodovias, e sua aplicação em áreas urbanas é complicada. Hodiernamente, no Brasil, o indicador VSA possui equivalência no Índice de Gravidade Global (IGG).

3.3 ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL

É um índice combinado de defeitos que permite realizar a classificação de um trecho homogêneo de pavimento com base na ocorrência desses defeitos sendo atribuído um valor numérico relacionado a condição do pavimento. O DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) preconiza esse método. De acordo com a especificação DNIT 006/2003 os procedimentos são descritos de forma que seja possível determinar as ocorrências aparentes e as deformações permanentes nas trilhas de roda. Segundo Machado (2013), o objetivo é determinar a flecha na trilha de roda, por meio de uma treliça de alumínio padronizada. Na Figura 3.2. é ilustrada a medição do afundamento de trilha de roda com o uso da treliça metálica.



Figura 3.2 - Treliça metálica para a medição dos afundamentos de trilha de roda.

Fonte: (ANTT, 2007)

Segundo a especificação DNIT 007/2003 quanto ao inventário de defeitos em superfície de avaliação para estudos e projetos, a superfície de análise deve ser delimitada pelas bordas da faixa de tráfego e por duas seções transversais, situadas, respectivamente a 3,0m antes e 3,0m após a estação considerada, totalizando entre cada estação uma área de 6m. A demarcação no pavimento dos trechos selecionados nas rodovias de pista simples é feita a cada 20m alternados em relação ao eixo da pista de rolamento (40 m em 40 m em cada faixa de tráfego) e é realizado com o uso de tinta de marcação. A representação esquemática do procedimento é ilustrada na Figura 3.3.

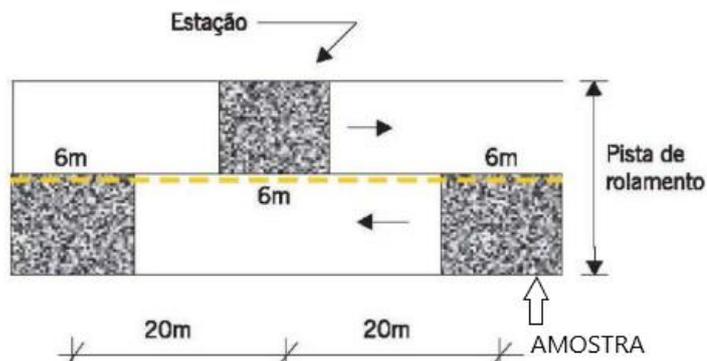


Figura 3.3 - Demarcação de áreas para inventário de defeitos.

Fonte: Bernucci (2006)

As ocorrências que devem ser registradas no procedimento estão discriminadas no Anexo E da especificação: trincas longitudinais e transversais, trincas por fadiga, trincas de origem térmica, trincas em bloco, afundamentos, ondulação/corrugação, escorregamento, exsudação, desgaste, panelas e remendos.

O método de cálculo consiste na verificação o número de vezes em que a ocorrência foi observada dividido pelo número de estações inventariadas, esse fator recebe o nome de frequência relativa. Esta é multiplicada por um fator de ponderação e é obtido como resultado o valor do Índice de Gravidade Individual (IGI). O IGG (Índice de gravidade Global) é o somatório desses índices (IGI). Segundo a especificação DNIT 006/2003 a condição do pavimento pelo método de avaliação do IGG pode ser descrita conforme é apresentado na Tabela 3.1.

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < IGG \leq 20$
Bom	$20 < IGG \leq 40$
Regular	$40 < IGG \leq 80$
Ruim	$80 < IGG \leq 160$
Péssimo	$IGG > 160$

Tabela 3.1 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG.

Fonte: (DNIT, 2003).

3.4 INTERNACIONAL ROUGHNESS INDEX (IRI)

O IRI em português pode ser traduzido como Índice de Irregularidade Longitudinal. Usualmente é denominado como Avaliação da Irregularidade Longitudinal do Pavimento, sendo empregado nas análises no que tangem ao conforto do usuário.

Segundo Soncim (2011) a irregularidade longitudinal do pavimento é considerada o mais importante indicativo de desempenho dos pavimentos, pois afeta diretamente o conforto e a segurança dos usuários da rodovia, além de estar relacionada com os custos operacionais dos veículos.

Para a ASTM, o IRI é entendido como o somatório de desvios da superfície do pavimento, em relação à referência ideal do projeto geométrico, com dimensões características que afetam a dinâmica do veículo, sua qualidade de rolamento, bem como a dinâmica das cargas e a drenagem. De acordo com Sayers e Karamihas (1998) o IRI é uma escala de medida de irregularidade baseada num modelo matemático chamado quarto-de-carro, que simula os movimentos verticais induzidos a uma roda sob velocidade de 80 km/h. Os movimentos verticais induzidos são acumulados e divididos pela distância percorrida, resultando num índice com unidade m/km.

Segundo Sayers e Karamihas(1998) a classificação quanto a avaliação do IRI pode ser dividida entre: Avaliação direta e Avaliação indireta. A avaliação direta é realizada por meio de equipamentos de classe I e II. Entre eles destacam-se equipamentos de levantamento topográfico (nível e mira), perfilômetros com sensores a laser e perfilógrafos. A utilização do perfilômetro a laser tem sido cada vez mais empregada no Brasil, principalmente pela possibilidade de obterem-se simultaneamente dados de afundamento de trilha da roda. Os perfilômetros a laser são equipamentos compostos por uma unidade de transdutores (em uma barra), equipada com sensores a laser (com pelo menos dois, sendo um em cada trilha de roda), dois acelerômetros e um sensor de movimento inercial, e um computador PC. Todos esses equipamentos são instalados em um veículo. O funcionamento do perfilômetro consiste na leitura simultânea do deslocamento longitudinal, da altura do veículo até o pavimento e da aceleração vertical do veículo, os dados são processados para que a aceleração vertical registrada seja transformada em deslocamento vertical do veículo. Com esta última medida, corrigem-se todos os valores da altura para obter-se o perfil longitudinal. (Albuquerque, 2007). Na Figura 3.4 consta a ilustração do equipamento.

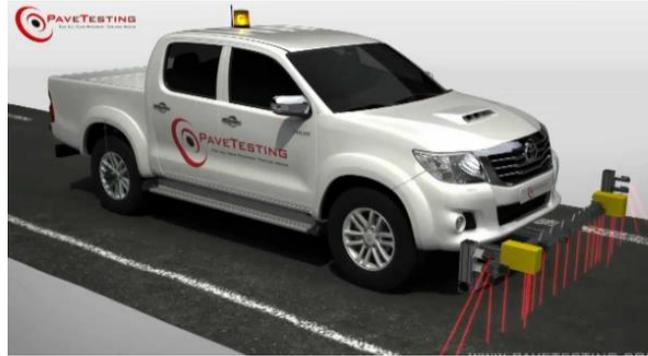


Figura 3.4 – Perfilômetro com sensor a laser

Fonte: PaveTesting (2018)

A avaliação indireta é realizada por equipamentos do tipo – resposta, dentre eles podendo destacar: TRL, Bump integrator, Maysmeter, Merlin. Nestes equipamentos as reações dos veículos às irregularidades são medidas e acumuladas em termos de deslocamentos verticais entre o eixo traseiro e o chassi do veículo, em resposta à excitação dinâmica provocada pelo movimento ao longo do perfil.

No Brasil, o sistema integrador IPR/USP é o aparelho do tipo resposta mais utilizado. Ele é montado em veículo de passeio médio e à medida que se desloca sobre a via, o integrador fornece o somatório dos valores absolutos dos deslocamentos verticais de um ponto do diferencial, em relação à carroceria do veículo. O procedimento DNER-PRO 182/94 normaliza o emprego do sistema integrador IPR/USP para medidas de irregularidade de pavimentos (Benevides, 2006). Na Figura 3.5 é apresentado o equipamento IPR/USP

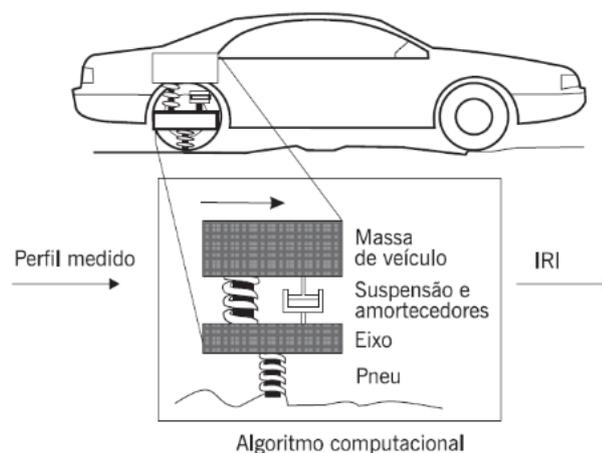


Figura 3. 5 – Princípio de funcionamento do Sistema Integrado IPR/USP.

Fonte:(Bernucci, 2006)

A irregularidade pode ser medida em diversas escalas, que dependem diretamente do equipamento utilizado para a avaliação da superfície do pavimento. Trata-se de uma análise estatística, os modelos mais utilizados são: Modelo de simulação de quarto- de – carro; Aceleração Vertical Média Quadrática; Variância da Declividade Longitudinal.

Os equipamentos mais usados no Brasil são tipo- resposta, estes medem a resposta do veículo à irregularidade do pavimento. É necessário que se correlacione as medidas obtidas a uma escala comum, para que possam ser comparadas às medidas efetuadas por diferentes equipamentos, de modo a propiciar uma consistente e estável medida de irregularidade. (Soncim, 2011). Partindo desse pressuposto, Queiroz (1981) desenvolveu um procedimento para calibração de equipamentos do tipo resposta a partir de perfis medidos com nível e mira, em que a escala é o Quociente de Irregularidade (QI), dado em contagens/km. Para essa formulação foi utilizado o sumário estatístico Aceleração Vertical Média Quadrática (AVMQ) para fazer a relação.

A aceleração vertical média quadrática é uma estatística do perfil longitudinal relativamente simples e que pode ser definida como a diferença média quadrática entre a variação de elevação e o intervalo de distância horizontal correspondente. Essa distância horizontal é o comprimento de base e a AVMQ pode ser computada para diversos comprimentos de base (Queiroz,1981).

O Quociente de Irregularidade (QI), dado em contagens/km, é obtido em função de AVMQ_B. A equação que relaciona estes fatores é apresentada na equação 3.1

$$QI = -8,54 + 6,14 AVMQ_{1,0} + 19,38 AVMQ_{2,5}$$

Equação 3.1

A relação entre QI e IRI é dada pela equação 3.2 desenvolvida por Sayers, Gillespie e Queiroz (1986)

$$IRI = \frac{QI}{13}$$

Equação 3.2

No Brasil, o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006) utiliza essa relação entre QI e IRI para classificar as condições da superfície do pavimento. A classificação consta na Tabela 3.2.

Conceito	Irregularidade	
	QI(cont./km)	IRI(m/km)
Excelente	13-25	1-1,9
Bom	25-35	1,9-2,7
Regular	35-45	2,7-3,5
Ruim	45-60	3,6-4,6
Péssimo	>60	>4,6

Tabela 3. 2 – Conceito da via segundo o IRI

Fonte: (DNIT, 2006)

O DNIT estabelece em suas Especificações de Serviços que um pavimento novo deve ter um IRI não maior que 2,70 m/km. O limite residual do IRI determinado para rodovias administradas pelo DNIT é de 4,00 m/km (Albuquerque, 2007).

Desse modo, fica notório que a evolução do IRI é diretamente proporcional a sua condição inicial.

3.5 MÉTODO DO PCI

Trata-se de um método para a quantificação da condição pavimento. *Pavement Condition Index* (PCI), em tradução literal, pode ser entendido como Índice de condição do Pavimento (ICP). Segundo Balbo (1998) é um método de avaliação de pavimentos originário de um estudo desenvolvido pelo CERL “Construction Engineering Research Laboratory” que teve sua publicação em 1979 feita em um documento intitulado CERL-TR-M-268, pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE). Inicialmente, foi desenvolvido para pavimentos aeroportuários, sendo o método mais utilizado pela FAA (*Federal Aviation Administration – EUA*) em seguida a utilização do método foi expandida para rodovias, após longa experiência adquirida.

O método foi desenvolvido para pavimentos asfálticos e de concreto de cimento Portland para veículos de pneus e reboques sendo válido somente para vias de baixa velocidade.

Seu objetivo principal é obter um índice numérico qualificador da condição do pavimento. A classificação numérica da condição do pavimento que varia de 0 a 100 com 0 sendo a pior condição possível e 100 sendo a melhor condição possível. A classificação

numérica é relacionada a uma descrição verbal em função do valor do PCI, conforme indicado na Figura 3.6.



