



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

LUCAS ARAMAYO PEREIRA

ESCALA VISUAL:
UMA FERRAMENTA PARA A AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DA
SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS URBANOS

LUCAS ARAMAYO PEREIRA

ESCALA VISUAL:
UMA FERRAMENTA PARA A AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DA
SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS URBANOS

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Londrina como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Heliana Barbosa Fontenele

Londrina
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Pereira, Lucas Aramayo.

Escala visual: uma ferramenta para a avaliação da condição da superfície de pavimentos urbanos / Lucas Aramayo Pereira. - Londrina, 2019.
137 f.

Orientador: Heliana Barbosa Fontenele.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2019.

Inclui bibliografia.

1. Avaliação subjetiva - Tese. 2. Escala visual - Tese. 3. Pavimentos urbanos - Tese. 4. Sistema de gerência de pavimentos - Tese. I. Fontenele, Heliana Barbosa. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Tecnologia e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

LUCAS ARAMAYO PEREIRA

ESCALA VISUAL:
UMA FERRAMENTA PARA A AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DA
SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS URBANOS

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Londrina como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora Prof.^a Dr.^a Heliana Barbosa
Fontenele
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Fabio Zanchetta
Universidade de Brasília - UnB

Prof. Dr. Ricardo Almeida de Melo
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Londrina, 23 de Maio de 2019.

*Dedico este trabalho a Deus, meu pai,
minha mãe, meu irmão e minha
namorada.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre esteve ao meu lado, guiando meus passos e iluminando meu caminho. Por sua grandeza, benignidade e infinita misericórdia.

Ao programa de Pós Graduação *strictu sensu* em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Londrina por toda infraestrutura e apoio institucional disponibilizados para a realização da pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela disponibilização da bolsa de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa (processo nº 408409/2016-9).

À Professora Dra. Heliana Barbosa Fontenele por sua dedicação e confiança em mim conferidas, estando sempre de prontidão em todos os momentos, me auxiliando e assistindo em cada etapa da pesquisa. Por sua conduta e seu exemplo de pesquisadora, pelas orientações e conselhos que contribuíram para meu aperfeiçoamento pessoal e profissional.

Ao Professor Dr. Carlos Prado pelos conselhos, orientações e conversas que me auxiliaram ao longo da pesquisa.

Aos meus pais, Antonio e Graci Aramayo e meu irmão Leonardo, por estarem sempre ao meu lado, me apoiando e sustentando nessa minha caminhada. Por serem meus alicerces e demonstrarem todos os dias o carinho e amor que sempre tiveram por mim.

A minha namorada Kauana Olanda Pereira que sempre me apoiou e me encorajou a prosseguir, mesmo nos momentos mais difíceis, por toda sua paciência, compreensão e amor por mim.

A todos os alunos de graduação do curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Londrina que participaram como membros integrantes dos painéis de avaliação.

Aos amigos que fiz nestes dois anos de mestrado, André Mansour, Luís Fernando Sequinel, Luana Romero Palma e Geovana Nogueira, pelo companheirismo, pelas risadas, conversas e principalmente a amizade, que, indubitavelmente, perdurará para sempre.

“O coração do entendido adquire o conhecimento, e o ouvido dos sábios busca a sabedoria.”

Provérbios 18:15

PEREIRA, Lucas Aramayo. **Escala Visual: Uma Ferramenta para a Avaliação da Condição da Superfície de Pavimentos Urbanos** . 2019. 137 p. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

RESUMO

A manutenção das vias urbanas brasileiras é, na maioria das vezes, realizada de modo empírico e incorreto, proporcionando o agravamento da deterioração e o incremento de custos aos municípios. Esta constatação evidencia a importância da implantação de um eficiente Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU) para que as seções que precisam de melhorias sejam conhecidas e priorizadas. Para isso, ganham destaque os estudos de ferramentas que, a baixo custo, forneçam dados válidos sobre a condição da superfície de pavimentos. Assim, esta pesquisa tem como objetivo testar e validar uma escala visual, contribuindo ao procedimento de avaliações subjetivas com vistas à aplicação em um SGPU. O procedimento experimental foi dividido em duas fases, a Fase 1 contempla as atividades necessárias para os testes e validação da Escala Visual Original, enquanto que a Fase 2 engloba as atividades realizadas depois da elaboração da nova proposta para escala visual. Para isso, inicialmente foram selecionados dois painéis de avaliadores para a avaliação da condição da superfície do pavimento de vias urbanas em campo. Para fins comparativos e adequada verificação da homogeneidade das avaliações, apenas um dos painéis usou como referência a escala visual. Realizadas as avaliações, os dados foram analisados por meio dos valores encontrados para correlação entre as notas, desvio padrão e coeficiente de variação. Para a complementação desta análise, foram aplicados os testes não paramétricos de Mann-Whitney e de Friedman. Além do procedimento subjetivo, o pavimento foi submetido à avaliação objetiva pelo método *Pavement Condition Index* (PCI). As notas obtidas pelos dois modos de avaliação foram correlacionadas, indicando que existe uma forte relação entre elas. Entretanto, as análises também apontaram que a escala visual usada no procedimento necessitava de ajustes, os quais foram realizados de forma a estabelecer a Escala Visual Ajustada. Depois de efetuados os devidos ajustes, foi aplicado um treinamento a um dos painéis a partir da apresentação da nova escala. Além disso, foram realizadas avaliações de fotografias de vias urbanas com os dois painéis em escritório como fase preparatória para o início da Fase 2. Feito isso, a Escala Visual Ajustada foi testada a partir de nova aplicação em campo, na qual foram seguidos os mesmos procedimentos experimentais e análises realizados na fase anterior. Após a análise dos dados da Fase 2 observou-se que ao utilizar a escala visual como referência durante as avaliações subjetivas em campo, as dispersões entre os avaliadores foram minimizadas e que ao comparar os dois painéis pelos testes de hipótese, nota-se que existe uma diferença decorrente da utilização da escala nas avaliações subjetivas. Sendo assim, conclui-se que a escala visual pode ser utilizada como uma ferramenta de apoio ao método subjetivo, constituindo um procedimento de avaliação prático, simples e eficiente.

Palavras-chaves: Avaliação Subjetiva. Escala Visual. Painel de Avaliadores. Pavimentos Urbanos. Sistema de Gerência de Pavimentos.

PEREIRA, Lucas Aramayo. **Visual Scale: A Tool to Evaluate the Surface Condition of Urban Pavements** . 2019. 137 p. Masters Thesis (Masters in Civil Engineering) - Londrina State University, Londrina, 2019.

ABSTRACT

The maintenance of Brazilian urban roads is, in most cases, carried out in an empirical and incorrect way, worsening the deterioration and increasing costs to municipalities. This assertion highlights the importance of implementing an efficient Urban Pavement Management System (UPMS) so that sections that need improvement are known and prioritized. For that, the studies of tools that, at low cost, provide valid data on the condition of the pavement surface stand out. Thus, this research aims to test and validate a visual scale, contributing to the procedure of subjective evaluations for application in an UPMS. The experimental procedure was divided into two phases, Phase 1 contemplates the activities required for the testing and validation of the Original Visual Scale, while Phase 2 encompasses the activities performed after the elaboration of the new proposal for the visual scale. For that, two panels of evaluators were initially selected to evaluate the condition of the pavement surface of urban roads in the field. For comparative purposes and adequate verification of the homogeneity of the evaluations, only one of the panels used the visual scale as reference. After the evaluations, the data was analyzed using the values found for the correlation between the scores, standard deviation and coefficient of variation. To complement this analysis, the non-parametric Mann-Whitney and Friedman tests were applied. In addition to the subjective procedure, the pavement was subjected to objective evaluation by the Pavement Condition Index (PCI) method. The scores obtained by both the two ways of evaluation were correlated, indicating that there is a strong relation between them. However, the analyses also indicated that the visual scale used in the procedure required adjustments, which were performed in order to establish the Adjusted Visual Scale. After making the necessary adjustments, some training was provided to one of the panels for the presentation of the new scale. In addition, urban road photographic evaluations were carried out with the two panels out of the field as a preparatory phase for the beginning of Phase 2. The Adjusted Visual Scale was tested from a new field application, in which the same experimental procedures and analyses performed in the previous phase were followed. After the analysis of the data from Phase 2, it was observed that when using the visual scale as a reference during the subjective evaluations in the field, the dispersions between the evaluators were minimized. Also, when comparing the two panels through the hypothesis tests, it is noted that there is a difference arising from the use of the scale in subjective evaluations. Thus, it can be concluded that the visual scale can be used as a tool to support the subjective method, constituting a practical, simple and efficient evaluation procedure.

Keywords: Subjective Evaluation. Visual Scale. Panel of Raters. Urban Roads. Pavement Management System.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 -	Fluxograma de um Sistema de Gerência de Pavimentos	24
Figura 2.2 -	Estrutura hierárquica da Gerência de Pavimentos.....	26
Figura 2.3 -	Etapas da elaboração de um SGPU	31
Figura 3.1 -	Formulário individual de classificação do índice de serventia atual	46
Figura 3.2 -	Índice de serventia ao longo do tempo ou com o tráfego acumulado	47
Figura 5.1 -	Malha viária do <i>campus</i> com os trechos delimitados.....	60
Figura 5.2 -	Escala Visual para Avaliação de Vias Urbanas	63
Figura 5.3 -	Formulário individual para avaliação subjetiva.....	65
Figura 5.4 -	Modelo de planilha para anotações de defeitos do pavimento	67
Figura 5.5 -	Fluxograma das etapas de avaliação das Fases 1 e 2	74
Figura 6.1 -	Gráficos de correlação das notas da primeira avaliação da Fase 1 a)painel _{info_básica} b)painel _{escala_visual}	76
Figura 6.2 -	Gráficos de desvio padrão da primeira avaliação da Fase 1 - Trechos A – H	78
Figura 6.3 -	Gráficos de desvio padrão da primeira avaliação da Fase 1 - Trechos I – R5	79
Figura 6.4 -	Gráfico de desvio padrão das unidades amostrais por intervalo de classificação da primeira avaliação da Fase 1 – Painel _{info_básica}	81
Figura 6.5 -	Gráfico de desvio padrão das unidades amostrais por intervalo de classificação da primeira avaliação da Fase 1 – Painel _{escala_visual}	81
Figura 6.6 -	Gráfico de coeficiente de variação das unidades amostrais por intervalo de classificação da primeira avaliação da Fase 1 – Painel _{info_básica}	83
Figura 6.7 -	Gráfico de coeficiente de variação das unidades amostrais por intervalo de classificação da primeira avaliação da Fase 1 – Painel _{escala_visual}	84
Figura 6.8 -	Gráficos de correlação das notas da segunda avaliação da Fase 1 a)painel _{info_básica} b)painel _{escala_visual}	85

Figura 6.9 -	Gráficos de desvio padrão da segunda avaliação da Fase1 - Trechos A – H	87
Figura 6.10 -	Gráficos de desvio padrão da segunda avaliação da Fase 1 - Trechos I – R5	88
Figura 6.11 -	Gráfico de desvio padrão das unidades amostrais por intervalo de classificação da segunda avaliação da Fase 1 – Painel _{info_básica}	90
Figura 6.12 -	Gráfico de desvio padrão das unidades amostrais por intervalo de classificação da segunda avaliação da Fase 1 – Painel _{escala_visual}	91
Figura 6.13 -	Gráfico do coeficiente de variação das unidades amostrais por intervalo de classificação da segunda avaliação da Fase 1 – Painel _{info_básica}	93
Figura 6.14 -	Gráfico do coeficiente de variação das unidades amostrais por intervalo de classificação da segunda avaliação da Fase 1 – Painel _{escala_visual}	93
Figura 6.15 -	Gráficos de correlação entre valores obtidos pelo PCI e as notas subjetivas para as unidades amostrais na primeira avaliação da Fase 1 a)painel _{info_básica} b)painel _{escala_visual}	97
Figura 6.16 -	Gráficos de correlação entre valores obtidos pelo PCI e as notas subjetivas para os trechos experimentais na primeira avaliação da Fase 1 a)painel _{info_básica} b)painel _{escala_visual}	99
Figura 6.17 -	Escala Visual Ajustada para Avaliação de Vias Urbanas	102
Figura 6.18 -	Gráficos de correlação das notas da primeira avaliação da Fase 2 a)painel _{info_básica} b)painel _{escala_visual}	104
Figura 6.19 -	Gráficos de desvio padrão da primeira avaliação da Fase 2 - Trechos A – H	106
Figura 6.20 -	Gráficos de desvio padrão da primeira avaliação da Fase 2 - Trechos I – R5	107
Figura 6.21 -	Gráfico de desvio padrão das unidades amostrais por intervalo de classificação da primeira avaliação da Fase 2 – Painel _{info_básica}	109

Figura 6.22 -	Gráfico de desvio padrão das unidades amostrais por intervalo de classificação da primeira avaliação da Fase 2 – Painel _{escala_visual}	109
Figura 6.23 -	Gráfico de coeficiente de variação das unidades amostrais por intervalo de classificação da primeira avaliação da Fase 2 – Painel _{info_básica}	111
Figura 6.24 -	Gráfico de coeficiente de variação das unidades amostrais por intervalo de classificação da primeira avaliação da Fase 2 – Painel _{escala_visual}	111
Figura 6.25 -	Gráficos de correlação das notas da segunda avaliação da Fase 2 a)painel _{info_básica} b)painel _{escala_visual}	112
Figura 6.26 -	Gráficos de desvio padrão da segunda avaliação da Fase 2 - Trechos A – H	113
Figura 6.27 -	Gráficos de desvio padrão da segunda avaliação da Fase 2 - Trechos I – R5	114
Figura 6.28 -	Gráfico de desvio padrão das unidades amostrais por intervalo de classificação da segunda avaliação da Fase 2 – Painel _{info_básica}	117
Figura 6.29 -	Gráfico de desvio padrão das unidades amostrais por intervalo de classificação da segunda avaliação da Fase 2 – Painel _{escala_visual}	117
Figura 6.30 -	Gráfico do coeficiente de variação das unidades amostrais por intervalo de classificação da segunda avaliação da Fase 2 – Painel _{info_básica}	118
Figura 6.31 -	Gráfico do coeficiente de variação das unidades amostrais por intervalo de classificação da segunda avaliação da Fase 2 – Painel _{escala_visual}	119
Figura 6.32 -	Gráficos de correlação entre valores obtidos pelo PCI e as notas subjetivas para as unidades amostrais na primeira avaliação da Fase 2 a)painel _{info_básica} b)painel _{escala_visual}	122
Figura 6.33 -	Gráficos de correlação entre valores obtidos pelo PCI e as notas subjetivas para os trechos experimentais na primeira avaliação da Fase 2 a)painel _{info_básica} b)painel _{escala_visual}	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 -	Conceitos de Índice de Gravidade Global (IGG).....	39
Tabela 3.2 -	Tipos de defeitos e formas de medição do Método do PCI.....	41
Tabela 3.3 -	Combinações para correção do PCI no caso de defeitos com mais de três severidades em uma mesma UA.....	42
Tabela 3.4 -	Classificação das vias pelo método PCI	43
Tabela 3.5 -	Valor de Serventia Atual	47
Tabela 5.1 -	Características da superfície relacionadas aos intervalos da escala de classificação	62
Tabela 6.1 -	Porcentagem de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos por trecho para a primeira avaliação da Fase 1	80
Tabela 6.2 -	Porcentagem de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos por intervalo de classificação para a primeira avaliação da Fase 1 – Painel _{escala_visual}	82
Tabela 6.3 -	Porcentagem de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos por trecho para a segunda avaliação da Fase 1	89
Tabela 6.4 -	Porcentagem de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos por intervalo de classificação para a segunda avaliação da Fase 1 – Painel _{escala_visual}	92
Tabela 6.5 -	Resultados do teste de Mann-Whitney para as duas avaliações da Fase 1	95
Tabela 6.6 -	Resultados do teste de Friedman para as duas avaliações da Fase 1	95
Tabela 6.7 -	Pontuações e classificações dos trechos experimentais pelos métodos objetivo e subjetivo da Fase 1	98
Tabela 6.8 -	Características da superfície relacionadas aos intervalos da escala de classificação ajustada.....	103
Tabela 6.9 -	Porcentagem de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos por trecho para a primeira avaliação da Fase 2	108
Tabela 6.10 -	Porcentagem de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos por intervalo de classificação para a primeira avaliação da Fase 2 – Painel _{escala_visual}	110