Figura 3.6 – Classificação numérica e descrição verbal: método do PCI

Fonte: Autora – Adaptado ASTM D 6433 – 07

O pavimento é dividido em trechos que são subdivididos em seções. Cada seção é dividida em unidades de amostra. O tipo e a severidade de cada defeito do pavimento são avaliados por inspeção visual das unidades de amostragem do pavimento.

Este índice deve ser capaz de fornecer meios para determinar qual ação de Manutenção e Reabilitação (M&R) é mais adequada bem como estabelecer prioridades por meio da comparação entre o estado de diferentes trechos de pavimentos

Segundo Machado (2013), quando a faixa de classificação se encontra entre “Falha” e “Muito Pobre” é aconselhável a reconstrução. Entre “Pobre” e “Suficiente” o recapeamento apresenta-se como uma alternativa viável. Para as faixas de “Satisfatória” e “Boa” é importante realizar a manutenção adequada.

Cabe salientar que o PCI não pode medir capacidade estrutural nem fornece medição direta de resistência ou rugosidade, como afirma a ASTM D 6433 – 07 no quesito de significância e uso do método. O procedimento descrito a seguir é regido pela norma americana ASTM D 6433 – 07.

É necessário que o avaliador porte planilhas eletrônicas para que possam ser anotados os registros de campo, com pelo menos as seguintes informações: data, local, trecho, seção, tamanho da unidade da amostra, número e tamanho do pavimento a ser analisados, tipos de defeitos, defeitos verificados, níveis de severidade, quantidades e nomes dos avaliadores. Exemplo da folha de dados pode ser verificado no Anexo A.1.

Cada trecho deve ser dividido em seções baseadas no histórico de construção, tráfego e condição. As seções, por sua vez, devem ser divididas em unidade de amostra. As unidades de amostra individuais a serem inspecionadas devem ser marcadas ou identificadas de forma a permitir fácil localização na superfície do pavimento.

O número de unidades de amostra a serem inspecionadas deve fornecer um nível de confiança de 95%. É utilizado para o cálculo um erro considerado aceitável para a estimativa da seção (e), normalmente de valor ± 5 pontos PCI. Por se tratar de uma estimativa, um desvio-padrão (s) também precisa ser considerado. Para Pavimentos flexíveis (s) assume o valor de 10. “N” é o número total de unidades de amostra na seção. O resumo da determinação da quantidade de unidades de amostras necessário é demonstrado na Equação 3.3.

$$n = N * s^2 / [(\frac{e^2}{4}) * (N - 1) + s^2]$$

Equação 3.3

Uma vez que o número de unidades de amostra a serem inspecionadas já foi determinado, deve-se calcular o intervalo de espaçamento das unidades. As amostras são espaçadas igualmente ao longo da seção com a primeira amostra selecionada de forma aleatória. O intervalo de espaçamento (i) das unidades a amostrar é calculado segundo a Equação 3.4.

$$i = N/n$$

Equação 3.4

Deve-se proceder a inspeção individual cada unidade de amostra escolhida medindo-se a quantidade de cada nível de severidade e de cada tipo de defeito presente e feito o devido registro os dados.

O avaliador deve contabilizar a quantidade total de cada tipo de defeito em cada nível de severidade e ao final somar cada parcela e registrar esses dados na coluna “Total” da planilha contida no Anexo A.1.

A quantidade total de cada tipo de defeito em cada nível de severidade deve ser dividida pela área total da unidade da amostra e multiplicada por 100 a fim de se obter a densidade percentual de cada defeito de acordo a severidade apresentada, esses dados devem ser anotados na coluna “Densidade” da planilha contida no Anexo A.1.

Em seguida, deve ser determinado o “Valor de dedução” individual. Este é obtido a partir de gráficos específicos para cada tipo de defeito que relacionam a densidade com o valor de dedução por meio de curvas; estas são traçadas para cada nível de severidade (L- baixa; M- média; H- alta). O Anexo A.2 contém os gráficos necessários para essa determinação para cada tipo de defeito.

Outro parâmetro que necessita ser determinado é o “Valor máximo deduzido corrigido”. Se nenhum ou apenas um valor de dedução individual for maior que dois, o valor total é usado no lugar do CDV máximo na determinação do PCI; caso contrário, os valores de dedução individuais devem ser dispostos em ordem decrescente. Determina-se o número permitido de deduções, m , pela Equação 3.5 onde HDV é o maior valor de dedução individual.

$$m = 1 + (9/98) * (100 - \text{HDV}) \leq 10$$

Equação 3.5

Considera-se a parte inteira do número m obtido, a parte fracionária será multiplicada pelo valor da ordem decrescente dos valores de dedução individuais seguinte.

Após esse procedimento deve-se determinar o valor total da dedução pela soma de cada valor de dedução individual. Além disso, é importante determinar o valor do parâmetro “ q ” que corresponde ao número de deduções com valor maior que 2.0.

O valor total de dedução é relacionado com o valor de “ q ” por meio do gráfico contido no Anexo A.3, dessa relação é obtido o valor de CDV.

O CDV máximo é obtido de forma iterativa. Deve-se reduzir o menor valor de dedução individual de 2,0 a 2,0 e repetir o procedimento do parágrafo anterior até $q = 1$. O CDV máximo é o maior dos CDV’s.

O cálculo do PCI é dado pela Equação 3.6.

$$PCI = 100 - CDV_{\text{máx}}$$

Equação 3.6.

3.6 DEFEITOS NA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO

Do ponto de vista do usuário a presença de defeitos ou irregulares torna-se de extrema relevância, visto que influi diretamente em seu conforto bem como em custos de manutenção nos veículos, consumo de combustível, pneus, tempo de viagem. Defeitos são danos na superfície do pavimento, perceptíveis a olho nu que podem ser classificados segundo determinada normatização.

Os defeitos podem ter sua origem em diversos fatores. A título de exemplificação pode-se tomar: erros de dimensionamento, intensidade do tráfego, deterioração por ação de intempéries. A correta identificação quantitativa e qualitativa dos defeitos serve de subsídio para a escolha do melhor método para a recuperação do pavimento, dos pontos de vista econômico, estrutural e funcional, pois para corrigir ou minimizar um defeito, deve-se conhecer as prováveis causas que levaram ao seu aparecimento. Conforme orienta Bernucci(2006) , para o levantamento dos defeitos é indicado : verificação “in situ” dos defeitos de superfície, relações com as condições geométricas, levantamento de dados climáticos, de tráfego, de mapas geológicos, pedológicos ou geotécnicos; levantamento de memórias técnicas e de relatórios de projeto e de controle; e estabelecimento de um cenário global dos defeitos e sua relação com todos os dados observados e levantados.

3.7 TERMINOLOGIA E TIPOS DE DEFEITOS

É necessário identificar cada defeito, bem como definir sua extensão e severidade. Todavia, não existe unicidade quanto à metodologia de classificação.

Em 1987 o SHRP (Strategic Highway Research Program) iniciou um dos mais abrangentes testes de desempenho de pavimentação da história com duração de cerca de 20 anos. Além dos Estados Unidos, outros 15 países contribuíram para a coleta de dados das condições dos pavimentos. O Manual de Identificação Visual dos Defeitos , lançado em 2003 pela Federal Highway Administration(FWA), é um dos produtos dessa pesquisa. Nele é apresentado de forma ilustrativa e em linguagem simples a descrição , caracterização quanto a severidade além de indicar como mensurar cada tipo de defeito.

Existem diversas classificações que variam de acordo com o país. Neste trabalho serão citados a classificação americana, presente na norma ASTM D 6433 – 07, baseado no método do PCI. A classificação brasileira é realizada pela especificação DNIT 005/2003 – TER 2003 e é tido como referência o Manual de Restauração de Pavimentos Rodoviários (2006). Segundo Machado (2013) a classificação brasileira apresenta incoerências em relação a terminologia dos defeitos, como exemplo cita que a Irregularidade Funcional é dita como defeito, contudo pode ser causada por ondulação ou corrugação e escorregamento, estes sim considerados defeitos por normas internacionais. Dessa forma, nesta pesquisa será adotada a classificação americana contida na norma ASTM D 6433 – 07. A nomenclatura dos defeitos é baseada no SHRP (2003)

Segundo a classificação americana, os defeitos são enquadrados em baixa, média e alta severidade. Defeitos de severidade baixa causam vibrações no veículo, todavia com grau de desconforto baixo, as vibrações não tornam necessária a redução de velocidade para a garantia de conforto e segurança. Quanto aos de severidade média, as vibrações causam desconforto razoável bem como a redução de velocidade se faz necessária para conforto e segurança. Por fim, os defeitos de alta severidade, ocasionam altas vibrações no veículo que por consequência criam um desconforto substancial, além de comprometer consideravelmente a segurança, conforto e integridade do veículo. A Tabela 3.3 elenca os defeitos classificados segundo a norma ASTM D 6433 – 07.

Todas as definições dos defeitos foram baseadas na norma ASTM D 6433 – 07.

Cracking	Trincas
Block Craking Edge Craking Fatigue Craking Joint Reflection Craking Longitudinal and Transversal Craking Slippage Craiks	Trincas em bloco Trincas nos bordos laterias Trincas por fadiga Trincas por reflexões em juntas Trincas Longitudinais e Transversais Trincas por derrapagem
Patching and Potholes	Remendos e Buracos
Patching Potholes	Remendos Buracos
Surface Deformation	Deformação Superficial Permanente
Bumps and Sags Corrugation Depression Rutting Shoving Swell	Inchaços e Afundamentos Corrugação Depressão Deformação Permanente Escorregamento Ondulação
Surface defects	Defeitos Superficiais
Wethering and Raveling Bleeding Polished Agregate	Intemperismo e Desgaste Exsudação Agregados Polidos
Miscellaneous Distresses	Outros Defeitos
Lane/Shoulder Drop-Off Railroad Crossing	Desnível pista-acostamento Cruzamento de linha férrea

Tabela 3.3 – Defeitos segundo a classificação americana.

Fonte: (Autora, adaptado da norma ASTM D 6433 – 07).

- Trincas em bloco

São trincas interconectadas que dividem o pavimento em blocos aproximadamente retangulares de tamanho variável. A causa do defeito geralmente reside em variações de temperatura que ocasionam mudanças na tensão/deformação ou devido a retração da mistura asfáltica. Geralmente ocorrem em grande parte da área do pavimento.



Figura 3.7 – Trinca em bloco com baixa severidade.

Fonte: ASTM D 6433 – 07.

- Trinca nos bordos laterais

São trincas paralelas a borda e geralmente apresentam-se dentro de 0,3 a 0,5 m da borda externa do pavimento. Esse defeito é acelerado pelo tráfego e pode ser causada pela base ou subleito enfraquecido, outros motivos são a compactação insuficiente ou drenagem deficiente.



Figura 3.8 – Trinca nos bordos laterais com média severidade.

Fonte: ASTM D 6433 – 07.

- Trinca por fadiga

Também é conhecida como trinca couro de jacaré. É uma série de interconexões de trincas causadas por falha de fadiga da superfície de concreto asfáltico sob carga de tráfego repetida. Craqueamento começa na parte inferior da superfície do asfalto, onde os estresses de tração e tensão são mais elevados sob uma roda carga. As trincas se propagam para a superfície inicialmente como uma série de fissuras longitudinais paralelas. Após repetidos carregamentos de tráfego, as trincas se conectam. As peças são geralmente inferiores a 0,5 m no lado mais longo. Ocorre apenas em áreas submetidas para o tráfego repetido, como caminhos de roda. Os motivos para seu aparecimento podem ser de diversas origens, podendo-se destacar: cargas superiores a capacidade estrutural do pavimento, espessuras inferiores a necessária para o tráfego imposto.



Figura 3.9 – Trinca por fadiga com severidade média.

Fonte: ASTM D 6433 – 07.

- Trinca por reflexão em juntas

Este defeito é causado por descontinuidade nas camadas inferiores que se propagam através do revestimento asfáltico. Não é relacionada à carga; no entanto, o carregamento de tráfego pode causar uma avaria na superfície perto da trinca.



Figura 3.10– Trinca por reflexão das juntas com severidade média.

Fonte: ASTM D 6433 – 07.

- Trincas longitudinais e transversais

Trincas longitudinais são paralelas a linha de centro do pavimento. Podem ser causadas por junção da pista de pavimentação mal construída, variação de temperatura diária, retração da mistura asfáltica ou ambos. Trincas transversais se estendem pelo pavimento em ângulos aproximadamente retos, em geral não são associadas a carga.



Figura 3. 11– Trincas longitudinais e transversais com severidade alta

Fonte: ASTM D 6433 – 07.

- Trincas de derrapagem

Apresentam formato de meia-lua, geralmente são transversais à direção da pista. São produzidas ao frear ou girar as rodas sobre a superfície do pavimento fazendo com esse deslize ou se deforme. Este defeito comumente ocorre quando há uma ligação fraca entre a superfície e a próxima camada da estrutura do pavimento.



Figura 3. 12 – Trincas de derrapagem com severidade média

Fonte: ASTM D 6433 – 07.

- Remendos

É uma área de pavimento que foi substituída por um novo material para reparar o pavimento existente. Remendo é considerado um defeito, não importa quão bom seja seu desempenho. Geralmente, algum aspecto de aspereza está associado a esse defeito.

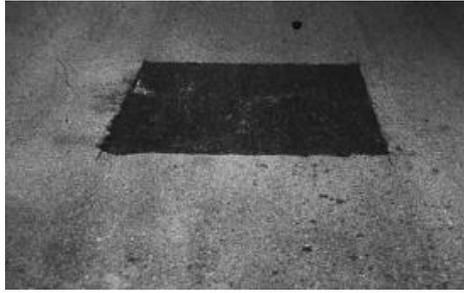


Figura 3.13– Remendo com severidade baixa.

Fonte: ASTM D 6433 – 07.

- Buraco

É uma cavidade que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas), podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas. Normalmente tem bordas afiadas e lados verticais perto do topo do buraco.



Figura 3.14– Buraco com severidade média.

Fonte: ASTM D 6433 – 07.

- Inchaços e afundamentos

Os inchaços são deslocamentos pequenos e localizados para cima da superfície do pavimento. Afundamentos são deslocamentos pequenos e abruptos para baixo da superfície do pavimento. Se os ressaltos aparecerem em um padrão perpendicular ao fluxo de tráfego e estiverem espaçados a menos de 3 m, o problema será chamado de ondulação.



Figura 3.15 – Inchaço e afundamentos com severidade alta .

Fonte: ASTM D 6433 – 07.

- **Corrugação**

É uma série de sulcos que ocorrem a intervalos regulares, geralmente com menos de 3 m ao longo do pavimento. Os cumes são perpendiculares à direção do tráfego. Este tipo de defeito geralmente é causado pela ação do tráfego combinada com uma superfície ou base de pavimento instável.

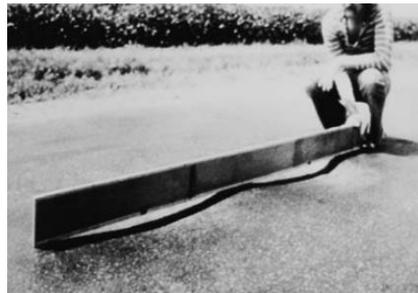


Figura 3.16 – Corrugação com severidade baixa

Fonte: ASTM D 6433 – 07.

- **Depressão**

São áreas de superfície do pavimento localizadas com elevações ligeiramente inferiores às da área circundante. São criadas pelo assentamento do solo de fundação ou é resultado de construção inadequada. Causam alguma aspereza, e quando profundas o suficiente ou cheias de água, podem causar hidroplanagem.

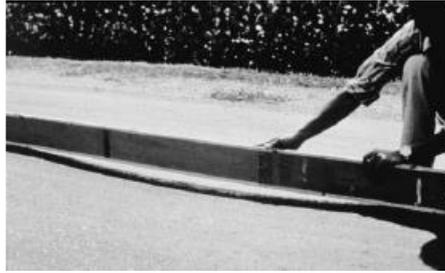


Figura 3.17 – Depressão com baixa severidade.

Fonte: ASTM D 6433 – 07.

- Deformação permanente

É uma depressão superficial nos caminhos das rodas. É um afundamento longitudinal que acompanha o trajeto percorrido pelas rodas dos veículos. O nível de severidade é medido em relação à profundidade.

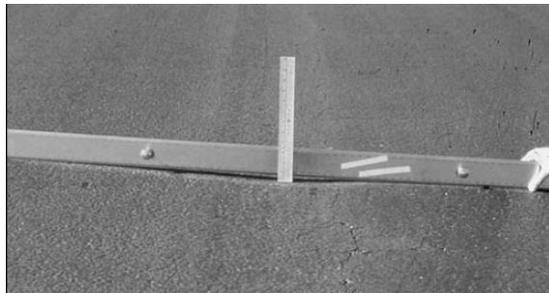


Figura 3.18– Deformação permanente com baixa severidade.

Fonte: ASTM D 6433 – 07.

- Escorregamento

É um deslocamento longitudinal permanente de uma área localizada da superfície do pavimento causada pelo carregamento do tráfego. Quando o tráfego empurra o pavimento, produz uma onda curta e abrupta na superfície do pavimento. Esse desgaste normalmente ocorre apenas em pavimentos instáveis de mistura asfáltica líquida (corte ou emulsão). Em geral é causado pelo movimento de frenagem.



Figura 3.19 – Escorregamento com baixa severidade

Fonte: ASTM D 6433 – 07

- Ondulação

É caracterizada por uma protuberância para cima na superfície do pavimento, uma onda longa e gradual com mais de 3 m de comprimento. Este defeito é geralmente causado pelo inchaço do solo. Geralmente é acompanhado de trincas superficiais.

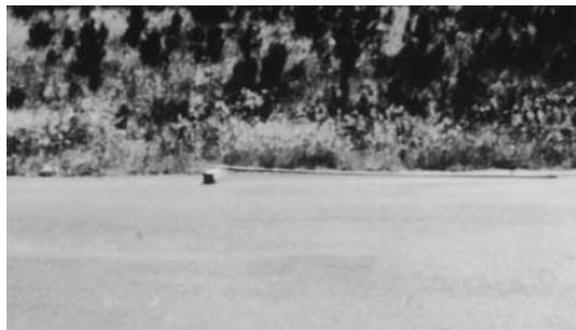


Figura 3.20– Ondulação

Fonte: ASTM D 6433 – 07

- Intemperismo e desgaste

Caracteriza-se por desgaste ao longo da superfície do pavimento devido a uma perda de asfalto ou aglutinante e partículas agregadas desalojadas. Esse defeito indica que o aglutinante de asfalto endureceu consideravelmente ou que uma mistura de baixa qualidade está presente. Além disso, o desgaste pode ser causado por determinados tipos de tráfego.



Figura 3.21 - Intemperismo e desgaste com média severidade

Fonte: ASTM D 6433 – 07

- Exsudação

Trata-se do excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, é observado pela migração do ligante através do revestimento. Tal fato é causado por quantidades excessivas de cimento asfáltico ou alcatrão na mistura, excesso de aplicação de um selante betuminoso ou baixo teor de vazios de ar, ou uma combinação dos mesmos. Durante o período quente do ano o asfalto preenche os vazios e se expande para a superfície do pavimento, contudo no período frio do ano ocorre o acúmulo na superfície, devido ao processo de escoamento ser irreversível.



Figura 3.22 - Exsudação com média severidade

Fonte: ASTM D 6433 – 07

- Agregados polidos

É causado por esforços oriundos do tráfego repetitivo. Um exame minucioso de um pavimento revela que a porção do agregado que se estende acima do asfalto é muito pequena, ou não há partículas agregadas rugosas ou angulares para fornecer uma boa resistência à derrapagem. Quando o agregado na superfície se torna suave ao toque, a aderência com os pneus do veículo é consideravelmente reduzida. Não há como definir a

severidade, contudo quanto maior for o grau de polimento maior o comprometimento com a segurança.

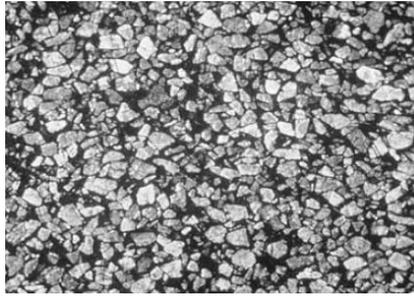


Figura 3.23 –Agregados Polidos

Fonte: ASTM D 6433 – 07

- Desnível pista- acostamento

É uma diferença na elevação entre a borda do pavimento e o acostamento. Este defeito é causado pela erosão do acostamento ou pela construção da pista sem ajustar o acostamento. A medida é feita metro linear. A severidade é estimada pela diferença de elevação entre a borda do pavimento e o acostamento, variando de 25 mm a mais de 100 mm.



Figura 3.24– Desnível pista- acostamento com média severidade

Fonte: ASTM D 6433 – 07.

- Cruzamento de linha férrea

Os defeitos de travessia da estrada de ferro são depressões ou bate em volta, ou entre as faixas, ou ambos.



Figura 3.25 - Cruzamento de linha férrea com média severidade

Fonte: ASTM D 6433 – 07

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a implementação de um SGPU, inicialmente é necessário formar e capacitar uma equipe para que as avaliações de campo sejam feitas de forma adequada baseadas em um método pré-estabelecido. É válido frisar que além da avaliação de campo para a quantificação e caracterização dos defeitos presentes na via é importante fazer um acompanhamento da condição do pavimento além de registrar a Manutenção e Reabilitação Prevista. Para fins de registro, normalmente utiliza-se planilhas eletrônicas.

O método do PCI (Pavement Condition Index) utiliza os defeitos elencados pelo SHRP (2003) para determinar a quantidade de pontos dedutíveis e assim determinar um valor numérico representativo para o Índice da Condição do Pavimento (ICP). O cálculo do PCI objetivo já foi informado em capítulo anterior desta obra. Contudo, com frequência as planilhas eletrônicas de avaliação apresentam o campo ICP subjetivo. Nesse campo o avaliador designa uma nota para a condição do pavimento de acordo com sua percepção no momento da avaliação.

Os dados apresentados nesta monografia foram coletados no Município de Valparaíso de Goiás nas datas de 31 de maio de 2019 e 04 de junho de 2019.

4.1. ORIGEM DOS DADOS

Foram realizadas duas avaliações de campo no município de Valparaíso de Goiás. O município é dividido em duas partes principais: Valparaíso I e Valparaíso II. Na primeira concentram-se os moradores que apresentam um melhor poder aquisitivo e segundo as percepções dos moradores a prefeitura proporciona melhor infraestrutura para a região, já na segunda a população é de renda inferior que se queixava de esquecimento por parte do governo. As avaliações foram realizadas no município de Valparaíso de Goiás II para que fosse possível observar vias nas mais diversas condições de conservação.

Em ambas estavam presentes três avaliadores. O avaliador A é professor universitário do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília com mestrado e doutorado na área de infraestrutura de transportes na temática de Sistema de Gerência de Pavimentos. Os avaliadores B e C são alunos de graduação em engenharia civil da Universidade de Brasília que abordam a temática de Sistema de Gerência de Pavimentos em suas monografias sob orientação do avaliador A. Antes da avaliação de campo para a coleta de dados os avaliadores B e C foram treinados pelo avaliador A, devido a sua maior experiência, para que fossem alinhados os conceitos e percepções. O Treinamento foi realizado no Município de Vila Planalto – DF que teve sua escolha baseada na sua proximidade com Universidade. As avaliações realizadas no treinamento foram feitas por caminhamento ao longo de todo o segmento de pista utilizando a planilha de campo que seria empregada na obtenção dos dados.

A primeira avaliação foi realizada no dia 31 de maio de 2019 no qual foram avaliados 81 segmentos de pista. A segunda avaliação foi realizada no dia 04 de junho de 2019 sendo avaliadas 69 segmentos de pista, totalizando 150 segmentos de pista ao final das avaliações. Os 3 avaliadores não avaliaram os mesmos segmentos de pista. O avaliador A foi responsável pela avaliação de 58 segmentos, o avaliador B por 44 e o avaliador por 48 segmentos de pista.

A amostra dos segmentos foi selecionada de modo que fosse possível ter exemplares de vias arteriais, coletoras e locais além de apresentarem diversos estados de conservação.

A prefeitura do Município não tinha uma base de dados com informações georreferenciadas da região que pudesse servir de direcionamento para os levantamentos de campo. Devido a este imbróglia, foi necessário que os avaliadores se dirigissem ao

município e que fosse determinado um ponto de referência para que as vias a serem avaliadas fossem divididas entre os avaliadores, não esquecendo de prezar para que a amostra apresentasse espécimes de cada tipo de via bem como em diversos estados de conservação.

O ponto de referência escolhido foi um supermercado local de médio porte. Foi utilizado o aplicativo Google Maps para que fosse possível visualizar as vias circundantes. As vias escolhidas estão entre os bairros do Jardim Oriente, Novo Jardim Oriente e Morada Nobre. Os avaliadores foram orientados a descrever o segmento avaliado fazendo referência ao ponto de partida e término de cada segmento. Desse modo seria possível ter um registro das vias já avaliadas e servir de base para avaliações futuras e acompanhamento delas. Na Figura 4.1 é apresentado o mapa da região e evidencia os segmentos de via avaliados. No Anexo A.4 é informado a numeração dos segmentos, a descrição quanto ao local e direção do segmento, data da avaliação e o avaliador responsável.