Tabela 6.11 -	Porcentagem de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos por trecho para a segunda avaliação da Fase 2	116
Tabela 6.12 -	Porcentagem de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos por intervalo de classificação para a segunda avaliação da Fase 2 – Painel _{escala_visual}	118
Tabela 6.13 -	Resultados do teste de Mann-Whitney para as duas avaliações da Fase 2	120
Tabela 6.14 -	Resultados do teste de Friedman para as duas avaliações da Fase 2	121
Tabela 6.15 -	Pontuações e classificações dos trechos experimentais pelos métodos objetivo e subjetivo da Fase 2	123
Tabela 6.16 -	Resultados obtidos para o painel _{escala_visual} para a Fase 1 e 2.....	125
Tabela 6.17 -	Resumo dos resultados dos testes de hipóteses para a Fase 1 e 2.....	126

LISTA DE SIGLAS

AASHO	American Association of State Highway Officials
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	American Society for Testing and Materials
CNT	Confederação Nacional de Transportes
CV	Coeficiente de Variação
CDV	Valor-dedução Corrigido
DENATRAN	Departamento Nacional De Trânsito
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DP	Desvio Padrão
FWD	Falling Weigth Deflectometer
IGG	Índice de Gravidade Global
IGI	Índice de Gravidade Individual
IRI	International Roughness Index
M&R	Manutenção e Reabilitação
PCI	Pavement Condition Index
PRO	Procedimento
PSI	Present Serviceability Index
PSR	Present Serviceability Rating
QI	Quociente de Irregularidade
SDGPU	Sistema Dinâmico de Gerência de Pavimentos
SGP	Sistema de Gerência de Pavimentos
SGPU	Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos
UAs	Unidades Amostrais
UEL	Universidade Estadual de Londrina
USACE	United States Army Corps of Engineers
VD	Valor-dedução
VDT	Valor-dedução Total
VSA	Valor de Serventia Atual

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	OBJETIVOS	20
1.1.1	Objetivo Geral.....	20
1.1.2	Objetivos Específicos	20
1.2	JUSTIFICATIVA	20
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	22
2	SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS (SGP)	23
2.1	CONCEITO DE UM SGP	23
2.2	A IMPORTÂNCIA DE UM SGP	24
2.3	NÍVEIS DA GERÊNCIA DE PAVIMENTOS	25
2.4	SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS (SGPU).....	28
3	AVALIAÇÕES DO PAVIMENTO	34
3.1	IRREGULARIDADE LONGITUDINAL	35
3.2	AVALIAÇÃO ESTRUTURAL.....	36
3.3	AVALIAÇÃO DE ADERÊNCIA	37
3.4	AVALIAÇÃO OBJETIVA	38
3.4.1	Método Índice de Gravidade Global (IGG)	38
3.4.2	Método <i>Pavement Condition Index</i> (PCI)	40
3.5	AVALIAÇÃO SUBJETIVA	45
3.5.1	Conceitos e Definições.....	45
3.5.2	Estudos Sobre Avaliações Subjetivas de Pavimentos.....	48
4	ESTUDOS SOBRE ESCALAS VISUAIS PARA AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS	51
4.1	ELABORAÇÃO E USO DE ESCALAS VISUAIS PARA AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS	51
4.1.1	Escala Visual de Hartgen <i>et al.</i> (1982)	51
4.1.2	Escala Visual Para Vias Não Pavimentadas – Fontenele e Fernandes Júnior (2013)	53

4.1.3	Escala Visual Para Vias Pavimentadas - Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013)	54
4.1.4	Uso de escala visual para avaliação de pavimentos de concreto poroso - Golroo e Tighe (2010).	55
4.2	VALIDAÇÃO DE ESCALAS VISUAIS	55
4.2.1	Validação da escala de Hartgen <i>et al.</i> (1982).....	56
4.2.2	Validação da escala de Fontenele e Fernandes Júnior (2013).....	57
4.2.3	Teste em escritório da escala de Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013)	57
5	MÉTODO DE PESQUISA	59
5.1	SELEÇÃO DAS VIAS E DELIMITAÇÃO DAS UNIDADES AMOSTRAIS.....	60
5.2	FASE 1	61
5.2.1	Seleção dos Painéis de Avaliadores	61
5.2.2	Avaliação Subjetiva	64
5.2.3	Avaliação Objetiva – Método PCI	65
5.2.4	TRATAMENTO DOS DADOS	68
5.2.5	Análise da Coerência das Notas das Avaliações Subjetivas e Estabilidade da Escala ao Longo do Tempo	68
5.2.6	Análise Comparativa das Avaliações dos dois Painéis	69
5.2.6.1	Teste Mann-Whitney	69
5.2.6.2	Teste Friedman	70
5.2.7	Análise Comparativa entre as Avaliações Subjetivas Realizadas em Campo e as Realizadas em Escritório por Pereira <i>et al.</i> (2013).....	70
5.3	FASE 2.....	71
5.3.1	Elaboração da Nova Proposta da Escala Visual	71
5.3.2	Seleção dos Novos Painéis de Avaliadores	72
5.3.3	Nivelamento dos Avaliadores em Escritório	72
5.3.4	Avaliações Subjetivas e Objetivas das UAs	73
6	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	75
6.1	ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS AVALIAÇÕES DA FASE 1.....	75
6.1.1	Análise da Coerência das Notas das Avaliações Subjetivas e Estabilidade da Escala ao Longo do Tempo	75

6.1.1.1	Primeira Avaliação.....	76
6.1.1.2	Segunda Avaliação.....	85
6.1.2	Análise Comparativa das Avaliações dos dois Painéis	94
6.1.2.1	Teste de Mann-Whitney.....	94
6.1.2.2	Teste de Friedman	95
6.1.3	Análise Comparativa entre as Avaliações Subjetivas Realizadas em Campo e as Realizadas em Escritório por Pereira <i>et al.</i> (2013)	96
6.1.4	Análise Comparativa entre as Avaliações Subjetivas e Objetivas	97
6.2	ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS AVALIAÇÕES DA FASE 2.....	100
6.2.1	Apresentação da Escala Visual Ajustada	100
6.2.2	Análise da Coerência das Notas das Avaliações Subjetivas e Estabilidade da Escala ao Longo do Tempo	103
6.2.2.1	Primeira Avaliação.....	104
6.2.2.2	Segunda Avaliação.....	112
6.2.3	Análise Comparativa das Avaliações dos dois Painéis	119
6.2.3.1	Teste de Mann-Whitney.....	120
6.2.3.2	Teste de Friedman	120
6.2.4	Análise Comparativa entre as Avaliações Subjetivas e Objetivas	121
6.3	ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A FASE 1 E FASE 2	124
7	CONCLUSÕES	128
8	REFERÊNCIAS	130

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos três anos o Brasil enfrentou uma de suas piores crises econômicas, mesmo assim, o país tem vivido um período de alta no setor automobilístico, o que contribui para que a frota circulante de automóveis continue em viés de crescimento.

Contudo, o investimento na área de infraestrutura viária não acompanha o ritmo desse crescente aumento de veículos. Atrelado a isso, situação das vias urbanas da maioria dos municípios é preocupante, o que somado à falta de recursos e uma inadequada gerência de pavimentos dificultam ainda mais a manutenção das vias urbanas do país.

Essa situação aponta para a necessidade de intervenção imediata do poder público, a fim de maximizar a alocação dos recursos disponíveis e/ou obter novos investimentos para que a manutenção da malha viária seja mais eficiente, o que pode ser atingido pela implantação e uso continuado de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU).

Assim, a fim de evitar a total deterioração das vias urbanas, é necessário o desenvolvimento de procedimentos válidos, simples e eficientes que fortaleçam o controle de qualidade, no que tange a Manutenção e Reabilitação (M&R) do pavimento.

Infelizmente, a manutenção é, geralmente, realizada de forma empírica e incorreta, implicando, por sua vez, um aumento na taxa de deterioração e, conseqüentemente, uma seqüência de custos aos usuários e ao município que variam de acordo com as características da superfície.

Deste modo, para suprir a deficiência no planejamento das atividades de M&R é de extrema importância que estudos sejam elaborados a fim de possibilitar o desenvolvimento e implantação de um adequado SGPU.

Sendo assim, metas e estratégias devem ser elaboradas a fim de identificar e localizar os problemas, constatando o real estado do pavimento em questão. Para tanto, é necessário que se disponha de dados confiáveis relativos a avaliações do pavimento com objetivo de levantar o estado da superfície das vias.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é testar e validar uma escala visual desenvolvida com base em fotografias para avaliar as condições das vias urbanas em campo.

1.1.2 Objetivos Específicos

Com o propósito de atingir o objetivo deste trabalho, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Analisar a coerência das notas das avaliações subjetivas;
- Analisar comparativamente as avaliações dos dois painéis de avaliação;
- Analisar a estabilidade da escala quanto aos resultados de correlação das notas subjetivas, aos valores de desvio padrão e coeficiente de variação ao longo do tempo;
- Analisar comparativamente as avaliações subjetivas realizadas em escritório e as realizadas em campo;
- Analisar comparativamente as avaliações subjetivas e objetivas.

1.2 JUSTIFICATIVA

A situação do pavimento da maioria das rodovias brasileiras é preocupante. Segundo o levantamento das condições das infraestruturas rodoviárias realizado por CNT (2018), aproximadamente 51% dos trechos analisados apresentam pavimento em condição crítica, ou seja, em situação regular, ruim ou péssima.

Apesar de o levantamento ter sido realizado para análise em áreas rurais, esta constatação pode ser extrapolada para as vias dos municípios brasileiros, uma vez que a situação dos pavimentos urbanos não é muito diferente da encontrada nas rodovias. Desta forma, a falta de recursos e a ausência ou mau emprego de um SGPU dificultam ainda mais a manutenção das vias urbanas do país.

Somado a isso, nos últimos 11 anos, a frota de veículos do Brasil apresentou aumento de 111%. Segundo DENATRAN (2018) o número de veículos no país passou de 46 milhões em 2007 para 97 milhões em 2018.

Como comentado anteriormente, o investimento na área de infraestrutura viária não acompanha o ritmo do crescente aumento no número de veículos, de modo que a manutenção das vias é relegada a segundo plano e feita de maneira paliativa, o que contribui ainda mais para o avanço das deteriorações e consequente perda da serventia do pavimento.

Desta maneira, para impedir a deterioração total dos pavimentos da malha viária urbana, é fundamental o desenvolvimento de procedimentos que sejam, ao mesmo tempo, confiáveis e de baixa complexidade para reforçar o controle de qualidade nas atividades de M&R.

Para minimizar a ineficiência no planejamento destas atividades é de extrema importância o desenvolvimento, implementação e uso continuado de Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU).

Tendo em vista a escassez de recursos dos municípios brasileiros, a adoção de avaliações subjetivas pode ser uma opção atraente e significativa para a obtenção de dados da malha viária.

Os procedimentos objetivos de avaliação de pavimentos acabam sendo mais onerosos para as administrações municipais, o que faz com que cidades de pequeno e médio porte não tenham a prática contínua de monitoramento da condição das vias urbanas. Os métodos objetivos, em sua maioria, podem ser tornar menos atraentes que as avaliações subjetivas por alguns fatores:

- Requerem equipe especializada e com treinamento intensivo para identificação de contabilização de defeitos dos pavimentos;
- São procedimentos que demandam mais tempo quando comparados às avaliações subjetivas;
- O processo de avaliação necessita de interdição das vias por maior tempo, o que dificulta as condições normais de trânsito local;
- Necessitam de tratamentos de dados mais sofisticados, o que pode variar de método para método.

Sendo assim, a avaliação subjetiva pode ser uma alternativa para a aquisição de dados em nível de rede, de modo que a avaliação objetiva seja concentrada apenas em locais onde a condição obtida pelo procedimento subjetivo seja crítica. Deste modo, os gastos e dificuldades que os métodos objetivos geram podem ser minimizados, sem que haja prejuízo para a gerência de pavimentos.

Neste contexto, a utilização de escalas visuais pode ser uma ferramenta importante no procedimento de avaliações subjetivas, uma vez que ao utilizá-las é possível minimizar as dispersões entre os avaliadores. Sendo assim, fica evidenciada a importância do presente trabalho, já que a utilização de uma escala visual como referência pode auxiliar na classificação da superfície de pavimentos de vias urbanas e, conseqüentemente, na elaboração de planos para manutenção e possíveis intervenções nas vias por meio do funcionamento de um SGPU.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho encontra-se dividido em 7 capítulos com a seguinte distribuição:

Capítulo 1 – Introdução ao trabalho com apresentação dos objetivos e justificativa do estudo;

Capítulo 2 – Abrange ponderações a respeito de Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGP), sendo abordadas as conceituações, definições e principais atividades envolvidas. Além disso, são citadas as principais vantagens na implementação de um SGP, bem como as diferenças e particularidades na sua aplicação em rodovias e vias urbanas;

Capítulo 3 – Neste capítulo são tratadas questões relativas à importância das atividades de avaliações dos pavimentos. Desta forma, são abordadas as principais formas de avaliação das condições do pavimento, assim como suas vantagens e limitações;

Capítulo 4 – Apresenta uma revisão bibliográfica sobre o desenvolvimento de instrumentos que facilitam e dão apoio para os procedimentos de avaliações subjetivas. São explorados os estudos de elaboração de escalas visuais compostas por fotografias que podem auxiliar e servir de referência para os avaliadores nas atribuições de notas, bem como a validação das escalas desenvolvidas;

Capítulo 5 – Descrição detalhada de todos os procedimentos experimentais que foram necessários para o desenvolvimento da pesquisa;

Capítulo 6 – Apresentação dos principais resultados obtidos no estudo e as respectivas análises utilizando a Escala Visual;

Capítulo 7 – As principais conclusões do estudo são apresentadas neste capítulo.

2 SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS (SGP)

A Gerência de Pavimentos é o ramo de atividade que, a partir de um orçamento predefinido, dá o suporte necessário à manutenção de uma malha viária para as organizações (públicas ou privadas) com condições mínimas de serviço em um determinado período de tempo (ALBUQUERQUE, 2007).

É importante destacar que a Gerência de Pavimentos, além de propiciar uma melhor alocação dos recursos disponíveis, segundo Oliveira *et al.* (2012), fornece subsídios à elaboração de documentos com justificativas técnicas que permitam requerer novos recursos financeiros.

Neste capítulo são abordadas as características relacionadas aos Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGP), sendo apresentadas as conceituações, definições e principais atividades envolvidas. Além disso, é destacada a importância de sua implementação e suas principais vantagens, bem como as particularidades na sua aplicação em rodovias e vias urbanas.