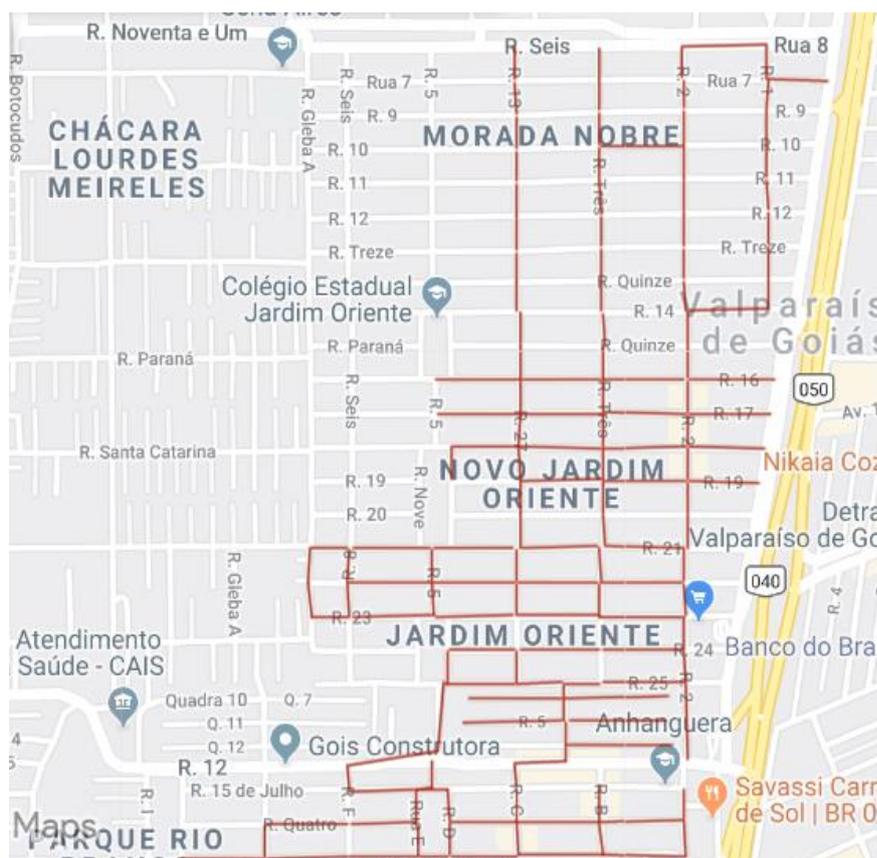


Figura 4.1 – Mapa da região e demarcação dos segmentos de via avaliados.

Fonte: Autora

De forma estimada, baseada na extensão das vias disponibilizada pelo *Google My Maps* foram avaliados um total de 17,11 quilômetros lineares de segmentos de via.

Na Figura 4.2 é possível observar a lista dos defeitos avaliados em campo que constam no Manual de Identificação Visual dos Defeitos, lançado em 2003 pela Federal Highway Administration (FWA) cujo escopo são defeitos dos pavimentos rodoviários. A planilha de campo preenchida constava 15 defeitos e suas classificações de severidade, informações sobre a data da avaliação e o segmento de pista avaliado, avaliação subjetiva, aceitabilidade, M&R prevista e um campo para que o avaliador fizesse observações que julgasse pertinente. Dentre os 15 defeitos listados na planilhas somente 10 deles foram considerados. Trinca em bloco não foi considerada devido ao seu mecanismo de formação ser devido a variações de temperatura que provocam mudança nas tensões internas que ocasiona este tipo de trinca. Este mecanismo de formação não foi constatado no objeto de estudo. Trincas por reflexão não foi considerada pois é oriunda de descontinuidades das camadas inferiores do pavimento e isto não foi possível verificar devido a falta de equipamento específico para este fim além disso este defeito não está diretamente relacionada com o tráfego, fator que poderia ser verificado. Trincas transversais não foram consideradas por não estarem relacionadas ao tráfego. Bombeamento não foi considerado por ser defeito de pavimento rígido e desnível pista acostamento também não foi considerado por não existir acostamento nos segmentos de pista avaliados.

AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DA SEÇÃO				
Segmento de Pista:	Data Avaliação:	Pontos Dedutíveis		
		BOA	1 a 3 Pontos	
		REGULAR	4 a 6 Pontos	
		RUIM	7 a 10 Pontos	

TIPO DE DEFEITO	SEVERIDADE			Pontos Dedutíveis 0 - 10
	Baixa	Média	Alta	
1. Trincas por Fadiga (m ²)				
2. Trincas em Blocos (m ²)				
3. Defeitos nos Bordos (m)				
4. Trincas Longitudinais (m)				
5. Trincas por Reflexão (m ²)				
6. Trincas Transversais (m)				
7. Remendos (m ²)				
8. Painelas (m ²)				
9. Deformação permanente (m ²)				
10. Corrugação (m ²)				
11. Exsudação (m ²)				
12. Agregados Polidos (m ²)				
13. Desgaste (%)				
14. Desnível Pista Acostamento (m)				
15. Bombeamento (m ²)				

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ICP Subjetivo:
Muito Ruim 0 a 30	Ruim 30 a 50	Regular 50 a 70	Bom 70 a 90	Muito Bom 90 a 100	
Aceitável: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		M & R Prevista: <input type="checkbox"/> NF <input type="checkbox"/> MC <input type="checkbox"/> MP <input type="checkbox"/> RF <input type="checkbox"/> RC			
Observações:					
Avaliação Compl.: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		Responsável:			

Figura 4.2 – Formulário modelo para a avaliação de campo

Fonte: Autora – Adaptado de SGPU GDF.

4.2. OBTENÇÃO DO ICP OBJETIVO

Os avaliadores realizaram caminhamento pelas vias que foram selecionadas para avaliação sob sua responsabilidade. Os defeitos verificados em cada segmento de pista foram registrados na planilha de acordo com sua ocorrência e nível de severidade. A quantificação de cada defeito e de sua respectiva severidade foi feita com base em estimativas baseadas em porcentagem de ocorrência do defeito em relação a toda a extensão da via, devido à dificuldade de acurácia na extensão de alguns tipos de defeitos.

Cada defeito relacionado as suas severidades, ao final resultava em uma quantidade de pontos dedutíveis. Este valor era determinado pelo avaliador com base em faixas de valores de acordo com a característica de condição da via. A título de exemplificação é possível citar o defeito “trincas por fadiga”. As porcentagens de ocorrência em cada nível de severidade eram registradas. A significância que a ocorrência dos defeitos causava na condição do pavimento, de forma isolada, era ponderada pelo avaliador e servia de base para determinar os pontos dedutíveis. Caso a significância fosse pequena e implicasse em uma boa condição da via mesmo com a presença do defeito, poderia ser deduzido entre 1 e 3 pontos; caso fosse regular entre 4 e 6 pontos e ruim entre 7 e 10 pontos. O procedimento foi replicado para cada tipo de defeito. Os intervalos de condição do pavimento já tinham sido pré-fixados pela Novacap pois a planilha utilizada na pesquisa é a mesma do SGPU da empresa.

Cada tipo de defeito presente na via ao final resultava em uma quantidade de pontos dedutíveis individuais. Ao término da Avaliação de Campo eram somados todos os pontos dedutíveis individuais. O Índice da Condição do Pavimento Objetivo (ICP Objetivo) era obtido subtraindo a pontuação máxima (100 pontos) do somatório dos pontos dedutíveis total. A Equação 4.1 demonstra como é o processo para a obtenção do ICP Objetivo, no qual “i” corresponde a extensão do defeito associada ao nível de severidade e “j” corresponde ao número escolhido pelo avaliador dentro do intervalo de deterioração para cada tipo de defeito “D”.

$$ICP = 100 - \sum D_{ij}$$

Equação 4.1

Como salienta Zanchetta (2017), mesmo na determinação do ICP Objetivo ainda é bastante presente a subjetividade, visto que cabe ao avaliador decidir por meio de critérios próprios qual será a quantidade de pontos dedutíveis dentre do intervalo pré- estabelecido.

4.3. OBTENÇÃO DO ICP SUBJETIVO E DETERMINAÇÃO DA M&R PREVISTA

Segundo Zanchetta(2017), o emprego o ICP Subjetivo para a avaliação da condição do pavimento é mais antigo que uso do ICP Objetivo , principalmente pelo fato de ser mais familiar e simples que o objetivo. Além disso, salienta a importância da compatibilização dos valores obtidos no ICP Objetivo ICP Subjetivo.

Na planilha de Avaliação de Campo constam faixa de valores que setorizam a condição do pavimento entre as classificações de Muito Ruim a Muito boa. Durante a coleta de dados determinou-se que a verificação do ICP Subjetivo seria realizada após o cálculo do ICP Objetivo.

Para aferir o ICP Subjetivo, o avaliador após fazer os procedimentos para a determinação do ICP Objetivo verificaria qual seria, segundo sua percepção, o intervalo numérico da condição do pavimento equivalente ao estado de conservação do pavimento da via e em seguida determinaria um número múltiplo de 5 que estivesse contido nesse intervalo. Por exemplo, após a avaliação o avaliador considerou que a condição da via era “Regular”. O intervalo numérico para a condição “Regular” é entre 50 e 70 pontos. Assim o avaliador, de acordo seu julgamento, poderia determinar valores entre 50 e 70 que fosse múltiplos de 5 e esse valor seria equivalente ao ICP Subjetivo.

A Manutenção e Reabilitação Prevista (M&R Prevista) foi determinada por cada avaliador com base na quantidade e severidade de cada tipo defeito.

4.4. ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

As planilhas de campo de cada um dos avaliadores foram recolhidas com o intuito de formar uma planilha única com as informações de todos os segmentos de via avaliados. Dessa forma, seria possível visualizar os defeitos mais frequentes na amostra de 150 segmentos de pista e realizar análises baseadas em estatística descritiva dos dados de ICP Objetivo, ICP Subjetivo, M&R Previstas. Além disso, os dados reunidos iriam ser usados para verificar o Teste de hipóteses utilizando a Distribuição t-Student.

4.5. ESTATÍSTICA DESCRITIVA

A organização dos dados resultou e em uma planilha eletrônica com o registro de todos os defeitos encontrados, manutenção e reabilitação prevista e nos valores de ICP Objetivo e Subjetivo.

Os valores do ICP Objetivo e Subjetivo de todos os segmentos de via avaliados foram utilizados para proceder os cálculos de estatística descritiva. Para cada ICP foi calculado medidas de tendência central (média, moda, mínimo, máximo e quartis), medidas de variância e dispersão (amplitude, desvio padrão, variância e coeficiente de variação). Também foi elaborado um histograma para cada tipo de ICP (objetivo e subjetivo).

Quanto a análise referente a M&R Prevista, para cada segmento de via foi realizado um levantamento da frequência absoluta de cada tipo de M&R proposta pelos avaliadores.

4.6. INFERÊNCIA A PARTIR DE DUAS AMOSTRAS EMPARELHADAS

Visto que se pretende comparar os valores obtidos para o ICP Objetivo e para o ICP Subjetivo foi utilizado inferência estatística para esta finalidade. Para isto, algumas considerações foram realizadas. Os dados foram analisados aos pares de forma combinada, dado que dizem respeito ao índice da condição do pavimento para a mesma via, contudo um foi calculado(objetivo) e outro arbitrado pelo avaliador(subjetivo). Além disso, o número de pares combinados de dados amostrais é grande ($n > 30$).

A estatística de Teste de Hipóteses para Amostras emparelhadas foi baseada no escore t para $(n - 1)$ graus de liberdade sendo n o tamanho da amostra. A equação 4.2 demonstra como é calculado escore t .

$$t = \frac{\bar{d} - \mu \bar{d}}{\frac{sd}{\sqrt{n}}}$$

Equação 4.2

onde:

d = diferença individual entre dois valores em um único par combinado

μ_d = média das diferenças d para população de todos os pares combinados

\bar{d} = média das diferenças para os dados amostrais emparelhados

S_d = desvio padrão das diferenças d para os pares amostrais combinados

n = número de pares combinados.

O nível de confiança aplicado foi de 95% para $(n-1)$ graus de liberdade e nível de significância (α) de 0,05.

O método utilizado para o teste de hipótese foi o tradicional, no qual rejeita-se H_0 caso a estatística de teste ficar dentro da região crítica (escore $t > t$ crítico). A hipótese nula (H_0) é que a diferença de média entre os valores obtidos no ICP objetivo e ICP subjetivo é igual a zero e a hipótese alternativa (H_1) é que seja diferente de zero.

Procedeu-se a determinação do t crítico para teste bicaudal ou bilateral por meio da Tabela A.3 presente no Anexo A.3 em seguida comparou-o com o valor calculado na estatística de teste com base no escore t para avaliar a aceitação ou rejeição da hipótese nula.

5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1. ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Os resultados obtidos após a análise de todos 150 segmentos de via retornaram valores correspondentes as medidas de tendência central entre os dados emparelhados (ICP Objetivo e ICP Subjetivo) estudados. A Tabela 5.1 ilustra os resultados encontrados após os cálculos de medidas de tendência central e a frequência absoluta juntamente com a porcentagem de vias em cada estado de conservação

	ICP Objetivo	ICP Subjetivo
Média	83,49	76,30
Mínimo	51,00	40,00
Máximo	98,00	95,00
Muito Ruim(0-30)	0	0
Ruim(30-50)	0	6(4,00%)
Regular(50-70)	16(10,67%)	50(33,33%)
Bom(70-90)	96(64,00%)	75(50,00%)
Muito Bom(90-100)	38(25,33%)	19(12,67%)

Tabela 5.1 – Medidas de Tendência Central dos dados de ICP Objetivo Subjetivo e relação de segmentos de via em cada estado de conservação.

Fonte: Autora

Interpretando-se a tabela supracitada é possível verificar que as maiores diferenças de valores entre os ICP estão contidas nos valores de mínima e média, 21,57% e 8,61% respectivamente. Nota-se que os valores mínimos foram sensivelmente afetados nas avaliações com base no ICP Subjetivo, o que era esperado pois deriva de elevada subjetividade oriunda da percepção individual e varia para cada avaliador.

Além disso, o gráfico 5.1 de visualização para demonstrar os pares de ICP Objetivo e ICP Subjetivo foi elaborado.

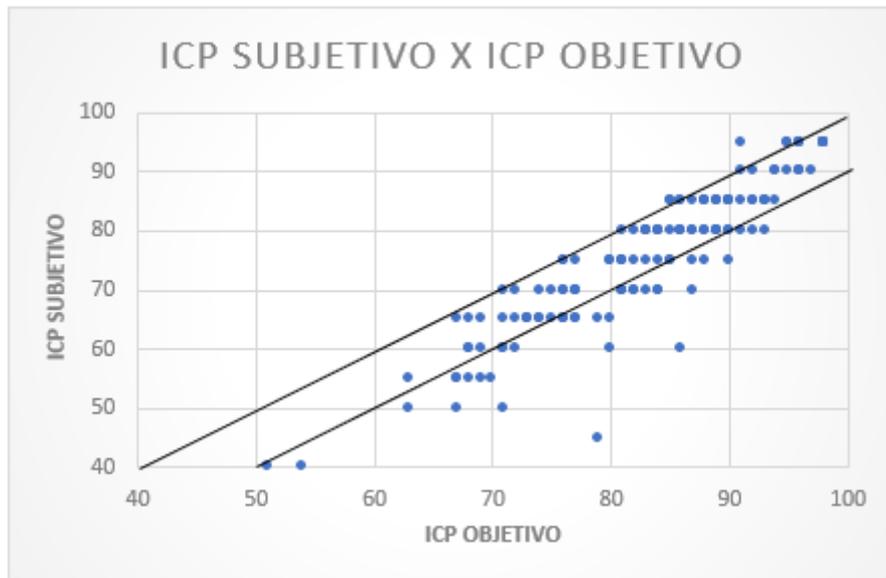


Gráfico 5.1 – Distribuição de frequência com base no ICP Objetivo para cada intervalo de condição do pavimento.

Fonte: Autora

A linha superior traçada no gráfico demarca a correspondência absoluta entre o ICP Subjetivo e Objetivo. A linha inferior demarca uma diferença de 10 pontos entre o ICP Subjetivo e Objetivo. Analisando o gráfico 5.1 pode-se inferir que a maioria dos segmentos de via apresentam uma diferença de 10 pontos entre os ICP. Verifica-se também a presença de *outliers* cuja diferença é maior que os 10 pontos, nestes pontos o ICP Subjetivo apresenta valores consideravelmente menores que do ICP Objetivo. Uma possível explicação para esse fenômeno é a presença de poucos defeitos contudo com elevada severidade e extensão, fatos que em conjunto influenciaram de forma vertiginosa na percepção do avaliador quanto a condição da via, aumentando os pontos deduzidos e por conseguinte causando discrepâncias entre os valores do ICP Objetivo e Subjetivo para o mesmo segmento de pista.

Quantos aos defeitos verificados nos segmentos de via avaliados, a Tabela 5.2 apresenta os de maior e menor frequência.

Mais Frequentes	Menos Frequentes
Trincas por fadiga(63,33%) Remendos(75,33%) Painelas(52,00%) Desgaste(99,33%) Agregados Polidos(62,00%)	Deformação Permanente(16,67%) Corrugação(4,00%) Trincas Longitudinais(6,67%) Defeitos nos Bordos(8,00%)

Tabela 5.2 – Frequência dos defeitos observados

Fonte: Autora

Depreende-se da tabela 5.2 que os defeitos mais frequentes foram desgaste que foi constatado na maioria dos segmentos avaliados seguido de remendos e trincas por fadiga. O Quadro 5.1 corrobora essa constatação, pois são apresentadas imagens de alguns dos defeitos verificados nos segmentos avaliados.



Quadro 5.1 – Remendos, Trincas por fadiga e Desgaste encontrados nos segmentos avaliados

Fonte: Autora

No que diz respeito às M&R Previstas nos segmentos de via avaliados, no Gráfico 5.2 são ilustradas quais foram as mais indicadas.

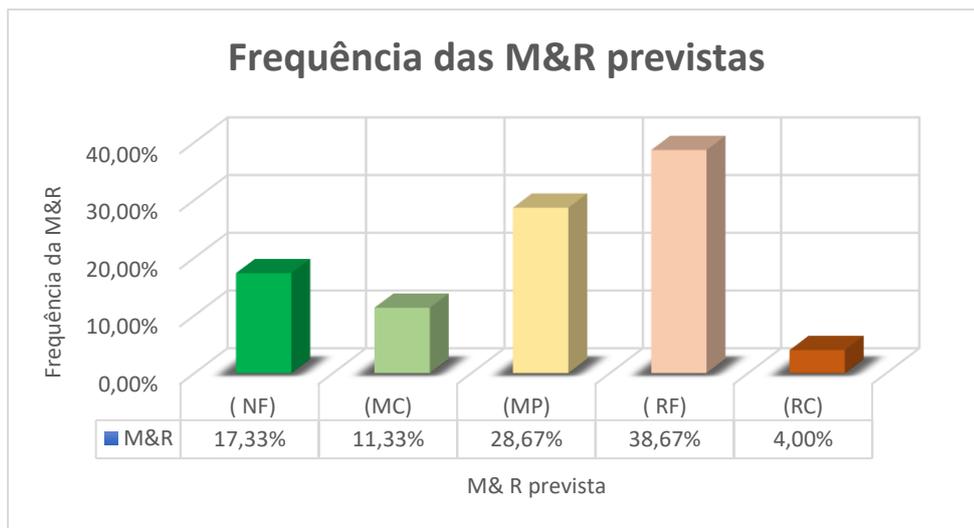


Gráfico 5.2– Frequência das M&R Previstas.

Fonte: Autora

Depreende-se do gráfico 5.2 que dentre os 150 segmentos de via avaliados foi possível observar a indicação dos mais diversos tipo de M&R. As M&R mais frequentes foram Reforço (RF) e Manutenção Preventiva (MP) com 38,67% e 28,67% das M&R previstas, respectivamente. Desta observação pode-se afirmar que as vias avaliadas eram heterogêneas, haja visto a variedade de M&R indicadas.

5.2. INFERÊNCIA A PARTIR DE DUAS AMOSTRAS EMPARELHADAS

Foi utilizado o Software M.S.Excel para proceder os cálculos do Teste de Hipótese para avaliar a aceitação ou rejeição da hipótese nula a qual afirma que a diferença de média entre os valores obtidos no ICP objetivo e ICP subjetivo é igual a zero. Na Tabela 5.3 é apresentada a síntese dos resultados obtidos no Teste de Hipótese.

Resumo da análise	ICP OBJETIVO	ICP SUBJETIVO
Média	83,49	76,3
Variância	97,15	161,22
Observações	150	150
Correlação de Pearson	0,92	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	149	
Stat t	16,8	
P(T<=t) uni-caudal	1,69722E-36	
t crítico uni-caudal	1,655	
P(T<=t) bi-caudal	3,39445E-36	
t crítico bi-caudal	1,976	

Tabela 5.3 - Síntese dos resultados obtidos no Teste de Hipótese

Fonte: Autora

Da Tabela 5.3 é possível verificar que houve uma elevada diferença entre os valores da variância do ICP Objetivo e Subjetivo. Uma das justificativas possíveis para esses valores é o fato de os avaliadores terem observados vias em diferentes condições de conservação. Outra possibilidade é o impacto que a percepção do avaliador gerou nas notas do ICP Subjetivo, fato também verificado na diferença entre as médias dos ICP Objetivo e Subjetivo. Após a realização da estatística de teste baseada na Distribuição t-Student com 149 graus de liberdade, o valor encontrado foi de 16,8. Todavia, o valor crítico balizador para a aceitação ou rejeição da hipótese foi 1,976 para o teste bilateral. Dessa forma, a hipótese nula que a diferença entre as médias do ICP Objetivo e Subjetivo ser igual a zero, sugerindo que sejam equivalentes, deve ser rejeitada para um nível de significância de 95%.

6. CONCLUSÕES

A avaliação funcional de vias urbanas com a identificação de defeitos na superfície é um dos procedimentos mais comuns empregados nos Sistemas de Gerência de Pavimentos nacionais devido sua razoável facilidade de execução. Todavia, os valores dos índices de condição do pavimento verificados após a avaliação podem apresentar diferenças. Pode-se verificar este fato ao se analisar os resultados obtidos mediante estatística descritiva dos dados de ICP Objetivo e Subjetivo para uma avaliação funcional realizada nos mesmos segmentos de via. Os valores de ICP subjetivo, quanto a média e valores extremos, são menores em relação aos obtidos no ICP Objetivo o que influencia diretamente na quantidade de vias em cada tipo de condição de pavimento. Uma das possíveis explicações para esse fenômeno é fundamentada no fato do ICP subjetivo abarcar de forma mais vertiginosa as percepções individuais de cada avaliador. Além disso, verificou-se que alguns segmentos apresentavam poucos defeitos, porém, com elevada severidade e extensão, o que resultou em um valor de ICP Subjetivo com valor menor do que o ICP Objetivo, ainda que sejam deduzidos os pontos dos defeitos encontrados.

Prefeituras de municípios de pequeno porte comumente empregam ações paliativas no que tange a conservação e manutenção de vias urbanas. A análise dos dados demonstrou que os defeitos mais comuns foram desgaste e remendos, oriundos ou da utilização de materiais baixa qualidade ou da execução da intervenção de forma inadequada. Outra constatação que reforça essa afirmativa é quanto as M&R previstas nos segmentos de via avaliados. Reforço foi a M&R mais sugerida para os segmentos.

No que tange ao teste de hipótese empregado para realizar inferência entre as duas amostras emparelhadas a fim de verificar se a diferença de médias era nula, concluiu-se que o resultado indica que se deve rejeitar a hipótese H_0 , ou seja, as médias entre ICP Objetivo e Subjetivo são diferentes. Esse resultado reforça que as avaliações subjetivas e objetiva necessitam de critérios adicionais para que seus resultados possam convergir e configura proposta para trabalhos futuros.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albuquerque, F.S. (2007) *Sistema de Gerência de Pavimentos para Departamentos de Estradas do Nordeste Brasileiro*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.303p.

Araújo, V.M.C. (2017) *Avaliação da Textura de Misturas Asfálticas para Uso em Revestimentos Aeroportuários a partir do Uso do Processamento Digital de Imagens*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2017.104p.

ASTM- American Society for Testing and Materials D 6433 – 2011 – *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*.

ASTM- American Society for Testing and Materials E 303 – 1993(Reapproved 1998 e 2003) – *Standard Test Method for Measuring Surface Friction Properties Using the British Pendulum Tester*.

ASTM- American Society for Testing and Materials E 867 – 2012 – *Standard Terminology Relating to Vehicle- Pavement Systems*.

ASTM- American Society for Testing and Materials E 965 – 1996 – *Standard Test Method for Measuring Pavement Macrotexture Depth Using a Volumetric Technique*.

Balbo, J.T. (2007). *Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração*. Oficina de Textos. São Paulo, 598 p.

Benevides, S.A.S.E. (2006) *Modelos de Desempenho de Pavimentos Asfálticos para um Sistema de Gestão de Rodovias Estaduais do Ceará*. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2006. 247p.

Bertollo, S.A.M. Fernandes Jr., J.L. (1997) *Métodos Estocásticos para a Previsão de Desempenho e sua Utilização em Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos*. XI Congresso Nacional da ANPET – Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. Rio de Janeiro

Bernucci, L.B.; Motta, L.M.G.; Ceratti, J.A.P.; Soares, J.B. (2006). *Pavimentação Asfáltica: formação básica para Engenheiros*. Petrobrás. Editora Adeda. Rio de Janeiro, 501p.

Carey, W. N.; Irick, P. E. (1960) *The Pavement Serviceability Performance Concept*. Highway Research Board Bulletin 250. Estados Unidos da América, 1960.