2.1 CONCEITO DE UM SGP

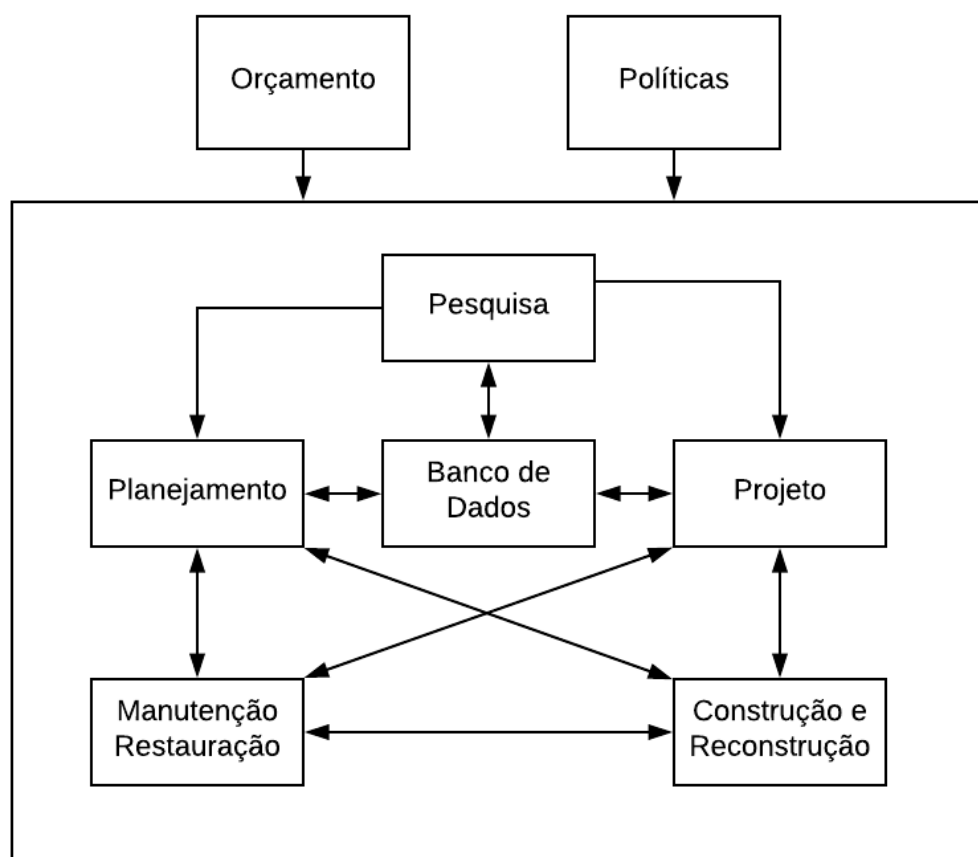
Um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) é o conjunto de atividades integradas com planejamento, construção, manutenção, avaliação e pesquisa, atrelados a um banco de dados a fim de aumentar a eficiência das decisões tomadas pelos administradores, bem como, proporcionar uma retroalimentação das consequências das decisões tomadas em diferentes níveis, otimizando recursos para desenvolvimento de programas de manutenção (HAAS; HUDSON; ZANIEWSKI, 1994).

Além disso, os conceitos que compõem um SGP, (planejamento, projeto, construção e a manutenção dos pavimentos) também têm como objetivo a melhor aplicação possível para os recursos públicos disponíveis, de modo a proporcionar um transporte rodoviário seguro e econômico (DNIT, 2011).

O Guia da AASHTO (2001) também ressalta a importância de um SGP no auxílio aos administradores a tomarem decisões referentes à avaliação e manutenção de pavimentos, a fim de que estes possam apresentar condições de serviço adequadas ao longo do tempo.

Para tanto, segundo DNIT (2011), os componentes de um SGP devem interagir mutuamente entre si, os quais estão atrelados a fatores externos como, por exemplo, recursos orçamentários, dados necessários ao sistema e diretrizes políticas e administrativas. A estruturação de um SGP está apresentada na Figura 2.1.

Figura 2.1 - Fluxograma de um Sistema de Gerência de Pavimentos



Fonte: DNIT (2011)

2.2 A IMPORTÂNCIA DE UM SGP

Os pavimentos rodoviários representam um valioso patrimônio, o que torna a sua preservação de grande valia. Para isto é de fundamental importância que a conservação e restauração dos pavimentos sejam realizadas nos momentos adequados. A interrupção ou redução dos serviços de manutenção desse patrimônio acarreta aumentos expressivos nos custos de operação dos veículos, além de levar a seleção de alternativas de recuperação do pavimento que necessitam de mais investimentos (DNIT, 2011).

Esta constatação é salientada por Machado *et al.* (2005), que indicam que a negligência na manutenção dos pavimentos rodoviários geraram a deterioração acentuada na rede de rodovias no Brasil. Isto indica, segundo os autores, a necessidade de busca por melhores condições nas rodovias brasileiras, o que pode ser obtido por meio de uma melhor gerência no planejamento e manutenção por parte dos órgãos rodoviários e, conseqüentemente, melhor alocação dos recursos.

Sendo assim, para Fernandes Júnior (2001), um SGP objetiva o melhor retorno possível para os recursos investidos, garantindo pavimentos seguros, confortáveis e econômicos aos usuários. Além disso, tem como meta possibilitar a melhoria das condições dos pavimentos e a redução dos custos, tanto de manutenção e reabilitação, como de operação dos veículos.

Nestes termos, Ibraheem e Lifah (2012) salientam que a seleção da estratégia de manutenção no momento correto é crucial para uma gestão eficaz de pavimentos rodoviários. A estratégia apropriada depende da condição do pavimento, variando de acordo com o tipo e gravidade dos defeitos encontrados na superfície. Além disso, a escolha depende também da extensão e frequência do defeito observado, de modo que algumas soluções podem ser mais adequadas apenas em situações com pequenos defeitos.

Em síntese, dadas as condições estruturais e da superfície mínimas desejadas, bem como com restrições orçamentárias enfrentadas, de acordo com Albuquerque (2007), um SGP é uma ferramenta que auxilia na decisão pela aplicação de múltiplas estratégias de intervenção nos pavimentos.

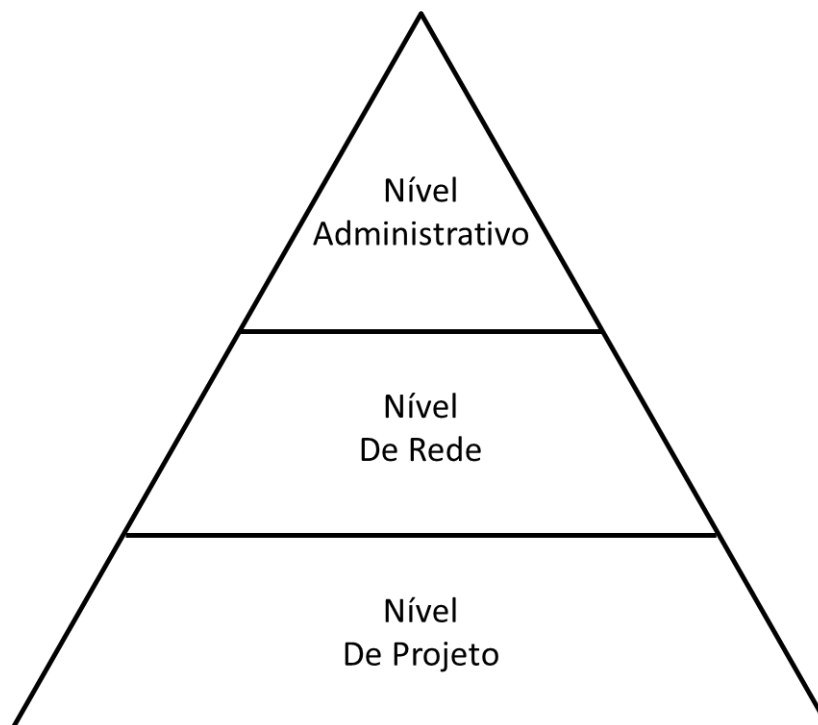
Entretanto, Ibraheem e Falih (2012) destacam que um SGP não deve ser um tomador de decisão por si só e sim auxílio à tomada de decisão, ou seja, esses sistemas não têm a função de substituir o julgamento da engenharia, mas ajudar na tomada de decisões. Portanto, a implantação do sistema deve garantir a flexibilização para incorporar a entrada do usuário no processo de decisão.

2.3 NÍVEIS DA GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

A Gerência de Pavimentos pode ser subdividida em uma estrutura hierárquica em três níveis (HAAS; HUDSON; ZANIEWSKI, 1994). O primeiro é o nível administrativo, no qual os fundos são alocados em diferentes categorias da infraestrutura de transportes. O segundo é o nível de rede, onde as agências de

gerenciamento de pavimentos determinam as estratégias de M&R, de modo que os tratamentos de M&R a serem realizados são detalhados no nível de projeto. A hierarquização de um SGP está apresentada na Figura 2.2.

Figura 2.2 - Estrutura hierárquica da Gerência de Pavimentos



Fonte: Adaptado de Zheng Li (2005)

Os dois últimos níveis são considerados objeto de estudo do ponto de vista de transportes, os quais são definidos conforme DNIT (2011).

A gerência em nível de rede indica os trechos prioritários da malha rodoviária que devem receber investimentos de conservação, de forma que os recursos públicos tenham um melhor retorno econômico. Nesse nível as informações necessárias devem ser mais simplificadas demandando menor intervalo de tempo para a sua obtenção. O foco é a escolha da melhor estratégia, indicação da intervenção mais apropriada, seleção das seções prioritárias, definição do melhor período para execução dos serviços de conservação e a aproximação do custo aproximado.

Por outro lado, na gerência realizada em nível de projeto, observa-se mais detalhadamente um determinado trecho pavimentado, de modo que os dados necessários são coletados de forma mais aprofundada. De acordo com Fernandes

Júnior (2001), dentro do programa total, há um detalhamento mais específico nas alternativas de projeto construção, manutenção e reabilitação, ou seja, são tomadas decisões técnicas de gerência para projetos específicos. Em resumo, dentre as mais variadas opções de estratégias ofertadas é escolhida aquela que apresente melhor desempenho quanto aos custos e benefícios.

Para a análise de quais atividades e estratégias escolher, é importante que se tenham dados relativos à avaliação da condição do pavimento em questão a fim de que sejam realizados os devidos diagnósticos. Sendo assim, para Machado *et al.* (2005) a avaliação de pavimentos deve ser voltada para os interesses da sociedade e para as necessidades dos usuários respeitando as normas rodoviárias vigentes. Desta maneira, para se avaliar um determinado pavimento é necessário o desenvolvimento de índices de defeitos próprios relacionados aos problemas exibidos pelo pavimento em questão levando em consideração o monitoramento da condição do pavimento.

Levando em conta a necessidade deste acompanhamento do pavimento, Haas, Hudson e Zaniewski (1994) salientam que é de fundamental importância que ocorra a coleta e atualização periódica das informações necessárias para cada nível de gerência. Os critérios de decisão devem ser estabelecidos e quantificados e as estratégias alternativas devem ser estudadas, prevendo o desempenho e custos de cada uma. Sendo assim, um mapeamento das reais condições dos pavimentos é imprescindível para a priorização das ações a serem tomadas, em nível de previsão orçamentária e alocação de recursos.

Em função disto, Hairder *et al.* (2011) exploraram em seu estudo o efeito da frequência do monitoramento das coletas de dados da condição do pavimento na previsão de seu desempenho e consequentes decisões ao SGP. Os resultados das análises revelaram que os intervalos de monitorização podem afetar significativamente as condições da rede rodoviária a curto e longo prazo, constatando que ao aumentar o intervalo de controle haverá consequências nas decisões do SGP.

Além do monitoramento na coleta de dados, Machado *et al.* (2005) destacam que para a capacitação técnica dos órgãos rodoviários, é importante a implantação de sistemas de manutenção e de gerência rodoviária atrelada ao treinamento dos engenheiros envolvidos, de modo que estes sejam capazes de criar os índices de avaliação que atendam às características, necessidades e restrições da rede em

questão, usando para isso critérios de engenharia compatíveis com as necessidades de projeto.

2.4 SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS (SGPU)

Devido a dificuldades econômicas, pequenos órgãos administradores estão buscando ferramentas eficazes para alocar orçamento disponível em sua malha viária. Em particular, destacam-se os municípios que precisam enfrentar a manutenção de um grande número de vias, mesmo com orçamento reduzido. Tendo em vista que na maioria dos países, as vias urbanas representam uma elevada porcentagem do total de vias, essa situação é ainda mais relevante (LOPRENCIPE; PANTUSO; DI MASCIO, 2017).

Grande parte dos órgãos gestores das cidades brasileiras dispõe de recursos escassos para a manutenção da malha viária, o que compromete a preservação das vias urbanas, gerando aumento da deterioração do pavimento. Como resultado direto desta situação, destaca-se o acréscimo dos custos operacionais dos veículos (consumo de combustível, desgaste de pneus etc.), aumento do tempo de viagem e redução da segurança no trânsito.

Atrelado a isso, muitas vezes a escolha das atividades de M&R acontece apenas por viés político, deixando-se de lado questões técnicas, ou seja, a priorização conforme o nível de deterioração das vias não é o principal critério para a tomada de decisão.

Em síntese, os conceitos de gerência de pavimentos são válidos tanto para rodovias quanto para vias urbanas. Entretanto, existem algumas peculiaridades quando se trata de pavimentos urbanos. Uma das principais, de acordo com Bertollo e Fernandes Júnior (1997), é a existência da infraestrutura pública que corre paralela ou perpendicularmente às vias.

Neste contexto, as principais particularidades apresentadas pelas vias urbanas, segundo Danieleski (2004), são:

- Apresentam velocidades menores e frenagens com maior frequência que as rodovias, pois grande percentual da área é destinado a interseções;
- Sofrem interferência na estrutura do pavimento devido à presença de vegetação junto às bordas do pavimento;

- Possuem boa parte da infraestrutura que está localizada no subterrâneo das cidades, como rede de água e esgoto, de drenagem, de energia elétrica, de gás entre outras. Sendo assim, para qualquer manutenção ou ampliação da rede é necessária intervenções no pavimento;
- Presença de tampas de inspeção na superfície do pavimento;
- Diversificação da superfície dos pavimentos, devido ao emprego de diferentes tipos de revestimentos em um mesmo trecho como, por exemplo, calçamentos em blocos intertravados;
- Exigência de uma melhor sinalização horizontal devido a grande interferência do trânsito de pedestres;
- Em cidades com topografia acidentada, as vias podem apresentar inclinações elevadas, devido à necessidade de adaptação do projeto geométrico a topografia dos arruamentos existentes.

Uma das particularidades citadas é a presença de redes de infraestrutura pública subterrânea, as quais necessitam manutenção em diversos momentos. Em decorrência desta necessidade, de acordo com Oliveira (2013), surgem muitos defeitos, agravando a condição do pavimento em questão. Como causas principais destes problemas destacam-se: a utilização de mão de obra sem capacitação apropriada, uso de equipamentos e máquinas inadequados, falhas na compactação do aterro e má execução de remendos.

Este problema é agravado em grande parte das cidades brasileiras, uma vez que, segundo Oliveira *et al.* (2012), as atividades de manutenção são realizadas sem planejamento e, como consequência disso, é comum a ocorrência de problemas como a retirada de pavimento para abertura de vala após uma recente reabilitação do revestimento asfáltico em questão.