Confederação Nacional do Transporte - CNT (2018). *Boletim Econômico detalhado: setembro de 2018*. 6p.

Confederação Nacional do Transporte - CNT (2018). *Pesquisa CNT de rodovias 2018: relatório gerencial*. 405p.

De Oliveira, J. J. (2013) *Experiência de Implantação de Sistema de Gerência de Pavimentos em Cidade de Médio Porte – Estudo de Caso: Anápolis, GO*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Área de Concentração em Infra- Estrutura de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2013. 167p.

DNER ME 024 94. Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. *Determinação das deflexões no pavimento pela viga Benkelman*. Rio de Janeiro, 1994. 11p.

DNER PRO 182 94. Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. *Medição da irregularidade de superfície de pavimento com sistemas integradores IPR/USP e maysmeter*. Rio de Janeiro, 1994. 10p.

DNER PRO 273 96. Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. *Determinação de deflexões utilizando deflectômetro de impacto tipo "Falling Weight Deflectometer FWD"*. Rio de Janeiro, 1994. 10p.

DNIT (2006). Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. *Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos*. 2ª.Ed. Rio de Janeiro, 2006.310p.

DNIT (2011). Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. *Manual de Gerência de Pavimentos*. 2ª.Ed. Rio de Janeiro, 2011.384p.

DNIT 006 2003 PRO Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. *Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos*. Rio de Janeiro, 2003.10p

DNIT 007 2003 PRO Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. *Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semirrígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos*. Rio de Janeiro, 2003.11p.

Haas, R.; Hudson, R. W.; Zaniewsk, J. (1994). *Modern Pavement Management*. Editora Krieger Publishing Company. Florida, 1994.604p.

Lessa, S. N. (2011). *O Processo de Planejamento e Desenvolvimento do Transporte Rodoviário no Brasil*. Caminhos de Geografia- revista on line (ISSN 1678-6343). Disponível na WEB em: <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>. Consultado em Novembro de 2018.

Machado, D. M. C. (2013). *Avaliação de Normas de Identificação de Defeitos para fins de Gerência de Pavimentos Flexíveis*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Área de Concentração em Infra-Estrutura de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2013.130p.

MENEZES, M. V. P. (2008) *Estudo de Características de Superfície de Pavimentos Rodoviários para Análise da Segurança do Tráfego*. Dissertação de

Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade de Lisboa. Lisboa, 2008.143p.

NHI (1998). *Pavement Management Systems*. Federal Highway Administration. National Highway Institute Course, 422p, NHI Course n° 131035, 1998. Disponível na WEB em: <http://www.nhi.fhwa.dot.gov>. Consultado em Novembro de 2018.

Queiroz, C. A. V. (1981). *Performance Prediction Models for Pavement Management in Brazil*. Dissertation for the Degree of Philosophy Doctor, University of Texas. Austin- Texas, USA.317p.

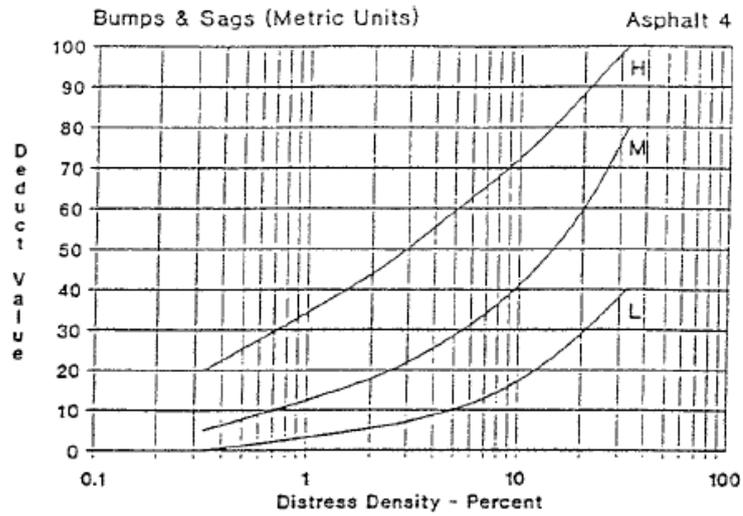
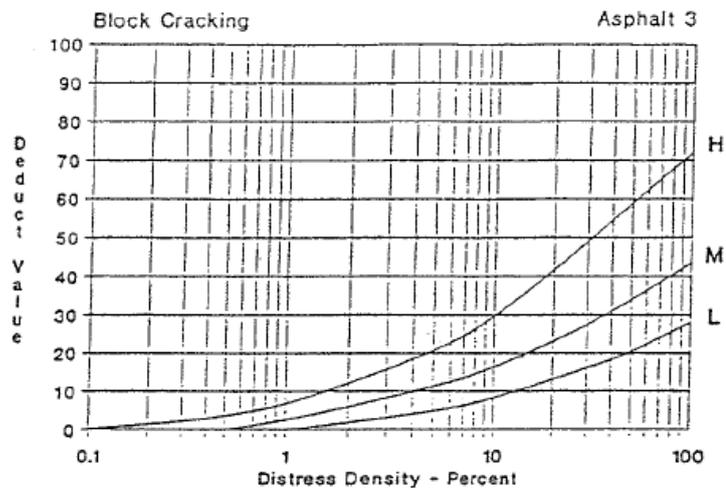
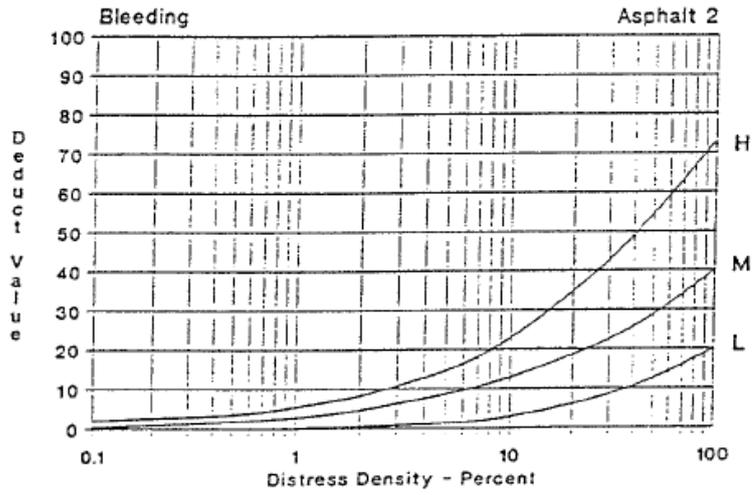
Romeiro Júnior, C. L. D (2014). *Avaliação do Pavimento Flexível de uma Via do Rio de Janeiro – Contribuição a um Sistema de Gerência de Pavimentos*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2014.93p.

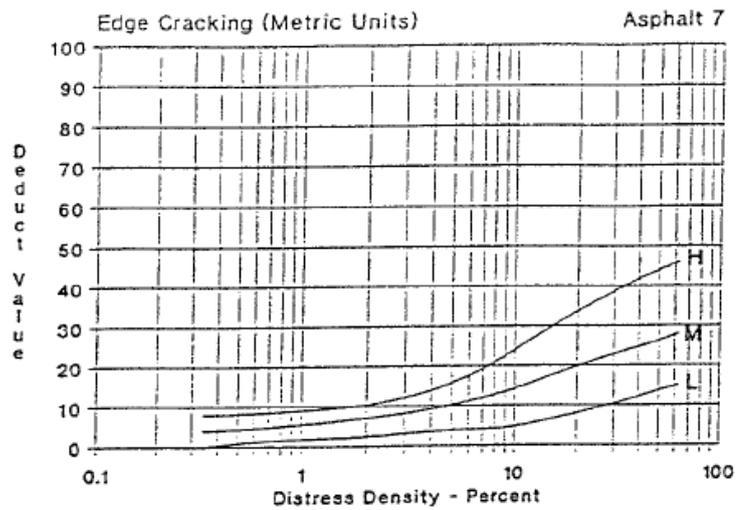
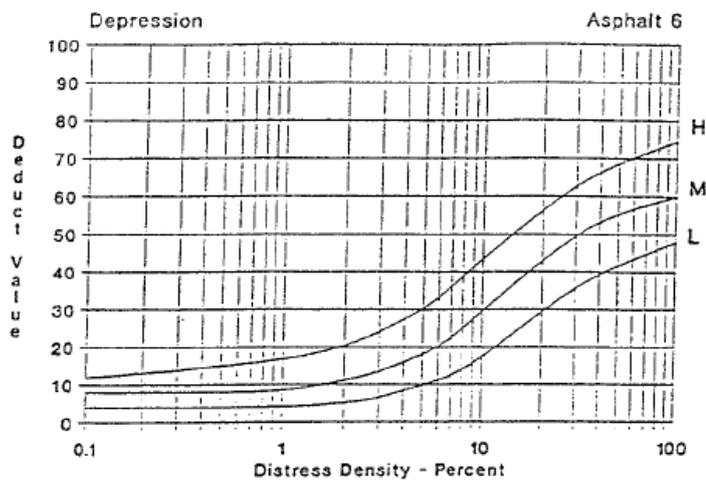
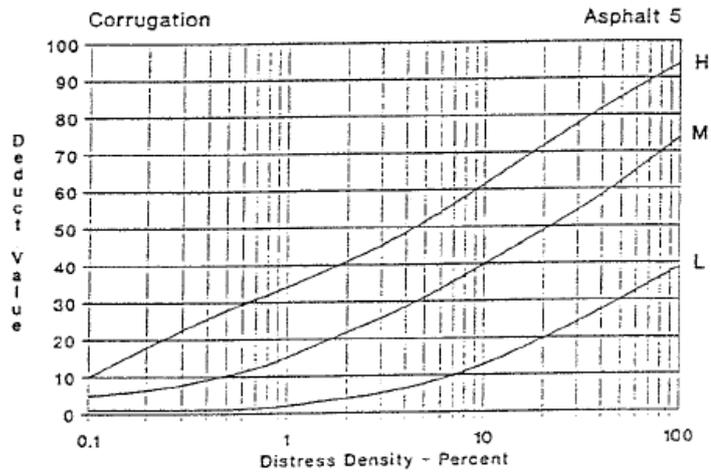
Sayers, M. W.; Karamihas, S. M. (1998). *The Little Book of Profiling: Basic Information about Measuring and Interpreting Road Profiles*. The Regent of the University of Michigan. Michigan, 1998.102p.

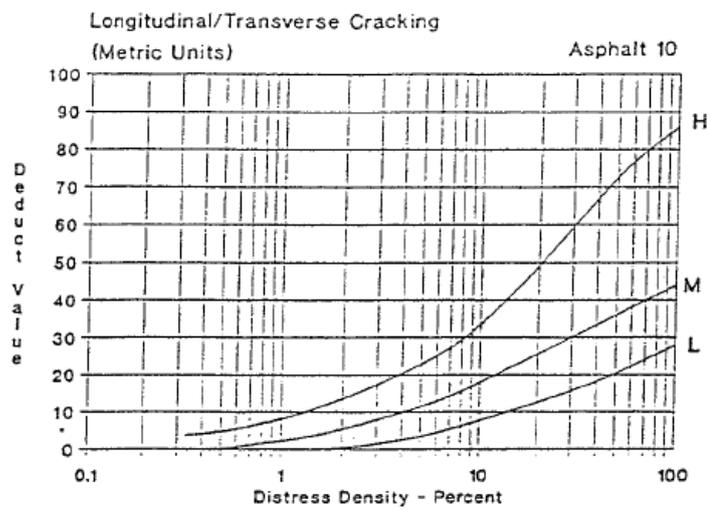
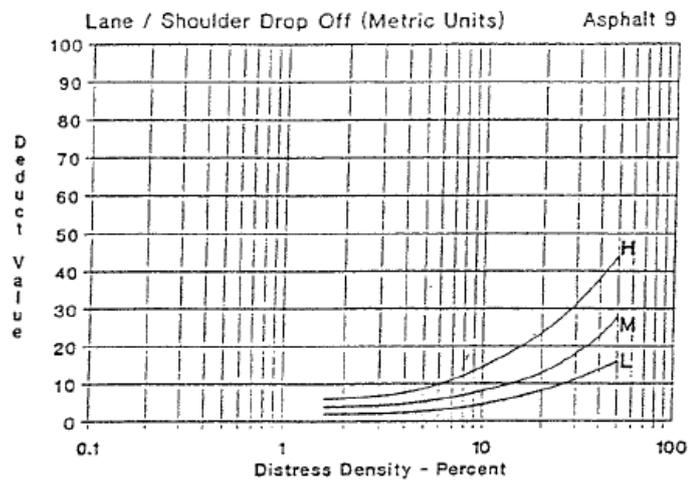
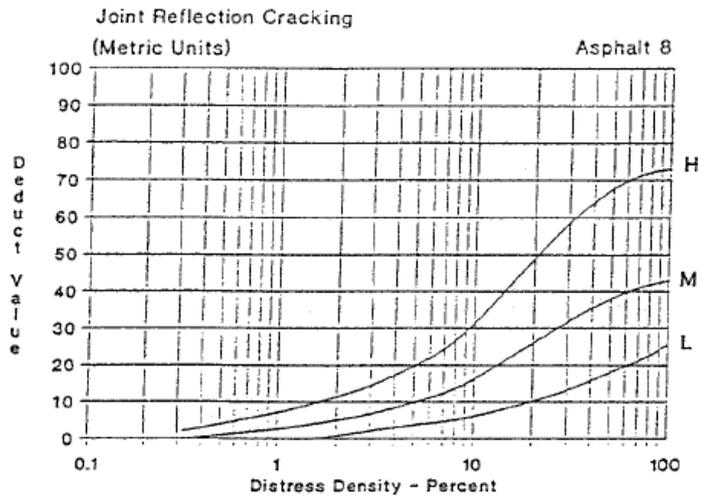
Sayers, M. W.; Gillespie, T. D.; Queiroz, C. A. V. (1986). *The International Road Roughness Experiment: A Basis for Establishing a Standard Scale for Road Roughness Measurements*. Transportation Research Record 1084, 1986.10p.