Esta constatação não é exclusividade das cidades brasileiras. Loprencipe, Pantuso e Di Mascio (2017) alertam que o principal problema detectado na gestão de pequenas cidades na Itália é a ausência de um inventário de pavimentos, o que acarreta um mau planejamento de manutenção. Segundo os autores, os trabalhos de manutenção e reparo são realizados quando o nível de defeitos se torna crítico em alguns trechos da rede, provocando elevada heterogeneidade da rede viária das cidades.

Apesar dos fundamentos da gerência de pavimentos serem iguais para todos os organismos rodoviários, devido às restrições orçamentárias sofridas pelas administrações locais, os Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos têm a característica de serem sistemas menos sofisticados. Para isso, ao invés de ser escolhida a otimização (usada pelos organismos federais e estaduais) é preferida a técnica de priorização para a seleção de projetos (LIMA; RAMOS; FERNANDES JÚNIOR, 2006).

Um SGPU é uma ferramenta com potencial para ajudar os setores públicos e privados em uma gerência eficiente da malha viária de cidades, de modo a implementar processos gerenciais baseados na documentação e atualização de dados de inventário, na avaliação periódica da condição dos pavimentos, na utilização de critérios formais de seleção de estratégias de M&R de pavimentos e de priorização de seções para a utilização dos limitados recursos disponíveis (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Neste contexto, Hosten *et al.* (2013) recomendam a implementação de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU) nos municípios para que se alcance a maximização dos recursos públicos. Sendo assim, para suprir a deficiência no planejamento das atividades de M&R dos pavimentos urbanos é de extrema importância a elaboração de estudos para que seja possível o desenvolvimento de um SGPU consistente e eficaz.

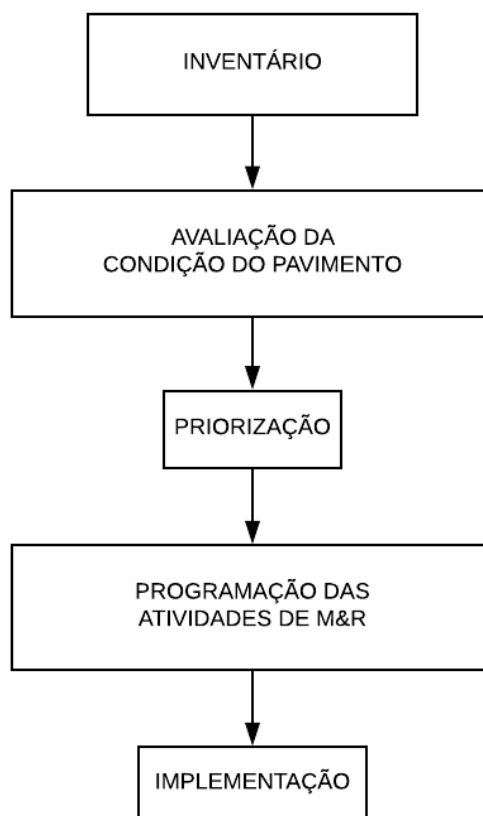
De maneira resumida, na Figura 2.3 é apresentado o esquema das etapas para a elaboração de um sistema de gerência de pavimentos urbanos proposto por Haas, Hudson e Zaniewski (1994).

Sendo assim, a implementação de um sistema de gerência de pavimentos, conforme Fernandes Júnior *et al.* (1996), depende basicamente de três fatores: dados confiáveis, modelos realísticos para o processamento dos dados e programas amigáveis para a organização dos dados e apresentação dos resultados. É crucial que o SGPU utilize apenas os dados realmente necessários permitindo a adaptação dos modelos de desempenho aos mecanismos de deterioração que limitam as atividades de M&R.

No trabalho de Prestes (2001) também é ressaltada a necessidade de obtenção de informações confiáveis sobre o estado dos pavimentos a fim de realizar atividades planejadas e antecipar as manutenções preventivas. O autor destaca

ainda a importância de se fazer o correto levantamento de defeitos da malha viária urbana para uma correta aquisição de tais informações.

Figura 2.3 - Etapas da elaboração de um SGPU



Fonte: Adaptado de Haas, Hudson e Zaniewski (1994)

Portanto, uma das atividades de maior importância é a detecção das avarias, a qual, preferencialmente, deve ser feita em fase inicial, já que ao se detectar o problema no início, menor será o custo para manutenção, maximizando assim os recursos públicos (FERNANDES JÚNIOR *et al.*, 1999).

A detecção dos defeitos nos estágios iniciais também é apontada por Moraes *et al.* (2006) como uma das tarefas mais importantes da manutenção. Segundo os autores, defeitos como as trincas, que inicialmente quase não são percebidas pelos usuários, podem evoluir rapidamente e causar sérios problemas ao pavimento.

Com o intuito de desenvolver um SGPU para a cidade de Christiansburg, Virgínia – EUA, Hosten *et al.* (2013) elaboram um estudo em que foi discutida a elaboração do referido sistema, salientando o uso de aplicativos de gerenciamento de pavimentos para verificação da eficácia da implantação de manutenção preventiva nas vias urbanas da cidade. Os resultados do trabalho indicaram que

adoção e implementação de um SGPU na cidade de Christiansburg auxiliou os engenheiros da cidade na determinação de quais tipos de intervenções necessárias a serem adotadas, objetivando uma estratégia de manutenção preventiva, a qual tem o potencial de redução significativa de custos da rede viária da cidade.

A implantação de um Sistema Dinâmico de Gerência de Pavimentos Urbanos (SDGPU) na cidade de Anápolis – GO foi objeto de estudo de Oliveira *et al.* (2012). Segundo a pesquisa, os resultados do SDGPU permitem a elaboração de documentos com justificativas técnicas que facilitam a obtenção de recursos complementares por parte da prefeitura municipal, agilizam a licitação das obras, aumentam o controle do processo licitatório, facilitam o controle de qualidade da execução dos serviços e o acompanhamento do desempenho dos pavimentos.

Além disso, com a implantação do SDGPU em Anápolis, Oliveira *et al.* (2012) destacaram diversos aspectos positivos, como: licitação e contratação de obras de manutenção preventiva; estímulo ao desenvolvimento da área de pavimentação junto aos cursos de Engenharia Civil existentes na cidade; estímulo à implantação de uma gerência de infraestrutura urbana, com a compatibilização de todos os setores que se utilizam do sistema viário (transporte público, água, esgoto, drenagem, iluminação pública, telefonia, gás, energia elétrica, etc.).

No trabalho de Loprencipe, Pantuso e Di Mascio (2017) foi proposta a implementação de um SGPU em municípios de pequeno e médio porte para auxiliar os gestores do pavimento no processo decisório. Os autores demonstraram que o SGPU proposto estabelece uma nova abordagem para a gestão da rede urbana, de modo a proporcionar uma alocação racional e justificada dos recursos. Este método, segundo eles, pode ser prontamente utilizado na prática, tendo em vista sua flexibilidade, a qual permite adaptar-se facilmente às necessidades de uma rede viária municipal.

Outra observação importante de Loprencipe, Pantuso e Di Mascio (2017) é que para determinar a atividade de manutenção a ser adotada (manutenção preventiva ou corretiva) é essencial que se faça uma estimativa inicial do orçamento disponível em nível da rede. Somado a isso, as distribuições de tráfego nas redes urbanas influenciam diretamente na priorização do planejamento de manutenção, as quais podem ser usadas para alocar o orçamento disponível dos municípios.

Por fim, para Páez, Lopes e Fernandes Júnior (2015) a eficácia de um SGPU e, conseqüentemente, manutenção das vias, está diretamente atrelada a um bom inventário da malha viária. Sendo assim, metas e estratégias devem ser elaboradas para a identificação e localização dos problemas, constatando o real estado do pavimento em questão. Deste modo, é de extrema importância que se disponha de dados relativos a avaliações do pavimento.

Portanto, para que as avarias sejam detectadas e localizadas de maneira correta, segundo Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013), a equipe designada para o levantamento deve apresentar conhecimento avançado sobre os sistemas de avaliação de pavimento, já que esta é uma ferramenta importantíssima para a obtenção de um bom SGPU.

3 AVALIAÇÕES DO PAVIMENTO

A condição da superfície dos pavimentos pode ser um indicador de extrema valia para verificar se a malha viária está proporcionando, ou não, conforto, segurança e economia para os usuários.

A constatação da condição do pavimento é fundamental para o melhor aproveitamento dos recursos públicos disponíveis e preservação dos pavimentos, uma vez que quanto melhor o desempenho dos pavimentos, menores os investimentos em sua manutenção.

De acordo com Haas e Hudson (1978), por meio da avaliação de pavimentos é possível constatar de maneira eficiente quais as reais necessidades de manutenção ou reabilitação.

Os autores, afirmam ainda, que esta é uma das etapas mais importantes de um SGP, pois por meio dela pode-se verificar o grau de deterioração da malha viária, quais atividades de M&R são convenientes e detectar se o pavimento foi bem construído e está atendendo devidamente às especificações para que fora projetado.

Além disso, o processo de avaliação de pavimentos, conforme Danieleski (2004), está diretamente ligado ao estabelecimento do controle das seções, no que diz respeito à verificação periódica das características quanto à capacidade estrutural, deterioração, irregularidade e resistência à derrapagem.

Os dados obtidos pela avaliação dos pavimentos podem ser usados, segundo Haas e Hudson (1978), para algumas atividades:

- Verificação se os pavimentos estão atendendo as suas funções;
- Determinação da condição atual da rede viária;
- Elaboração de curvas de previsão de desempenho;
- Planejamento e programação de futuras reabilitações necessárias;
- Estabelecimento de prioridades na programação de investimentos;
- Melhoria da tecnologia de projeto, construção e manutenção dos pavimentos.

Segundo Fernandes (2011) a avaliação das condições de um pavimento engloba diversos fatores, podendo ser executada pela análise dos defeitos de

superfície, análise estrutural, análise funcional, análise da aderência entre o pneu do veículo e o pavimento.

Deste modo, nos próximos itens serão abordadas estas formas de avaliação, bem como os métodos empregados, suas aplicações e quais características do pavimento tais métodos avaliam qualitativamente ou quantitativamente.

3.1 IRREGULARIDADE LONGITUDINAL

A qualidade de rolamento de um pavimento está diretamente relacionada com o conforto proporcionado ao usuário, de modo que o principal fator que influencia neste quesito, de acordo com Zanchetta (2017), é a irregularidade longitudinal.

A irregularidade longitudinal de um pavimento pode ser definida como o conjunto dos desvios indesejáveis de sua superfície, que atrapalha o rolamento rápido e suave dos veículos, gera insegurança e onera seus usuários, além de acelerar a degradação do pavimento (BARELLA, 2008).

A irregularidade longitudinal pode ser medida pelo IRI (*International Roughness Index*) ou pelo Quociente de Irregularidade (QI). O IRI é um índice estático, expresso em m/km, que quantifica os desvios da superfície do pavimento em relação à de projeto.

Apesar de ser um excelente parâmetro para mensurar o conforto proporcionado ao usuário, Loprencipe, Pantuso e Di Mascio (2017) apontam que um dos principais problemas da avaliação pelo IRI em vias urbanas é a velocidade necessária, uma vez que o IRI pode ser usado para avaliar o pavimento em rodovias com limites de velocidade acima de 80 km/h.

Os autores realçam que outra razão para o uso limitado do IRI na área urbana é a sua ineficiência para aquelas superfícies com irregularidade localizada, como poços de visita e remendos nos cruzamentos, de modo que é melhor optar por outros métodos de avaliação como o *Pavement Condition Index* (PCI).

Estas observações vão ao encontro do que é explanado por La Torre (2002) que justificam como principais limitações do uso do IRI em vias urbanas as baixas velocidades desenvolvidas e o fato de apresentarem menores comprimentos quando comparadas aos trechos avaliados em rodovias. Segundo os autores, de maneira geral, o IRI tende a aumentar conforme diminuem os comprimentos dos trechos a

serem avaliados, de modo que o valor encontrado não represente de maneira adequada a real condição do pavimento.

3.2 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL

Conforme o DNIT (2011), a avaliação estrutural pode ser definida como aquela que está associada ao conceito de capacidade de carga, que pode ser vinculado diretamente ao projeto do pavimento e ao seu dimensionamento. Os defeitos estruturais são resultados principalmente da repetição das cargas e estão associados às deformações elásticas ou recuperáveis e plásticas ou permanentes.

As deformações elásticas são avaliadas por equipamentos próprios chamados genericamente de deflectômetros, por medirem os deslocamentos verticais nomeados como “deflexão” do pavimento. Elas são responsáveis pelo surgimento da maioria dos trincamentos ao longo do tempo de serviço do pavimento, que podem levar à fadiga do revestimento. Já as deformações plásticas são acumulativas durante os anos de serviço de um pavimento e resultam em defeitos do tipo afundamento localizado ou nas trilhas de roda, medidos por meio de treliça normatizada ou por sensores laser.

De acordo com o DNIT (2006), a avaliação estrutural pode ser feita por dois métodos: o método destrutivo e o não destrutivo.

No método destrutivo é realizada a investigação da condição estrutural de cada camada que compõe o pavimento pela abertura de trincheiras ou poços de sondagem, permitindo recolher amostras de cada material até o subleito e realizar ensaios de capacidade de carga in situ. Pelo fato de ser destrutivo, limita-se a ser empregado apenas em poucos pontos selecionados.

Na avaliação não destrutiva, não é necessário que se faça a extração de parte do pavimento para análise, o que a torna a avaliação mais adequada para grandes extensões. Os principais equipamentos utilizados são a viga Benkelman e o *Falling Weight Deflectometer* (FWD), os quais, depois de calibrados, medem a deflexão máxima, raio de curvatura e deformada.

3.3 AVALIAÇÃO DE ADERÊNCIA

A avaliação de aderência da superfície do pavimento está diretamente ligada à segurança do usuário, já que o atrito desenvolvido entre o pneu e o pavimento é responsável por manter a trajetória dos veículos na via. Esta característica sofre grande influência das condições ambientais, principalmente devido à ação da chuva.

Segundo Specht *et al.* (2007) o acúmulo de água na superfície da rodovia, em frente ao pneu, faz com que pressões hidrodinâmicas sejam geradas na zona de contato pneu/pavimento e, dependendo do volume de água acumulado e da velocidade do veículo pode ocorrer o fenômeno da hidroplanagem que é a perda de contato entre o pneu e a superfície de rolamento impossibilitando qualquer manobra do condutor.

O estudo da textura de um pavimento, conforme Specht *et al.* (2007) pode ser dividido em três classes principais:

- Microtextura: está relacionada à própria superfície do agregado mineral, a qual pode ser áspera ou polida, dependendo das propriedades mineralógicas dos agregados, cujos comprimentos de onda variam entre 0 a 0,5 mm e amplitude de 0 a 0,2 mm. A maneira mais comum de se medir microtextura é por meio do ensaio de pêndulo britânico;
- Macrotextura: são asperezas superficiais do pavimento causadas pelas protuberâncias causadas pelo agregado com comprimento de onda de 0,5 a 50 mm e amplitude de 0,2 a 10 mm. A distribuição granulométrica, as características dos agregados, a dosagem da mistura e o processo construtivo influenciam muito na macrotextura final do pavimento. A maneira mais difundida de medição da macrotextura é por meio do ensaio de altura média da mancha de areia;
- Megatextura: são irregularidades superficiais cujos comprimentos de onda variam entre 5 e 50 cm e amplitude entre 1 a 50 cm. São capazes de produzir vibrações e considerados defeitos no pavimento, afetam o atrito pneu/pavimento e, conseqüentemente, o conforto e o custo operacional dos veículos.

3.4 AVALIAÇÃO OBJETIVA

A avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis consiste no levantamento e classificação dos defeitos encontrados na superfície do pavimento, bem como na medida dos afundamentos nas trilhas de roda.

Para realizar esse tipo de avaliação é necessário o reconhecimento de cada tipo de defeito a ser considerado, bem como a quantificação da sua dimensão e identificação do nível de severidade.

Sendo assim, a condição de superfície de um pavimento asfáltico deve ser levantada de modo que sejam analisados seus defeitos e suas possíveis causas, atribuindo-lhes indicadores numéricos que classifiquem seu estado geral.

3.4.1 Método Índice de Gravidade Global (IGG)

No Brasil esta avaliação está definida pela especificação DNIT 006/2003 – PRO, na qual se atribui um indicador numérico ao pavimento, o IGG que classifica o seu estado geral, com base na incidência de defeitos e das profundidades nas trilhas de rodas.

A realização do levantamento dos defeitos não ocorre por toda a extensão da via, ou seja, é feito de maneira amostral, utilizando-se uma planilha para anotações das ocorrências e a treliça metálica para determinação do afundamento nas trilhas de rodas.

Para realização do inventário são demarcadas as estações de avaliações, as quais devem possuir 6 m de comprimento, sendo 3 m antes e 3 m após a estaca demarcada e largura igual a da faixa de tráfego. Atrelado a isso, devem estar dispostas da seguinte maneira: para as rodovias de pista simples a cada 20 m, alternados entre faixas e para as rodovias de pista dupla, a cada 20 m, na faixa mais solicitada pelo tráfego, em cada uma das pistas.

De acordo com as especificações DNIT (2003), os defeitos são agrupados em oito categorias diferentes: trincas isoladas; trincas interligadas; trincas interligadas com erosão nos bordos; afundamentos; ondulações, panelas e escorregamentos; exsudação; desgaste; remendos.

Na etapa de cálculos, para cada tipo de defeito é atribuído um fator de ponderação, em função da severidade do defeito em relação aos demais. Além

disso, é encontrada a frequência absoluta (*fa*) de cada tipo de defeito, bem como a frequência relativa (*fr*), que é dada pelo percentual das estações com ocorrência de um determinado defeito em relação ao número total de estações avaliadas.

Em função das frequências absolutas e relativas encontradas, calcula-se o valor do IGI (Índice de Gravidade Individual) para cada tipo de defeito identificado e, conseqüentemente, o IGG (Índice de Gravidade Global), que é a soma da contribuição de cada defeito. Na Tabela 3.1 são apresentados os critérios de classificação segundo o IGG.

Tabela 3.1 - Conceitos de Índice de Gravidade Global (IGG)

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

Fonte: DNIT 006/2003 - PRO

Apesar de o IGG ser um método utilizado para classificar a condição de pavimentos em função da ocorrência de defeitos da superfície, Yshiba (2003) destaca como principais limitações do procedimento:

- Considera-se apenas o número de ocorrência dos defeitos e não a extensão;
- Leva-se em conta a severidade apenas para o defeito de trincas, de modo que para os demais defeitos o nível de severidade não é contabilizado na condição do pavimento.

Por esse motivo, em algumas situações o IGG pode não retratar com fidelidade a real condição do pavimento, de forma que, em muitos casos, acaba sendo um método preterido para a avaliação dos pavimentos.

Além disso, Zanchetta (2017) ressalta que pelo fato de se tratar de um método que realiza a inspeção por amostragem, não é considerado uma boa opção para a avaliação em vias urbanas. Isso se deve pelo fato de que se um defeito for encontrado em uma amostra entende-se que este ocorre em toda a seção e, ao contrário, se um defeito não foi observado em uma amostra conclui-se que toda a seção não apresenta o referido defeito.

3.4.2 Método *Pavement Condition Index* (PCI)

Outro método para avaliação objetiva amplamente utilizado ao redor do mundo é o PCI, pelo qual a condição de superfície de um pavimento é levantada por meio da inspeção do pavimento seguindo uma metodologia de fácil implementação e que não requer ferramentas muito sofisticadas e específicas.

Este método foi desenvolvido por um grupo de engenheiros do exército dos Estados Unidos (*U.S. Army Corps of Engineers – USACE*) sendo financiado pela Força Aérea dos Estados Unidos (*U.S. Air Force*) com o objetivo de obter um sistema de gerência e manutenção de pavimentos de aeroportos (LEITE *et al.*, 2013).

Por se tratar de um método completo e de grande eficiência para a avaliação em aeroportos, seu uso foi ampliado para a aplicação em pavimentos de rodovias, ruas e estacionamento, disseminando sua utilização por diversas agências ao redor do mundo.

O PCI é um índice numérico que indica a condição geral do pavimento e teve seus procedimentos descritos, inicialmente por Shahin e Kohn (1979). As orientações iniciais foram organizadas e, posteriormente publicadas no manual técnico de *Headquarters, Department of the Army* (1982).

O método do PCI leva em consideração uma série de defeitos, os quais possuem uma determinada unidade de medida e os respectivos graus de severidades. Para isso, no procedimento de avaliação, devem ser identificados os tipos de defeitos, bem como suas quantidades e severidades para posterior determinação do índice de condição do pavimento em questão.

Após a publicação inicial de Shahin e Kohn (1979), o método foi padronizado pela norma D6433 (ASTM, 1999) passando por diversas atualizações, mas sem variação no número de defeitos a serem levantados.

Entretanto, a partir de 2009, o defeito “Desintegração e Intemperismo” foi desmembrado, estabelecendo-se o de nº 19 “Desintegração” e 20 “Intemperismo”. Além disso, o método sofreu diversas modificações nos procedimentos de cálculo e obtenção do índice final, até ser estabelecida a última versão, descrita por ASTM (2018). Desta forma, a partir deste momento será tratado o procedimento proposto pela versão mais atualizada.

Na Tabela 3.2 são apresentados os tipos de defeitos que são levados em consideração no método e suas respectivas formas de medição. Vale ressaltar que

neste trabalho a nomenclatura utilizada para designar cada um dos defeitos foi adotada conforme Domingues (1993).

Tabela 3.2 - Tipos de defeitos e formas de medição do Método do PCI

TIPOS DE DEFEITOS	MEDIÇÃO
Trincas por fadiga	Área (m ²)
Exsudação	Área (m ²)
Trincas em bloco	Área (m ²)
Saliências e deformações	Extensão (m)
Corrugação	Área (m ²)
Depressão	Área (m ²)
Trincas na borda	Extensão (m)
Trincas por propagação de juntas	Extensão (m)
Desnível entre a pista e o acostamento	Extensão (m)
Trincas longitudinais e transversais	Extensão (m)
Remendo e uso de remendo recortado	Área (m ²)
Agregado polido	Área (m ²)
Buracos	Unidade
Passagem de ferrovia	Área (m ²)
Afundamento de trilha de roda	Área (m ²)
Deformação plástica do revestimento	Área (m ²)
Trincas parabólicas	Área (m ²)
Empolamento	Área (m ²)
Desintegração	Área (m ²)
Intemperismo	Área (m ²)

Fonte: Adaptado de ASTM (2018)

Para o levantamento dos defeitos, os trechos a serem avaliados necessitam ser divididos em unidades amostrais com áreas de $225 \pm 90 \text{ m}^2$ conforme ASTM (2018), de modo que a inspeção do pavimento pode ser realizada de forma total ou por amostragem.

Determinadas as unidades amostrais a serem inspecionadas, o procedimento prossegue por meio de caminhada, pela qual o avaliador mede os defeitos e suas respectivas severidades, anotando-os em um formulário. Após a coleta dos dados para cada unidade amostral, são calculadas as densidades de cada defeito em função da frequência ou extensão em relação à área total da unidade amostral, separando por tipo de defeito e grau de severidade (baixa, média e alta).

Dada a grande quantidade de combinações possíveis, o método introduz um fator de ponderação chamado de valor-dedução (VD), que indica em que proporção é afetada a condição do pavimento para cada combinação de defeito, nível de severidade e densidade.

Os VDs para cada defeito variam de 0 a 100, de modo que o valor 0 (zero) indica a combinação não possui impacto sobre a condição do pavimento e 100 (cem) que a combinação é extremamente prejudicial ao pavimento. Para cada defeito, a norma D6433-18 (ASTM, 2018) fornece uma curva pela qual são obtidos os valores-dedução em função da densidade e severidade. Encontrados os VDs, os valores são somados para se obter o valor-dedução total (VDT). Depois de encontrado o VDT é obtido o valor-dedução corrigido (CDV) partir da análise de gráficos com as curvas de correção. Por fim, o valor do PCI é encontrado subtraindo-se o CDV de 100, como expresso na Equação 1.

$$PCI = 100 - CDV \quad (1)$$

Além disso, deve ser levada em consideração uma correção do PCI em função da observação de defeitos com mais de uma severidade para uma mesma UA. Sendo assim, se em uma UA um defeito apresentar duas severidades, deve-se somar a densidade da menor severidade com a de maior severidade. Com essa nova densidade é determinado o novo VD e os procedimentos descritos anteriormente são repetidos para obtenção do PCI. Vale destacar que depois de realizado o novo cálculo, dentre os dois valores, deve ser adotado o maior valor. Nos casos de defeitos com três severidades em uma mesma UA, os cálculos devem ser feitos de acordo com as combinações apresentadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Combinações para correção do PCI no caso de defeitos com mais de três severidades em uma mesma UA.

Combinações	Defeitos	Valor do PCI
Sem Combinação	l, m, h	PCI (l, m, h)
Conjunto (l + m) = M	0, M, h	PCI (0, M, h)
Conjunto (m + h) = H	l, 0, H	PCI (l, 0, H)
Conjunto (l + h) = H	0, m, H	PCI (0, m, H)
Conjunto (l + m + h) = H	0, 0, H	PCI (0, 0, H)

Fonte: Adaptado de ASTM (2018)

Onde:

- l = é a densidade em porcentagem da severidade baixa do defeito;
- m ou M = é a densidade em porcentagem da severidade média do defeito;
- h ou H = é a densidade em porcentagem da severidade alta do defeito;
- $PCI(l, m, h)$ = PCI da UA sem correção e em função das três severidades do defeito;
- $PCI(0, M, h)$ = PCI da UA em função da correção cuja combinação une a densidade das severidades baixa e média;
- $PCI(l, 0, H)$ = PCI da UA em função da correção cuja combinação une a densidade das severidades média e alta;
- $PCI(0, m, H)$ = PCI da UA em função da correção cuja combinação une a densidade das severidades baixa e alta;
- $PCI(0, 0, H)$ = PCI da UA em função da correção cuja combinação une a densidade das severidades baixa, média e alta.

Depois de realizadas as combinações possíveis, deverá ser adotado o maior valor de PCI como o índice da UA. Como resultado de todo o método, o PCI é representado por um valor numérico que retrata a condição do pavimento segundo uma escala de classificação. Este valor varia de 0 (zero), para um pavimento em condição péssima, até 100 (cem) para um pavimento em condição excelente. Cada unidade amostral pode ser classificada conforme o valor obtido pelo PCI conforme os intervalos de classificação apresentados na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Classificação das vias pelo método PCI

PCI	Classificação
100 – 86	Excelente
85 – 71	Muito Boa
70 – 56	Boa
55 – 41	Regular
40 – 26	Ruim
25 – 11	Muito Ruim
10 – 0	Péssima

Fonte: Adaptado de ASTM (2018)

Na pesquisa realizada por Karim, Rubai e Saleh (2016) no Iêmen, foi avaliado um corredor rodoviário que liga a cidade de Aden à região norte do país. A inspeção foi realizada pelo método do PCI em seções da Rodovia Al-Fiush. Após a coleta e análise dos dados, os autores ressaltaram que o PCI é uma maneira simples, conveniente e barata para monitorar as condições da superfície de rodovias. Por conseguinte, as necessidades de M&R podem ser verificadas de maneira satisfatória, garantindo que os orçamentos de manutenção sejam gastos de maneira racional e eficiente.

Tendo isso em vista, pelo procedimento utilizado, é possível afirmar que o PCI também é uma excelente alternativa para o levantamento da condição de vias urbanas. Isso pode ser comprovado pela análise de alguns trabalhos que comparam o PCI com outros métodos de avaliação.

Conforme Albuquerque *et al.* (2017), comparado com outros métodos, o PCI se mostra mais rigoroso que os demais. Isso se deve devido ao fato de que pelo seu procedimento de cálculo, são atribuídos elevados valores-dedução em segmentos com a presença de buracos, mesmo que estes apresentem pequenas dimensões e baixas severidades, o que influencia para a obtenção de menores índices de condição.

No estudo desenvolvido por Aps, Balbo e Severi (1998) foram comparados os métodos IGG e PCI. Pelo trabalho constatou-se que em 84% dos segmentos avaliados o diagnóstico foi igual ou muito próximo para os dois métodos.

Entretanto, segundo os autores, o emprego dos métodos pode variar conforme as extensões a serem avaliadas, sendo que o uso do IGG é sugerido para grandes extensões, como para a coleta de dados em nível de rede. Por outro lado, a aplicação do PCI é preferível em trechos menores, podendo ser útil em nível de projeto, como a quantificação de remendos localizados e pequenas áreas que necessitem de fresagem.

Os métodos do IGG e do PCI também foram comparados por Vieira *et al.* (2016), os quais selecionaram uma via interna de um *campus* universitário para a realização da avaliação do pavimento segundo os procedimentos dos métodos citados. Confrontando os dois modelos, os autores destacam que o PCI apresenta uma melhor composição para a análise do pavimento, pois a maneira com que é abordado e o nível de detalhamento exigido em seus cálculos fazem com que seu resultado seja mais preciso em relação ao IGG.

Os autores, assim como Aps, Balbo e Severi (1998), destacam que o IGG é mais indicado em nível de rede, bem como na necessidade de avaliações imediatas e em grandes extensões. Da mesma maneira, em ambos os trabalhos fica evidenciado o melhor uso do PCI para avaliações em nível de projeto.

Como conclusão de seu trabalho, Vieira *et al.* (2016) ressaltaram que apesar de haver a necessidade de aprimorar a inserção de defeitos que não são computados em ambos os métodos, o PCI mostrou-se mais completo e apropriado para a avaliação de pavimentos urbanos.

3.5 AVALIAÇÃO SUBJETIVA

Entre os anos de 1958 e 1961 foi realizado um teste na pista experimental da *American Association of State Highway Officials* (AASHO), atual *American Association of State Highway Transportation Officials* (AASHTO), no qual ficou evidenciado o papel do usuário na avaliação do pavimento.

Este teste ficou conhecido como *AASHO Road Test*, no qual, segundo Carey e Irick (1960), foi definido o *Present Serviceability Ratio* (PSR). Esta metodologia compreende nas avaliações realizadas por uma comissão julgadora sobre a capacidade do pavimento em servir ao tráfego do ponto de vista do usuário, no que diz respeito ao conforto proporcionado.

Neste item são apresentados os conceitos e definições das avaliações subjetivas, bem como um histórico de estudos que foram realizados baseados nesta modalidade de avaliação de pavimentos.

3.5.1 Conceitos e Definições

As avaliações subjetivas determinam a condição da superfície de um pavimento a partir da atribuição de notas, podendo auxiliar o SGPU, já que as seções que precisam de melhorias são, mais facilmente, conhecidas e, portanto, podem ser priorizadas.

A avaliação subjetiva está atrelada ao conceito de serventia, que segundo a especificação do DNIT 009/2003 – PRO é a capacidade de um trecho específico de pavimento proporcionar, na opinião do usuário, rolamento suave e confortável em determinado momento, para quaisquer condições de tráfego.