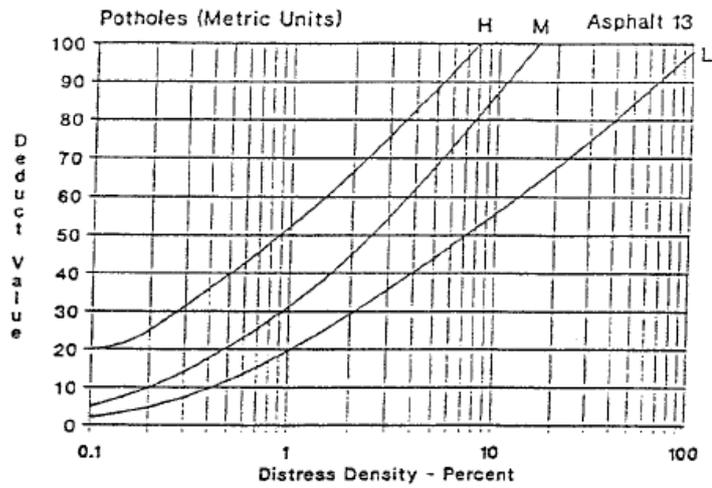
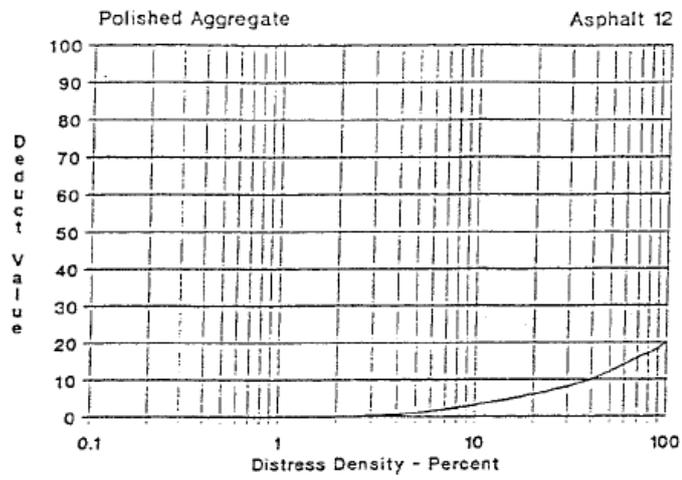
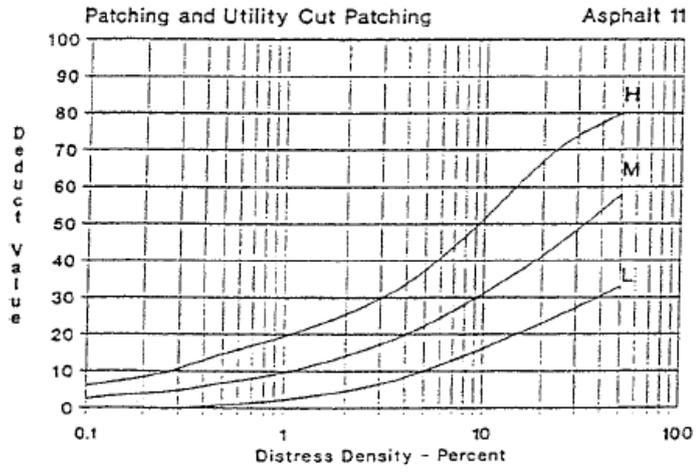
Soncim, S. P. (2011). *Desenvolvimento de Modelos de Previsão de Desempenho de Pavimentos Asfálticos com base em Dados da Rede de Rodovias do Estado da Bahia*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Área de Concentração em Infra- Estrutura de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2011.241p.

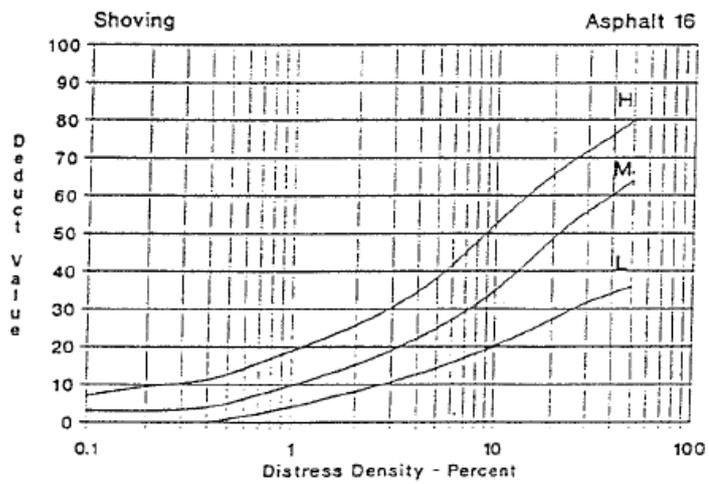
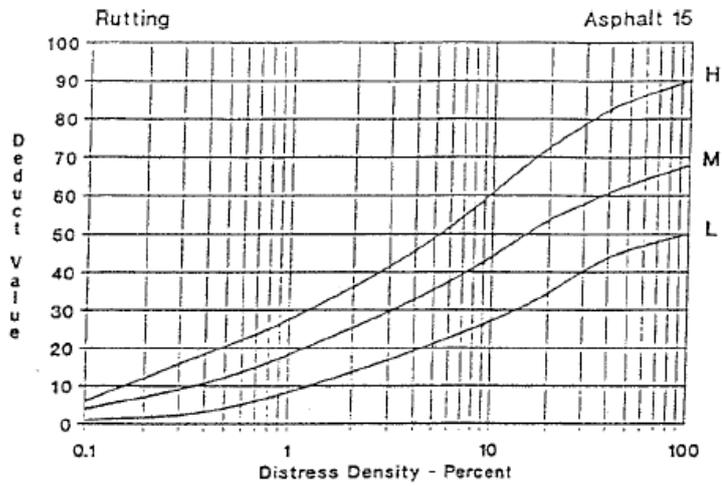
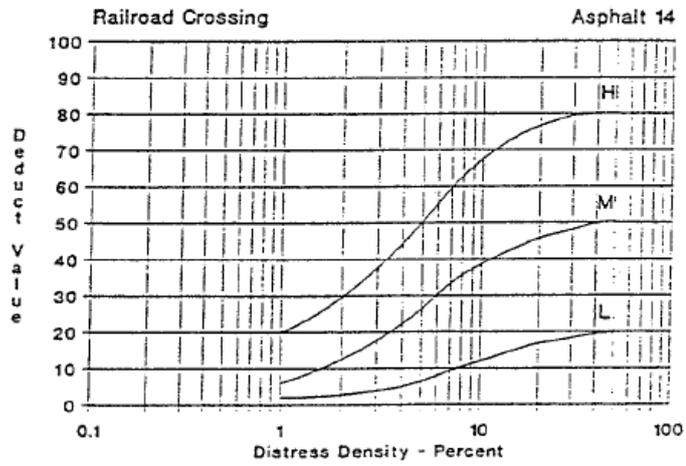
Zachetta, F. (2017). *Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos: Avaliação de Campo, Modelo de Desempenho e Análise Econômica*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Área de Concentração em Infra- Estrutura de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2017.234p.

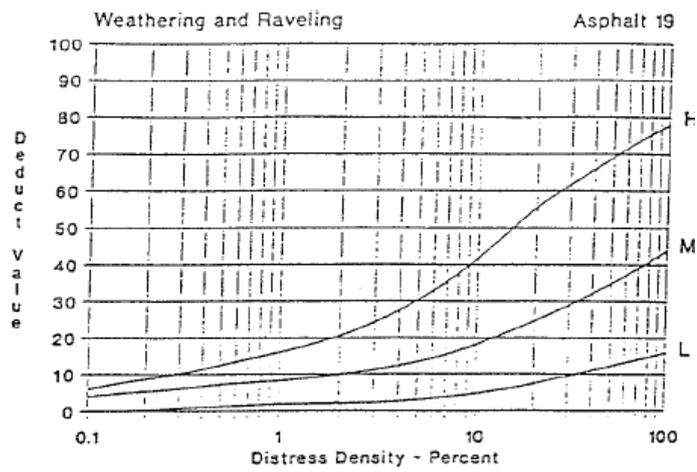
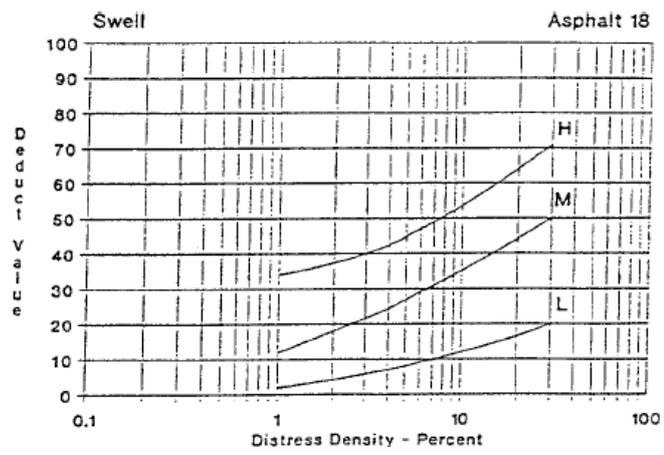
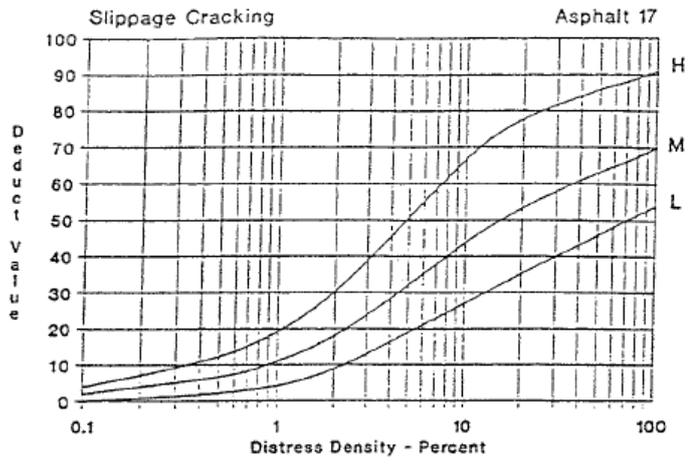








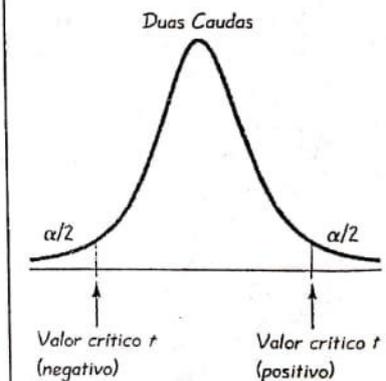
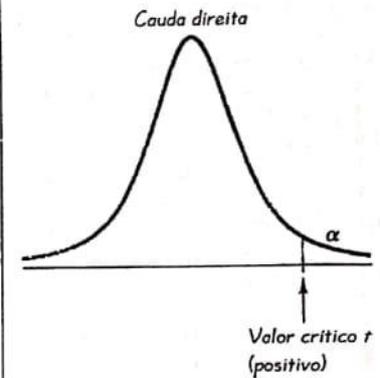
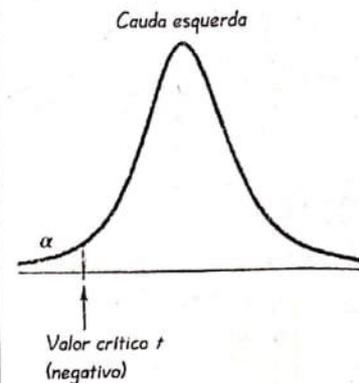