Como citado anteriormente, no estudo experimental do *AASHO Road Test* foi definido o *Present Serviceability Ratio (PSR)*, pelo qual a condição do pavimento é classificada em uma escala que varia de péssimo a ótimo, por meio da atribuição de notas que variam de 0 a 5, respectivamente. Na Figura 3.1 é apresentado um formulário utilizado para a classificação do índice de serventia atual.

Figura 3.1 - Formulário individual de classificação do índice de serventia atual

É aceitável?		5	—	Muito Bom
Sim	<input type="checkbox"/>	4	—	Bom
Não	<input type="checkbox"/>	3	—	Regular
Indeciso	<input type="checkbox"/>	2	—	Ruim
		1	—	Muito Ruim
		0	—	
Identificação da Seção: _____		Nota: _____		
Avaliador: _____		Data: _____	Horas: _____	Veículo: _____

Fonte: Adaptado de Carey e Irick (1960)

No Brasil, o índice PSR corresponde ao Valor de Serventia Atual (VSA) usado no procedimento DNIT-PRO 009/2003 - Avaliação Subjetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos.

Este procedimento consiste na avaliação do pavimento por um grupo de cinco avaliadores, que, percorrendo o trecho em análise em um veículo trafegando próximo à velocidade limite estabelecida para o trecho, atribuem notas subjetivas variáveis no intervalo de 0 a 5, variando de péssima a ótima. A partir da média de notas de avaliadores encontra-se o VSA, de acordo com os critérios apresentados na Tabela 3.5.

Destaca-se, portanto, a relevância do conceito de serventia na verificação do desempenho dos pavimentos, uma vez que existe uma relação direta entre os dois conceitos. Sendo assim, é importante que sejam realizadas medições periódicas da serventia do pavimento, bem como o apontamento do histórico do tráfego ao longo do tempo, uma vez que, segundo Haas *et al.* (1994), o desempenho do pavimento

pode ser definido pelo histórico de deterioração do conforto ao rolamento oferecido aos usuários.

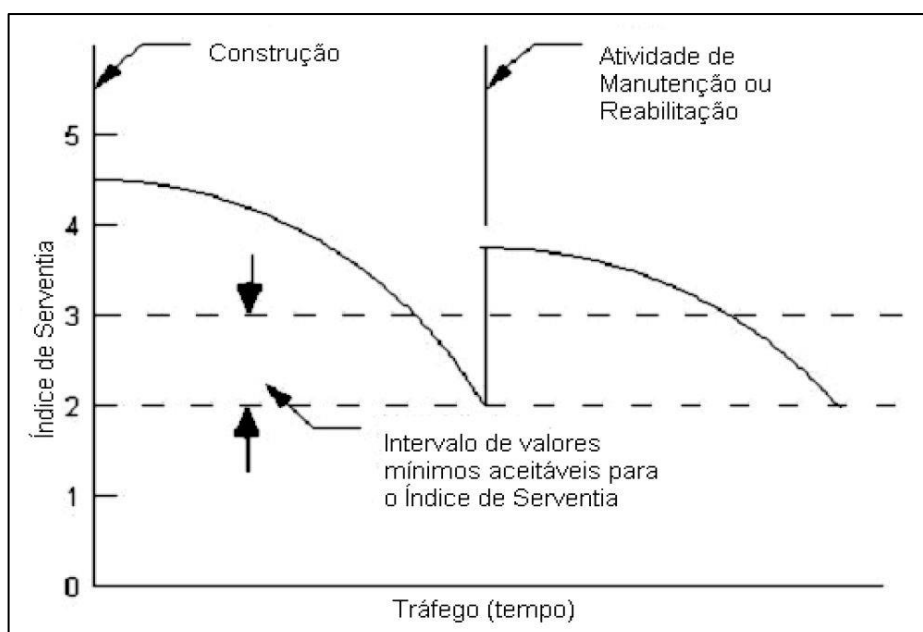
Tabela 3.5 - Valor de Serventia Atual

Valor de Serventia Atual (VSA)	Condição do Pavimento
0 – 1	Péssimo
1 – 2	Ruim
2 – 3	Regular
3 – 4	Bom
4 – 5	Ótimo

Fonte: DNIT 009/2003 - PRO

Atrelado a isso, Zanchetta (2005) ressalta que as intervenções no pavimento aumentam sua vida útil, de modo que se não forem realizadas atividades de manutenção no momento adequado, a serventia diminuirá cada vez mais rápido e, conseqüentemente, o custo sofrerá acréscimos mais significativos. Este esquema de variação da serventia está apresentado na Figura 3.2.

Figura 3.2 - Índice de serventia ao longo do tempo ou com o tráfego acumulado



Fonte: Zanchetta (2005)

3.5.2 Estudos Sobre Avaliações Subjetivas de Pavimentos

No processo de avaliação subjetiva, a constituição da nota está diretamente relacionada ao princípio da captação de estímulos psicológicos por parte do avaliador, como por exemplo, ações do pesquisador que conduz as avaliações, instruções repassadas ao avaliador no processo de avaliação e estímulos externos ao objeto a ser avaliado. A partir do momento em que esses estímulos são processados e percebidos pelo avaliador, um conjunto de percepções é iniciado, o qual é usado na formação e atribuição da nota (DARONCHO; FELEX; FERNANDES JÚNIOR, 2002).

Fontenele, Silva Júnior e Piton (2007) avaliaram a coerência das avaliações subjetivas realizadas por um painel em estradas não pavimentadas do município de São Carlos-SP. Neste estudo, os avaliadores atribuíram notas para a condição superficial de 14 trechos experimentais. As avaliações subjetivas conduzidas foram consideradas coerentes, uma vez que foram alcançados razoáveis coeficientes de correlação entre as notas individuais e a nota média do grupo. Em síntese, os autores concluíram que é possível avaliar as estradas de terra por meio de um painel de usuários, já que as avaliações subjetivas obtidas foram consideradas válidas para representar as condições dos trechos experimentais em estudo.

Levando em consideração as restrições orçamentárias enfrentadas pela maioria dos municípios brasileiros, as avaliações subjetivas surgem como uma excelente opção para a verificação inicial da condição da superfície de pavimentos, constituindo-se uma ferramenta importante para a obtenção de dados da malha viária, propiciando o desenvolvimento de estudos preliminares para a implantação de Sistemas de Gerência de Pavimentos.

Nestes termos, as notas atribuídas pelos usuários podem ser usadas como dados para a avaliação de como a superfície do pavimento de vias urbanas se comportam durante o tráfego de veículos, fornecendo resultados de classificação do estado do pavimento compatíveis com o conforto que os avaliadores sentem advindo do uso das vias. Além disso, essas variáveis podem contribuir na identificação das relações entre a satisfação sentida pelo usuário das vias e as características da estrutura de manutenção de pavimentos (MELO, 1998).

Somado a isso, Melo (1998) ressalta que os avaliadores podem fornecer informações capazes de contribuir para a tomada de decisões sobre as

classificações dos serviços prestados pelos pavimentos. Destaca-se também que a cultura de uma comunidade ao fazer o uso e sentir o conforto proporcionado pelas vias pode ser refletida pelo tipo de formação do grupo de avaliadores.

Justificando que a coleta de dados detalhados da condição do pavimento é extremamente custosa e demorada, Bandara e Gunaratne (2001) estudaram uma abordagem de coleta de dados eficiente e que economiza tempo com base no julgamento subjetivo nos pavimentos asfálticos do Sri Lanka. Foi elaborado um modelo baseado no qual uma equipe de classificação, devidamente treinada, é colocada para avaliar a condição de cada seção da rede de pavimentação da rodovia com base em seu julgamento da gravidade e a extensão aproximada de cada tipo de defeito manifestado nela. Por meio deste modelo, os autores concluem que é factível o uso de avaliações subjetivas para a constatação da qualidade de pavimentos de maneira eficaz e simples.

Outro exemplo de estudo que utiliza a atribuição de notas por avaliadores é o de Daroncho e Felex (2001), os quais coletaram dados de avaliações do pavimento de rodovias vicinais no estado de São Paulo. Foram inspecionados 37 segmentos, nos quais, além de serem quantificados os defeitos observados, foram coletadas notas atribuídas por avaliadores sobre o pavimento. Após a análise dos dados, os autores concluíram que a medição das características de variáveis que descrevem os defeitos da superfície, quando associadas às distribuições de notas atribuídas às viagens em rodovias podem ser úteis para a análise da qualidade de viagens, fornecendo informações que auxiliam na priorização da manutenção de pavimentos.

O processo proposto pelo estudo de Daroncho e Felex (2001) pode ser estendido e aplicado para a classificação de vias urbanas. De acordo com Daroncho, Felex e Fernandes Júnior (2002), as notas atribuídas por avaliadores podem ser utilizadas para alimentação do banco de dados proveniente de avaliações da condição da superfície dos pavimentos urbanos, contribuindo na identificação da relação entre o grau de satisfação dos usuários de ruas e avenidas com as características dos defeitos observados.

Ainda sobre o processo de avaliação de pavimentos urbanos, Shah *et al.* (2013) submeteram 21 seções de vias da cidade de Noida na Índia à inspeção visual por um painel de avaliação. Os componentes do painel realizaram uma avaliação subjetiva de todas as seções, classificando o pavimento conforme sua percepção de conforto. Após o tratamento estatístico realizado nos dados coletados, Shah *et al.*

(2014) ratificaram que as avaliações subjetivas podem ser utilizadas para o desenvolvimento de modelos de índices de desempenho de pavimentos urbanos.

Para que as avaliações subjetivas sejam consideradas satisfatórias e passíveis de serem usadas como dados confiáveis, é importante que estas sejam comparadas com as avaliações objetivas. Desta forma, Taborda Júnior e Magalhães (2014) analisaram a comparação entre os dois tipos de avaliações do pavimento (subjetiva e objetiva) da Avenida Coronel Escolástico em Cuiabá. Os resultados da avaliação objetiva indicaram que o pavimento dos dois trechos em questão foi classificado como péssimo, porém do ponto de vista dos avaliadores os mesmos trechos foram considerados como regulares, ou seja, de maneira geral, o conceito na avaliação subjetiva foi superior comparado ao da objetiva. Os autores explicam isso devido ao fato de que defeitos como trincas e desgastes não são claramente sentidos na avaliação subjetiva, ao contrário de defeitos como as ondulações, buracos, escorregamentos, remendos e afundamentos, os quais evidenciam o desconforto sentido pelo usuário.

Além deste trabalho, Pescador Júnior, Silva Júnior e Fontenele (2018) também compararam as duas formas de avaliar os pavimentos. Segundo eles, as avaliações subjetivas apresentaram resultados próximos aos da objetiva, o que indica que os gestores podem fazer o uso de uma avaliação subjetiva para verificar a condição do pavimento, uma vez que se trata de um procedimento mais rápido e simples.

Entretanto, Pescador Júnior, Silva Júnior e Fontenele (2018) verificaram que a semelhança entre os dois tipos de avaliações estão mais presentes nos trechos em que o PCI apresenta notas medianas (regular e bom). Assim como Taborda Júnior e Magalhães (2014), os autores justificam as diferenças apresentadas entre os dois métodos pelo fato de que os avaliadores não sentem de maneira efetiva a influência de alguns defeitos, mesmo que estes sejam considerados no método objetivo.

Neste contexto, surge o desenvolvimento de ferramentas que auxiliem as avaliações subjetivas, como por exemplo, o uso de escalas visuais. Tendo em vista que este instrumento pode ser utilizado como referência no momento de atribuição das notas, a escala visual pode ser uma forte aliada na condução de avaliações subjetivas de pavimentos, contribuindo para a diminuição das dispersões entre os avaliadores.

4 ESTUDOS SOBRE ESCALAS VISUAIS PARA AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS

A fim de facilitar a avaliação da superfície das vias urbanas *in loco*, foram desenvolvidos estudos para o desenvolvimento de escalas visuais. Um dos aspectos envolvidos nestes estudos é a obtenção de imagens das mais variadas condições da superfície das vias e suas respectivas classificações. Tendo isso em vista, neste trabalho será considerada como “escala visual” toda ferramenta composta por um conjunto de fotografias representativas para cada intervalo de classificação adotado.

Neste capítulo, portanto, serão abordados os estudos de elaboração e uso de escalas visuais que podem auxiliar e servir de referência para os avaliadores nas atribuições de notas. Além disso, será tratada a importância da validação da escala após a sua concepção.

4.1 ELABORAÇÃO E USO DE ESCALAS VISUAIS PARA AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS

O grande marco no segmento de escalas visuais foi o estudo realizado por Hartgen *et al.* (1982), no qual foi realizada, junto ao departamento de transporte da cidade de Nova York, uma avaliação subjetiva das vias pavimentadas da cidade. Após a classificação, as análises realizadas produziram um conjunto de fotografias representativas de cada posição da escala de valores adotada, o que possibilitou a concepção final de uma escala visual.

De maneira semelhante, Fontenele e Fernandes Júnior (2013) aplicaram o mesmo método em seu estudo, elaborando uma escala visual a partir da avaliação da condição da superfície em estradas não pavimentadas.

Outro trabalho desenvolvido nos mesmos moldes dos anteriores foi o de Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013), no qual foi desenvolvida uma escala visual para a avaliação da superfície de vias urbanas pavimentadas após a coleta e submissão de fotos de pavimentos à classificação por um grupo de especialistas.

4.1.1 Escala Visual de Hartgen *et al.* (1982)

Nos anos 80 uma das principais e mais difíceis questões que os analistas de transporte se deparavam era com relação à deterioração das vias pavimentadas.

Com o crescimento do número de veículos que ocorrera e a escassez de recursos, a manutenção dessas vias se tornava cada dia mais um motivo de preocupação.

A fim de encontrar um método rápido, confiável e barato para realizar a avaliação da condição do pavimento, foram elaborados estudos para implementação de novas técnicas para avaliar de modo periódico o pavimento maximizando o investimento dos recursos.

Uma avaliação periódica e precisa das condições dos pavimentos das vias é essencial para descobrir as suas necessidades. Uma importante razão para isso é que tal procedimento levará a melhores decisões sobre as políticas de investimento.

Neste contexto, Hartgen *et al.* (1982), em conjunto com o departamento de transportes da cidade de Nova York, desenvolveram uma pesquisa em que o produto final foi a elaboração de uma escala visual para ser usada nas avaliações subjetivas das vias pavimentadas da cidade.

Para isso, foram obtidas mais de 50 fotografias das vias da cidade para serem classificadas por um grupo de especialistas do departamento de transportes, os quais foram treinados no uso da escala de classificação e nas condições necessárias às classificações.

As fotografias foram repassadas aos avaliadores, os quais as classificaram de acordo com o treinamento a eles repassado. A fim de evitar interferência entre as notas dos avaliadores, foi observado e informado que não seria permitido o contato e troca de informações entre eles.

O grupo avaliou as fotografias numa escala de 0 (zero) a 10 (dez) referente às condições superfície de rolamento, sendo 0 referente à condição péssima e 10 excelente.

Feito isto, além das análises levarem em consideração a consistência na avaliação, consideraram também as fotografias que apresentavam os problemas na superfície de forma bastante evidente para produção de um conjunto de fotografias representativas de cada posição da escala de valores adotada, possibilitando assim a concepção final da escala visual para avaliação da condição dos pavimentos.

4.1.2 Escala Visual Para Vias Não Pavimentadas – Fontenele e Fernandes Júnior (2013)

As estradas não pavimentadas apresentam uma importante contribuição no que diz respeito ao desenvolvimento socioeconômico de uma região, já que tem a função de proporcionar o escoamento agrícola e a integração entre o campo e a cidade através do acesso da comunidade rural aos serviços de saúde, educação e lazer.

Contudo, essa modalidade de estrada se deteriora com mais rapidez quando comparada às estradas pavimentadas, tornando necessária uma constante manutenção que, geralmente, é feita de forma empírica e incorreta, acarretando diversos custos ao usuário (custos operacionais dos veículos, custo com o tempo perdido no percurso, custos com o desconforto e custos de acidentes).

Neste aspecto, Fontenele e Fernandes Júnior (2013), aos moldes de Hartgen *et al.* (1982), elaboraram uma escala visual objetivando contribuir ao procedimento de avaliações subjetivas executadas em estradas não pavimentadas com vistas à aplicação em um sistema de gerência.

Para o desenvolvimento do trabalho, foram obtidas fotografias de vias não pavimentadas para serem classificadas por um grupo de engenheiros especialistas na área de solos e estradas.

A partir da seleção e organização das fotografias coletadas, o grupo de especialistas classificou as imagens quanto à condição da sua superfície dentro de uma escala que variava de 0 (péssima) a 100 (excelente) pontos. Juntamente à classificação foi solicitado aos avaliadores que fizessem uma breve descrição sobre a provável velocidade, vibração e conforto de viagem oferecido pela superfície da fotografia em questão.

A partir das avaliações dos especialistas foram selecionadas as fotografias finais que melhor representavam as categorias da escala de avaliação adotada de modo que a escala visual fosse constituída. Para tanto foi levado em consideração a consistência na avaliação e a menor variância de avaliação, bem como aquelas imagens que apresentavam os problemas na superfície de forma bastante clara.

4.1.3 Escala Visual Para Vias Pavimentadas - Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013)

De maneira semelhante a Hartgen *et al.* (1982) e Fontenele e Fernandes Júnior (2013), Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013), desenvolveram uma escala visual para classificação de vias urbanas, objetivando a obtenção de um método simples e prático para a classificação das condições das vias, permitindo, dessa maneira, que as seções que precisam de melhorias sejam conhecidas e priorizadas.

Para a elaboração da escala visual, fotografias de vias urbanas dos municípios de Londrina - PR e São João da Boa Vista - SP, em diversas condições, foram obtidas e posteriormente submetidas à classificação de um grupo de indivíduos com experiência na área de estradas (professores, engenheiros civis de empresas/órgãos relacionados à pavimentação).

Após uma detalhada revisão, cinquenta e sete fotografias, contendo diversas condições da superfície, foram selecionadas para serem utilizadas na avaliação do grupo de especialistas. Posteriormente, o grupo classificou as imagens quanto à condição da sua superfície dentro de uma escala que variava de 0 (péssima) a 10 (ótima) pontos.

De modo semelhante à Fontenele e Fernandes Júnior (2013), foram selecionadas as fotos finais que melhor representavam as categorias da escala de avaliação adotada, levando em consideração a consistência na avaliação, menor variância de avaliação, bem como aquelas que apresentavam os problemas da superfície de forma bastante clara.

Assim foi constituída a escala visual de imagens relativas às condições das vias urbanas pavimentadas tendo-se duas fotografias para cada intervalo da escala de avaliação considerada no estudo. Aos intervalos de classificação foram aliadas informações quanto à possível velocidade a ser desenvolvida, bem como a qualidade de viagem, a vibração e conforto no trecho sob aquela condição.

A correlação obtida nas avaliações dos especialistas foi de 90% ($R = 0,90$), fato que demonstra a coerência nesta avaliação. Deste modo o autor concluiu que é possível o desenvolvimento de uma escala visual, a qual se torna uma ferramenta simples, prática e confiável para a avaliação das condições das superfícies das vias urbanas.

4.1.4 Uso de escala visual para avaliação de pavimentos de concreto poroso - Golroo e Tighe (2010).

A fim de avaliarem a condição da superfície de pavimentos de concreto poroso, Golroo e Tighe (2010) selecionaram um painel de avaliadores que deveria avaliar 8 seções de pavimentos por meio da análise de fotografias.

Para auxiliar os avaliadores no processo de atribuição de notas, foi desenvolvida uma escala composta por cinco intervalos de classificação: muito bom, bom, regular, ruim e muito ruim. A escala fornecia uma breve descrição e uma imagem ilustrativa para cada um dos cinco intervalos de condição.

Um formulário de avaliação da condição do pavimento foi elaborado, no qual constavam as cinco intervalos de classificação em uma escala de 0 (muito ruim) a 10 (muito bom). Além do formulário, foram coletadas diversas fotografias que representassem as seções a serem avaliadas, as quais foram tiradas a uma altura de 4 m de diferentes ângulos.

A escala visual, as fotos das seções e o formulário de pesquisa foram enviados aos avaliadores por e-mail. A mensagem enviada a cada um dos avaliadores continha também uma explicação do objetivo do estudo, bem como instruções de como proceder às avaliações das fotografias e os fatores que poderiam influenciar no desempenho do pavimento. Os avaliadores receberam uma semana para concluir a pesquisa e devolver o formulário preenchido também por e-mail. Deste modo, todos os membros do painel classificaram as seções individualmente e, portanto, as classificações não foram influenciadas pelos outros avaliadores.

Por fim, os autores concluem que o método de avaliação da superfície de pavimentos de concreto poroso por um painel de avaliadores usando uma escala visual como referência foi aplicado com sucesso, mostrando-se como uma alternativa eficiente para a coleta de dados da condição de pavimentos.

4.2 VALIDAÇÃO DE ESCALAS VISUAIS

De acordo com o trabalho de Hartgen *et al.* (1982), é imprescindível que, após a elaboração de uma escala visual, esta seja validada e testada a fim de verificar a eficiência de seu uso na avaliação superficial de pavimentos. Pois a partir de um

resultado positivo, é viabilizado o uso de um método simples para auxiliar na classificação da superfície de pavimentos de vias urbanas, de modo a contribuir ao procedimento de avaliações subjetivas, com vistas à aplicação em um SGPU.

4.2.1 Validação da escala de Hartgen *et al.* (1982)

Depois de concebida a escala visual, Hartgen *et al.* (1982) realizaram um processo de validação a fim de analisar os seguintes fatores:

- A interferência do número de avaliadores no processo de desenvolvimento da escala;
- A consistência entre as avaliações dos especialistas;
- A estabilidade da escala ao longo do tempo, ou seja, constatar se os avaliadores são capazes de reproduzir suas classificações originais depois de decorrido um período.

Neste processo, os autores concluíram que o número de especialistas não tem grande interferência quanto à consistência das avaliações, uma vez que a consistência entre as avaliações com 8 e 15 apresentaram valores próximos entre si. Outro ponto importante a ser analisado foi a estabilidade das avaliações ao longo do tempo. Para tanto, 2 meses após a primeira avaliação das fotos, o grupo de 8 especialistas receberam as 50 fotos selecionadas para uma reavaliação. Após a avaliação, foi obtido um coeficiente de correlação de 95% ($r = 0,95$), o que indica uma alta correlação e um elevado grau de conformidade entre os avaliadores, evidenciando que a escala é estável ao longo do tempo e pode ser utilizada (com treinamento) de forma confiável.

Além disso, uma segunda análise foi realizada para testar as diferenças entre os avaliadores, sendo conduzida por meio de uma análise de variância (ANOVA). Sendo assim foram verificadas três possíveis causas para as variações das avaliações, as próprias fotografias, os avaliadores e o tempo decorrido. Os resultados permitiram concluir que a variação entre as fotografias é significativamente maior do que a variação atribuível aos juízes ou tempo decorrido entre os testes. Sendo assim, após a análise, os autores destacam que no uso real da escala, as diferenças entre os avaliadores provavelmente são pequenas e podem ser eliminadas com o treinamento em campo.

Desta forma, após todo o processo de validação, Hartgen *et al.* (1982) constataram a confiabilidade da escala produzida, de modo que a sua aplicação para avaliação das condições da superfície das vias urbanas se mostrou uma ótima ferramenta para auxiliar nas questões relativas à manutenção e recuperação das vias. Salientaram, no entanto que para um bom desenvolvimento e aplicação desse método, o treinamento dos envolvidos é de fundamental importância.

4.2.2 Validação da escala de Fontenele e Fernandes Júnior (2013)

Para o processo de validação da escala visual de Fontenele e Fernandes Júnior (2013) em escritório, foram formados dois painéis de avaliadores. O primeiro painel era composto por 12 pessoas, às quais foi explicado como o processo de avaliação deveria ser feito. Para o outro painel, formando por 9 pessoas, além das informações básicas de como a avaliação deveria acontecer, foi aplicado um treinamento detalhado com base na escala visual que fora desenvolvida.

Após a submissão das fotografias aos avaliadores para a avaliação, os resultados obtidos entre ambos os painéis, treinados com base na escala visual de vias não-pavimentadas e os não treinados, foram muito próximos. A correlação das avaliações dos indivíduos treinados foi de 84%, enquanto dos indivíduos não treinados foi de 82%.

Assim, Fontenele e Fernandes Júnior (2013) concluíram que a elaboração de uma escala visual para classificação de estradas não pavimentadas pode ser aplicada com boa eficácia, e que ambas as formas de avaliação, com ou sem treinamento (adoção da escala visual como referência), podem ser utilizadas, pois a coerência oriunda da avaliação com ambos os procedimentos foram muito próximas.

4.2.3 Teste em escritório da escala de Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013)

No trabalho de Pereira *et al.* (2013) a escala desenvolvida por Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013) foi testada em escritório por meio da avaliação de fotografias. Para tanto, foram selecionados dois painéis de avaliadores (treinado e não treinado), cada um constituído por 11 componentes. Ao painel não treinado foram oferecidas apenas instruções básicas de como o processo de avaliação

deveria ser realizado e ao treinado, além dessas instruções, foi dado um treinamento detalhado a partir da escala visual.

As instruções básicas consistiam em transmitir o que deveria ser levado em consideração na atribuição das notas bem como as condições necessárias para tal (não existe avaliação certa ou errada; anotação das notas em formulários individuais; apenas a superfície atual do pavimento deve ser considerada; distrações durante a avaliação devem ser evitadas; não se deve haver interação entre os membros do painel).

Para o painel treinado além das instruções básicas supracitadas, a escala visual foi apresentada como referencial para que houvesse o nivelamento dos membros constituintes do painel, a fim de treiná-los no que diz respeito ao que deveria ser considerado ótimo, bom, regular, ruim e péssimo.

Para o procedimento de avaliação, foram coletadas 60 fotografias das mais variadas condições de pavimentos urbanos, as quais foram apresentadas e submetidas à avaliação pelos dois painéis em dias distintos. Conforme julgamento individual, os componentes de ambos os painéis atribuíram notas de 0 (péssima) a 10 (ótima) a todas as fotografias, anotando-as em um formulário individual previamente fornecido.

Após a submissão das fotografias à avaliação dos painéis treinado e não treinado, Pereira *et al.* (2013) concluíram que a correlação foi satisfatória e com pequena diferença. Além disso, destacaram que, para o desenvolvimento de uma análise mais detalhada, é importante fazer o mesmo procedimento em campo e confrontar os resultados a fim de verificar possível divergência dos obtidos anteriormente.

5 MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo, o método usado ao longo da pesquisa é abordado em detalhes. São descritas as etapas desenvolvidas para o estudo de validação e ajustes da escala visual desenvolvida por Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013) para avaliação condição da superfície de pavimentos urbanos.

Para isso, este trabalho foi dividido em duas grandes etapas, as Fases 1 e 2. A Fase 1 contempla todas as atividades necessárias para os testes e validação da referida escala, enquanto que a Fase 2 engloba as atividades decorrentes da análise dos resultados da fase anterior, desde a elaboração da nova proposta para escala visual até a sua aplicação em campo em novas avaliações. Sendo assim, para distinção entre as escalas utilizadas nas duas fases da pesquisa, foi adotada a nomenclatura “Escala Visual Original” para se referir à desenvolvida por Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013) e “Escala Visual Ajustada” para se referir à escala visual que foi estabelecida depois de realizados os devidos ajustes.

Feitas as distinções entre as etapas da pesquisa, neste item são tratadas as questões relativas à seleção das vias que foram avaliadas, a delimitação das unidades amostrais (UAs), a formação de dois painéis de avaliadores para as avaliações subjetivas, bem como os procedimentos necessários para a condução da avaliação objetiva.

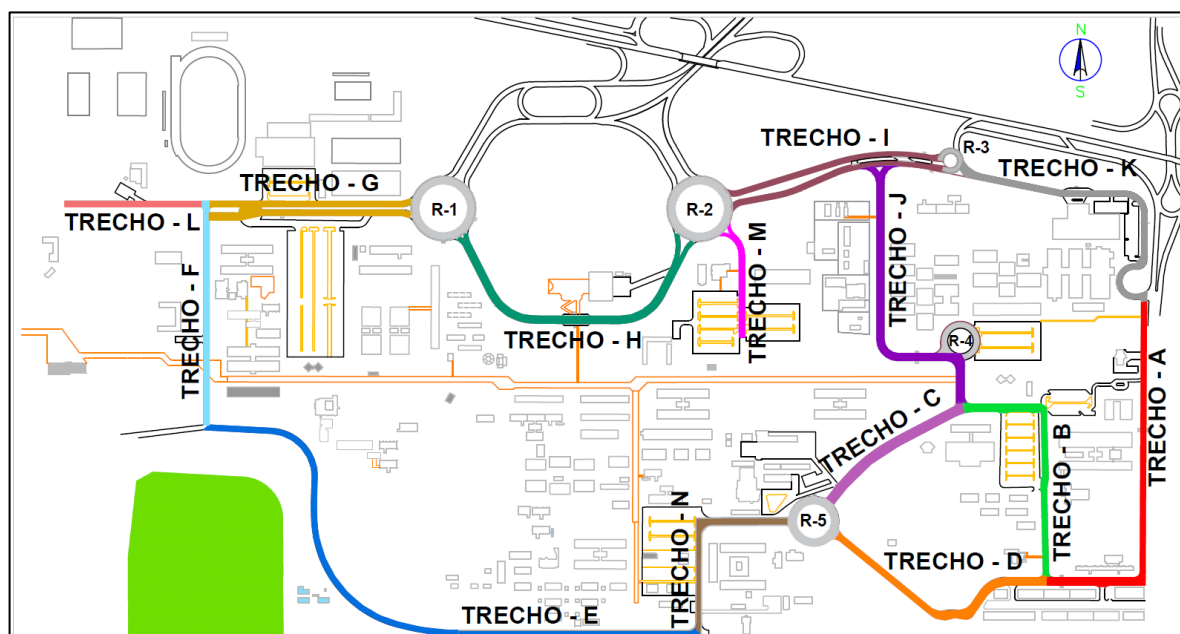
A partir da coleta dos dados relativos às avaliações das UAs, são detalhadas as análises realizadas por meio de estatística descritiva (média, desvio padrão, coeficiente de variação), da correlação entre as notas e dos testes estatísticos de Mann-Whitney e de Friedman. Ainda com relação às avaliações subjetivas, é apresentada a comparação entre as avaliações realizadas em escritório e em campo utilizando a escala visual de Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013). Além disso, são abordadas as análises comparativas entre os dados advindos da avaliação subjetiva e objetiva.

5.1 SELEÇÃO DAS VIAS E DELIMITAÇÃO DAS UNIDADES AMOSTRAIS

O *campus* da Universidade Estadual de Londrina (UEL) apresenta diariamente um fluxo intenso de pessoas, de modo que suas vias são solicitadas pelo tráfego não só de veículos leves, mas também os pesados, como caminhões de manutenção e ônibus para o transporte coletivo. Sendo assim, o campus em questão pode ser considerado uma minicidade e, por este motivo, a rede viária da universidade foi escolhida como o campo experimental desta pesquisa.