Anexo A.3 – Distribuição t: Valores Críticos

TABELA A-3 Distribuição t: Valores Críticos t

Graus de Liberdade	Área em Uma Cauda				
	0,005	0,01	0,025	0,05	0,10
	Área em Duas Caudas				
	0,01	0,02	0,05	0,10	0,20
1	63,657	31,821	12,706	6,314	3,078
2	9,925	6,965	4,303	2,920	1,886
3	5,841	4,541	3,182	2,353	1,638
4	4,604	3,747	2,776	2,132	1,533
5	4,032	3,365	2,571	2,015	1,476
6	3,707	3,143	2,447	1,943	1,440
7	3,499	2,998	2,365	1,895	1,415
8	3,355	2,896	2,306	1,860	1,397
9	3,250	2,821	2,262	1,833	1,383
10	3,169	2,764	2,228	1,812	1,372
11	3,106	2,718	2,201	1,796	1,363
12	3,055	2,681	2,179	1,782	1,356
13	3,012	2,650	2,160	1,771	1,350
14	2,977	2,624	2,145	1,761	1,345
15	2,947	2,602	2,131	1,753	1,341
16	2,921	2,583	2,120	1,746	1,337
17	2,898	2,567	2,110	1,740	1,333
18	2,878	2,552	2,101	1,734	1,330
19	2,861	2,539	2,093	1,729	1,328
20	2,845	2,528	2,086	1,725	1,325
21	2,831	2,518	2,080	1,721	1,323
22	2,819	2,508	2,074	1,717	1,321
23	2,807	2,500	2,069	1,714	1,319
24	2,797	2,492	2,064	1,711	1,318
25	2,787	2,485	2,060	1,708	1,316
26	2,779	2,479	2,056	1,706	1,315
27	2,771	2,473	2,052	1,703	1,314
28	2,763	2,467	2,048	1,701	1,313
29	2,756	2,462	2,045	1,699	1,311
30	2,750	2,457	2,042	1,697	1,310
31	2,744	2,453	2,040	1,696	1,309
32	2,738	2,449	2,037	1,694	1,309
34	2,728	2,441	2,032	1,691	1,307
36	2,719	2,434	2,028	1,688	1,306
38	2,712	2,429	2,024	1,686	1,304
40	2,704	2,423	2,021	1,684	1,303
45	2,690	2,412	2,014	1,679	1,301
50	2,678	2,403	2,009	1,676	1,299
55	2,668	2,396	2,004	1,673	1,297
60	2,660	2,390	2,000	1,671	1,296
65	2,654	2,385	1,997	1,669	1,295
70	2,648	2,381	1,994	1,667	1,294
75	2,643	2,377	1,992	1,665	1,293
80	2,639	2,374	1,990	1,664	1,292
90	2,632	2,368	1,987	1,662	1,291
100	2,626	2,364	1,984	1,660	1,290
200	2,601	2,345	1,972	1,653	1,286
300	2,592	2,339	1,968	1,650	1,284
400	2,588	2,336	1,966	1,649	1,284
500	2,586	2,334	1,965	1,648	1,283
750	2,582	2,331	1,963	1,647	1,283
1000	2,581	2,330	1,962	1,646	1,282
2000	2,578	2,328	1,961	1,646	1,282
Grande	2,576	2,326	1,960	1,645	1,282



Anexo A.4 – Identificação e descrição dos segmentos de via avaliados

Segmento de via	Descrição do segmento	Data da avaliação
1	Rua C(de 3 até 15 de julho)	04/06/2019
2	Rua 2 (de rua E até rua D)	04/06/2019
3	Rua E (de 15 de julho até rua 4)	04/06/2019
4	Rua 15 de julho(de rua D até rua E)	04/06/2019
5	Rua D (de rua 3 até a rua 15 de julho)	04/06/2019
6	Rua 6(de rua 3 até rua 2)	04/06/2019
7	Rua B(de rua 3 até rua 15 de julho)	04/06/2019
8	Rua B (rua 3 até rua 2)	04/06/2019
9	Rua A (de 2 até rua 3)	04/06/2019
10	Rua E(15 de julho até rua 2)	04/06/2019
11	Rua 2 (de rua E até rua F)	04/06/2019
12	Rua 2 (de F até G)	04/06/2019
13	Rua 2(de G até H)	04/06/2019
14	Rua 2(de C até B)	04/06/2019
15	Rua 2 (de B até A)	04/06/2019
16	Rua 2(de D até C)	04/06/2019
17	Rua D (de rua 3 até rua 2)	04/06/2019
18	Rua 3(de C até D)	04/06/2019
19	Rua 3 (de B até C)	04/06/2019
20	Rua 3 (de A até B)	04/06/2019
21	Rua A (de 15 de julho até 3)	04/06/2019
22	Avenida 15 de junho(de F até proximidade da polícia militar)	04/06/2019
23	Rua 15 de julho(de E até F)	04/06/2019
24	Rua 4(de F até E)	04/06/2019
25	Rua 4 (de G até F)	04/06/2019
26	Rua G (de 2 até 4)	04/06/2019
27	Rua 2 (de 19 até 18)	31/05/2019
28	Rua 2 (de 18 até 17)	31/05/2019
29	Rua 24(de 2 até 3)	04/05/2019
30	Rua 27 (de 20 até 21)	31/05/2019
31	Rua 27(de 19 a 20)	31/05/2019
32	Rua 27(de 18 até 19)	31/05/2019
33	Rua 27 (de 17 até 18)	31/05/2019
34	Rua 27 (de 16 até 17)	31/05/2019
35	Rua 2(de 15 até 16)	31/05/2019
36	Rua 27 (de 14 até 15)	31/05/2019
37	Rua 3(de 19 até 20)	31/05/2019

Segmento de via	Descrição do segmento	Data da avaliação
38	Rua 3 (de 19 até 18)	31/05/2019
39	Rua 3 (de 18 até 19)	31/05/2019
40	Rua 14 (de 1 até 2)	31/05/2019
41	Rua 3 (de 21 até 20)	31/05/2019
42	Rua 3(de 17 até 16)	31/05/2019
43	Rua 3 (de 16 até 15)	31/05/2019
44	Rua 3 (de 15 até 14)	31/05/2019
45	Rua 3 (de 14 até 13)	31/05/2019
46	Rua 3 (de 13 até 12)	31/05/2019
47	Rua 3 (de 12 até 11)	31/05/2019
48	Rua 3 (de 11 até 10)	31/05/2019
49	Rua 3 (de 10 até 9)	31/05/2019
50	Rua 3 (de 9 até 7)	31/05/2019
51	Rua 3 (de 7 até 6)	31/05/2019
52	Rua 13 (de 6 até 7)	31/05/2019
53	Rua 13 (de 7 até 9)	31/05/2019
54	Rua 13 (de 9 até 10)	31/05/2019
55	Rua 13(de 10 até 11)	31/05/2019
56	Rua 13 (de 11 até 12)	31/05/2019
57	Rua 13 (de 12 até 13)	31/05/2019
58	Rua 13 (de 13 até 14)	31/05/2019
59	Rua 2 (de 17 até 16)	31/05/2019
60	Rua 2 (de 16 até 15)	31/05/2019
61	Rua 2 (de 15 até 14)	31/05/2019
62	Rua 2 (de 20 até 19)	31/05/2019
63	Rua 2 (de 20 até 21)	31/05/2019
64	Rua 7 (de 1 até Rua Cap. Carlos da Silva)	31/05/2019
65	Rua 6 (de 2 até 1)	31/05/2019
66	Rua 2 (de 11 até 10)	31/05/2019
67	Rua 1 (de 8 até 7)	31/05/2019
68	Rua 19 c R.3	04/06/2019
69	Rua 19 c/ R 2	04/06/2019
70	Rua 17 c / R 27	04/06/2019
71	Rua 17 c/ R3	04/06/2019
72	Rua 17 c/ R.2	04/06/2019
73	Rua 18 com a R. Cap. Carlos da Silva	04/06/2019
74	Rua 18 c/R.2	04/06/2019
75	Rua 18 c/ R.3	04/06/2019
76	Rua 16 c/ R.2	04/06/2019
77	Rua 16 c/ R.3	04/06/2019

Segmento de via	Descrição do segmento	Data da avaliação
78	Rua 16 c/ R.27	04/06/2019
79	Rua 5 c/ R.16	04/06/2019
80	Rua 5 c/ R.17	04/06/2019
81	Rua 3 c/ R.10	04/06/2019
82	Rua 1 (de 9 até 10)	31/05/2019
83	Rua F (de Rua 15 de julho até avenida 15 de junho)	04/06/2019
84	Rua " Speed Car" entre rua 15 de julho e avenida 15 de junho	04/06/2018
85	Rua 25 (de 2 até 3)	04/06/2019
86	Rua 2 (de R.25 até Av. 15 de junho)	04/06/2019
87	Rua 2 (de 24 até 25)	31/05/2019
88	Rua 25 (de " esquina 4/1 até rua 3)	04/06/2019
89	Esquina 25/4 até esquina 4/1 pela 25	04/06/2019
90	Rua 25 até esquina 4/1	04/06/2019
91	Esquina 4/1 com a 5/2	04/06/2019
92	Esquina 5/2 com a 3/6	04/06/2019
93	Esquina 3/6 até Av. 15 de junho	04/06/2019
94	Avenida 15 de junho até a R.C	04/06/2019
95	R.C de Av. 15 de junho até R. 15 de julho	04/06/2019
96	Esquina 6/3 até o final da 3	04/06/2019
97	Esquina 5/2 até o final da 5	04/06/2019
98	Esquina 5/2 até o final da 2	04/06/2019
99	Esquina 4/1 até o final da 1	04/06/2019
100	Esquina 4/1 até o final da 4	04/05/2019
101	Rua 24(de 4 até 6)	04/05/2019
102	Rua 4 (de 24 até 25)	04/06/2019
103	Rua 6 (de 24 até 25)	04/06/2018
104	Rua 6(ginásio) até rua em frente a escola Municipal de Valparaiso II	04/06/2019
105	Rua 25(de 6 até 4)	04/06/2019
106	Rua 21(de rua 8 até gleba A)	31/05/2019
107	Rua 8 (de 21 até 22)	31/05/2019
108	Rua 8 (de 22 até 23)	31/05/2019
109	Rua 5 (de 21 a 22)	31/05/2019
110	Rua 5 (de 22 até 23)	31/05/2019
111	Rua 4(de 21 até 22)	31/05/2019
112	Rua 4 (de 22 até 23)	31/05/2019
113	Rua 21(de 5 até 8)	31/05/2019
114	Rua 21(de 4 até 5)	31/05/2019
115	Rua 21 (de 3 até 4)	31/05/2019

Segmento de via	Descrição do segmento	Data da avaliação
116	Rua 21(de rua 2 até rua 3)	31/05/2019
117	Rua 22(de 2 até 3)	31/05/2019
118	Rua 22 (de 3 até a 4)	31/05/2019
119	Rua 22 (de 4 até 5)	31/05/2019
120	Rua 22 (de 5 até 8)	31/05/2018
121	Rua 23(de 2 até 3)	31/05/2015
122	Rua 23 (de 3 até 4)	31/05/2019
123	Rua 18 c/27	04/06/2019
124	Rua 10(de 18 até 19)	04/06/2019
125	Rua 19(de 3 até 27)	04/06/2019
126	Rua 23 (de 8 até gleba A)	31/05/2019
127	R. gleba A (de 21 até 22)	31/05/2019
128	R. Gleba A (de 212 até 23)	31/05/2019
129	Rua 2(de 21 até 22)	31/05/2019
130	Rua 2 (de 22 até 23)	31/05/2019
131	Rua 23 (de 4 até 5)	31/05/2019
132	Rua 23 (de 5 até 8)	31/05/2019
133	Rua 24(de 3 até 4)	31/05/2019
134	Rua 3 (de 21 até 22)	31/05/2019
135	Rua 3 (de 22 até 23)	31/05/2019
136	Rua 2(de 24 até 23)	31/05/2019
137	Rua 2 (de 14 até 15')	31/05/2019
138	Rua 2 (entre 15' e 13)	31/05/2019
139	Rua 2 (de 13 até 12)	31/05/2019
140	Rua 2 (de 12 até 11)	31/05/2019
141	Rua 2(de 10 até 9)	31/05/2019
142	Rua 2 (de 9 até 7)	31/05/2019
143	Rua 2(de 7 até rua 6)	31/05/2019
144	Rua 1(de 7 até 9)	31/05/2019
145	Rua 1(de 10 até 11)	31/05/2019
146	Rua 1(de 11 até 12)	31/05/2019
147	rua 1(de 12 até 13)	31/05/2019
148	Rua 1(de 13 até 15')	31/05/2019
149	Rua 1 (de 15' até 14)	31/05/2019
150	Rua 15 de julho(rua speed car até rua E)	04/06/2019