Conforme as intersecções das vias dos pavimentos, a malha viária do *campus* foi dividida em 19 trechos, sendo que 5 são correspondentes às rotatórias. A identificação e separação dos trechos estão representadas na Figura 5.1. Cada trecho foi dividido em porções menores de área, denominadas seções e estas em parcelas ainda menores, as unidades amostrais (UAs).

Figura 5.1 - Malha viária do *campus* com os trechos delimitados



Fonte: adaptado de Ignácio *et al.* (2018)

Para a divisão das unidades amostrais foi levado em conta o fato de que as vias possuem diferentes concepções no que diz respeito ao número de faixas de rolamento e, conseqüentemente, diferentes larguras a serem consideradas.

Sendo assim, para a divisão das unidades amostrais foram seguidas as recomendações propostas por ASTM (2018), de forma a atender o intervalo de área

de 135 a 315 m². Tendo em vista as características e restrições das vias, foram delimitadas 199 UAs variando-se as larguras e os comprimentos conforme as necessidades impostas.

Além disso, vale ressaltar que para o desenvolvimento do trabalho não foram consideradas as áreas destinadas aos estacionamentos, de modo que a extensão da malha do *campus* avaliada foi de aproximadamente 7.500 metros.

5.2 FASE 1

Neste item do trabalho são apresentadas todas as atividades relativas ao teste e validação da Escala Visual Original, ou seja, as etapas que constituíram a primeira fase da pesquisa.

5.2.1 Seleção dos Painéis de Avaliadores

A fim de constituir dois painéis de avaliação, foram selecionados 14 avaliadores, de modo que cada painel foi composto por 7 componentes (4 do sexo masculino e 3 do feminino), sendo todos eles alunos do curso de graduação em Engenharia Civil da UEL.

Para ambos os painéis foram transmitidas instruções básicas a respeito de como o procedimento de avaliação subjetiva das UAs deveria ser realizado. As informações repassadas aos avaliadores foram baseadas na especificação do DNIT 009/2003-PRO e adaptadas em função das condições específicas adotadas nesta pesquisa.

A diferenciação dos dois painéis se deu pelo fato de que ao painel_{info_básica} foram passadas apenas estas informações básicas, enquanto que ao painel_{escala_visual}, além destas, foi apresentada a escala visual de Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013). Sendo assim, para o painel_{escala_visual} foram mostradas as fotos representativas para cada um dos intervalos de classificação (ótimo, bom, regular, ruim e péssimo) a fim de que os avaliadores deste painel tivessem um referencial a ser utilizado na avaliação subjetiva. Além da exposição da escala, bem como a explicação das características de cada um dos intervalos adotados nesta, foram sanadas possíveis dúvidas dos avaliadores.

A escala visual utilizada como referência nesta pesquisa foi elaborada por Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013) com o auxílio de especialistas da área de transportes. A escala é composta por cinco intervalos de classificação (ótimo, bom, regular, ruim e péssimo), contemplando ao todo 10 fotografias, sendo duas representativas de cada um dos intervalos adotados para a avaliação da superfície da malha viária urbana. Para fins de comparação das notas atribuídas pelos avaliadores com as notas obtidas pelo método PCI, a escala original (0 – 10) foi ajustada para o intervalo de 0 a 100. Na Figura 5.2 é apresentada a escala visual adaptada de Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013) e na Tabela 5.1 as características referentes a cada intervalo de classificação.

Tabela 5.1 - Características da superfície relacionadas aos intervalos da escala de classificação

Nota	Classificação	Característica
80 - 100	Ótima	Alta qualidade de viagem; pequena/nenhuma redução da velocidade; pouca vibração do veículo e pequeno/nenhum desconforto na viagem.
60 - 80	Boa	Alta qualidade de viagem; pequena/nenhuma redução da velocidade; pouca/média vibração do veículo e pequeno/nenhum desconforto na viagem.
40 - 60	Regular	Média qualidade de viagem; Média redução da velocidade; Média vibração do veículo e Médio desconforto na viagem.
20 - 40	Ruim	Baixa qualidade de viagem; Grande redução da velocidade; Muita vibração do veículo e Grande desconforto na viagem.
0 - 20	Péssima	Baixa qualidade de viagem; Grande redução da velocidade; Muita vibração do veículo e Grande desconforto na viagem.

Fonte: Adaptado de Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013)

Figura 5.2 - Escala Visual para Avaliação de Vias Urbanas



Fonte: Adaptado de Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013)

5.2.2 Avaliação Subjetiva

A fim de testar a escala visual como referencial em avaliações subjetivas, o procedimento experimental constitui-se em mais de uma avaliação por painel, ou seja, os mesmos painéis avaliaram as mesmas unidades em uma segunda oportunidade para verificação da estabilidade da escala ao longo do tempo. Desta forma, neste trabalho o termo estabilidade se refere a como os resultados de correlação das notas, desvio padrão e coeficiente de variação das unidades amostrais variam ao longo do tempo.

Anteriormente à avaliação, foram passadas aos membros de ambos os painéis instruções de como proceder às avaliações subjetivas, tais como: não há classificação certa ou errada; levar em consideração o conforto que a superfície proporciona; considerar o atual estado da superfície; não avaliar o projeto geométrico da via; não levar em consideração as notas atribuídas anteriormente; desconsiderar a sinalização da via; evitar distrações.

A avaliação subjetiva foi realizada simultaneamente com os dois painéis de avaliadores por meio de caminhada pelas vias do *campus* universitário. Os levantamentos foram realizados aos finais de semana devido ao menor volume de tráfego, sendo avaliadas, em média, 66 UAs por dia.

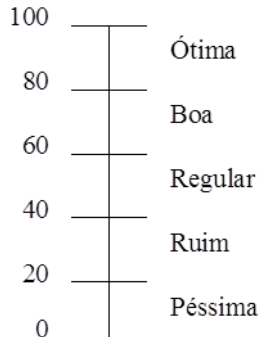
Para cada membro do painel foi entregue um formulário, o qual o avaliador deveria preencher com seu número de identificação, data, horário, bem como as notas atribuídas às UAs no espaço correspondente. O formulário individual está apresentado na Figura 5.3.

Para o painel_{escala_visual}, além do formulário, a escala visual de Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013) foi entregue impressa para servir como referencial no procedimento de atribuição das notas.

Com o objetivo de verificar a estabilidade da escala visual ao longo do tempo, passados 3 meses da primeira avaliação, foram repetidos os procedimentos de avaliação subjetiva de todas as UAs com os mesmos integrantes dos dois painéis, estabelecendo assim uma segunda avaliação das UAs.

Vale destacar que neste intervalo de tempo, vários trechos sofreram intervenção e foram totalmente recapeados, de modo que, para comparação com o PCI, foram utilizados os dados apenas da primeira avaliação subjetiva.

Figura 5.3 - Formulário individual para avaliação subjetiva

AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DA SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS					
Avaliador:					
Data:		Hora início:		Hora término:	
Escala de notas para classificação da condição da superfície do pavimento:					
					
Nº UA	Nota	Nº UA	Nota	Nº UA	Nota
01		05		09	
02		06		10	
03		07		11	
04		08		12	

Fonte: o próprio autor

5.2.3 Avaliação Objetiva – Método PCI

Considerando a revisão bibliográfica consultada, em especial a apresentada no item 3.4.2 deste trabalho, optou-se pelo uso do método *Pavement Condition Index* – PCI para a avaliação objetiva da malha viária do *campus*.

Para escolha do PCI foram levados em consideração os seguintes motivos:

- Ser um método simples na etapa de levantamento dos dados em campo;
- Ser um dos métodos mais utilizados no mundo para avaliação da condição da superfície, inclusive em vias urbanas;
- Se mostrar mais rigoroso quando comparado com outros métodos;
- Representar de maneira mais fiel à verdadeira condição do pavimento, tendo em vista o modo com que é abordado e o nível de detalhamento exigido em seus cálculos;

- Ser, dentre os métodos objetivos, o mais completo e apropriado para a avaliação de pavimentos urbanos.

Escolhido o método a ser seguido, as informações coletadas foram referentes aos defeitos encontrados na superfície do pavimento das unidades amostrais de acordo com ASTM (2018).


A coleta de dados foi realizada por meio de caminhada pela malha viária da Universidade, de modo que o tipo, a quantidade e severidade de cada defeito encontrado foram registrados individualmente para cada unidade amostral. Semelhantemente às avaliações subjetivas, as objetivas também aconteceram aos finais de semana devido ao baixo fluxo de automóveis e contaram com a participação dos integrantes dos painéis de avaliação, bem como dos alunos de mestrado da área de infraestrutura de transportes.

É importante destacar que as avaliações objetivas aconteceram depois de terminada a primeira avaliação subjetiva, pois ao mensurar os defeitos encontrados nas UAs antes de realizar a avaliação subjetiva, os avaliadores poderiam sofrer uma influência no momento da atribuição das notas subsequentes. O modelo das planilhas utilizadas para o registro das informações referentes a cada tipo de defeito está apresentado na Figura 5.4.

Após a identificação dos defeitos e as severidades presentes no pavimento, o procedimento de cálculo foi seguido conforme ASTM (2018). A partir da análise das curvas de valores-dedução, foi obtido o valor-dedução (VD) para cada defeito. Para encontrar o valor-dedução total (VDT) foram somados todos os valores-dedução da UA. Depois de encontrado o VDT, obteve-se o valor-dedução corrigido (CDV) partir da análise de gráficos com as curvas de correção. Por fim, o valor do PCI é encontrado subtraindo-se o CDV de 100.

Destaca-se que para a determinação dos valores finais do PCI para as UAs foram atendidas às recomendações propostas por ASTM (2018) no que diz respeito às combinações nos casos em que os defeitos apresentassem mais de uma severidade. As combinações foram realizadas conforme descrito no item 3.4.2, de modo a ser estabelecido o PCI final como o maior valor obtido após as combinações.

Figura 5.4 - Modelo de planilha para anotações de defeitos do pavimento

Trecho:		Seção:	
Data:		Unidade Amostral:	
Avaliador:		Área da Amostra:	
<p align="center">Tipos de Defeitos:</p> 1. Trincas por fadiga 2. Exsudação 3. Trincas em bloco 4. Saliências e deformações 5. Corrugação 6. Depressão 7. Trincas na borda 8. Trincas por propagação de juntas 9. Desnível entre a pista e o acostamento 10. Trincas longitudinais e transversais 11. Remendo 12. Agregado polido 13. Buracos 14. Passagem de ferrovia 15. Afundamento de trilha de roda 16. Deformação plástica do revestimento 17. Trincas parabólicas 18. Empolamento 19. Desintegração 20. Intemperismo		<p align="center">Desenho:</p> 	
Tipos de defeitos: Comprimento/Área e Severidade			
Tipo:			
Comprimento/Área e Severidade			
Total			
Baixo			
Médio			
Alto			
Cálculo do PCI			
Tipo de defeito	Densidade (%)	Severidade	Valor-dedução
q =	Valor-dedução total =		
Valor-dedução corrigido (CDV) =			
			PCI = 100 - CDV PCI = Classificação:

Fonte: Adaptado de ASTM (2018)

Para a obtenção dos valores de PCI dos trechos, foram calculadas as médias dos valores obtidos para as unidades amostrais pertencentes a cada trecho. Com estes valores, os trechos foram classificados quanto à condição do pavimento segundo os limites dos intervalos apresentados na Tabela 3.3.

Para analisar uma comparação com o método subjetivo, os valores do PCI foram correlacionados com as notas subjetivas atribuídas pelos painéis para cada uma das 199 UAs.

Além da correlação entre as notas das unidades amostrais, foram analisados os resultados referentes aos trechos por meio da correlação entre os valores do PCI e as notas subjetivas apresentadas por cada em deles.

5.2.4 TRATAMENTO DOS DADOS

Nesse item é abordado o tratamento realizado a partir dos dados coletados em campo. Para analisar a coerência e homogeneidade de cada painel na avaliação subjetiva verificou-se a média das notas, o desvio padrão e o coeficiente de variação para cada unidade amostral, bem como o coeficiente de correlação entre as notas dos avaliadores. Além disso, para comparar as avaliações dos dois painéis de avaliação foram realizados os testes não paramétricos de Mann-Whitney e de Friedman.

Para a comparação entre as avaliações subjetivas e objetivas foi verificada a correlação existente entre as notas subjetivas dadas pelos painéis e o índice de condição obtido pelos defeitos observados na superfície do pavimento (PCI).

5.2.5 Análise da Coerência das Notas das Avaliações Subjetivas e Estabilidade da Escala ao Longo do Tempo

Para a análise das notas subjetivas foram encontradas as notas de cada unidade amostral obtidas pela média das notas atribuídas pelos avaliadores de cada painel. Foram então elaborados os gráficos de dispersão com as notas individuais e as notas médias de cada unidade amostral, extraído daí as correlações obtidas em cada um dos dois painéis.

Além da análise da correlação dos dois painéis, foram analisados os valores de desvio padrão de cada uma das unidades amostrais. Assim como Fontenele, Silva Júnior e Piton (2007) e Pereira *et al.* (2013), foi considerado 10% da escala numérica de avaliação como o valor aceitável para o desvio padrão.

Deste modo, a fim de verificar a diferença entre os resultados dos dois painéis, foram construídos gráficos para cada um dos trechos com os valores obtidos em suas respectivas unidades.

Ainda com relação aos desvios, para constatar em quais intervalos de classificação da escala visual os resultados eram mais críticos, foram elaborados gráficos de desvio padrão das unidades separadas por classificação.

Para classificação da condição foram utilizados os intervalos referentes à escala proposta por Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013), conforme a Tabela 5.1.

A análise descrita neste item foi realizada para as duas avaliações subjetivas a fim de comparar os resultados obtidos decorridos três meses da primeira avaliação para a verificação da estabilidade da escala ao longo do tempo.

5.2.6 Análise Comparativa das Avaliações dos dois Painéis

Com o intuito de comparar os dois painéis, foram realizados testes estatísticos a fim de verificar se os dois tipos de avaliações são equivalentes ou não. Em função da não normalidade das notas dos dois painéis foi realizada uma análise a partir do teste não paramétrico de Mann-Whitney.

Além do teste já citado, a fim de controlar as diferenças de condições de unidade para unidade, foi realizada uma análise com delineamento em blocos casualizados, onde cada unidade amostral foi considerada como um bloco e os painéis como tratamentos. Uma vez mais, as condições para análise paramétrica não foram atendidas e, portanto, foi escolhido o teste não paramétrico de Friedman.

5.2.6.1 Teste Mann-Whitney

O teste de Mann-Whitney não exige distribuição normal e homogeneidade de variâncias e, portanto, foi utilizado para verificar se os dois painéis de avaliações foram ou não extraídos de uma mesma população.

Sendo assim, pelo teste verifica-se a igualdade das medianas dos dois painéis, de modo que para uma maior separação dos dados em conjunto, considera-se que os painéis são distintos e, portanto, rejeita-se a hipótese de igualdade das medianas.

O teste foi aplicado para comparar os dois painéis nas duas avaliações realizadas, verificando, ao nível de significância 0,05 ($\alpha = 5\%$), as seguintes hipóteses:

H₀: Não existe diferença significativa entre os dois painéis;

H₁: Os dois painéis diferem entre si.

De modo que ao aceitar H₀, pode-se afirmar, ao nível de significância de 5%, que os dois painéis não apresentam diferenças significativas e, conseqüentemente, pode-se dizer que foram extraídos de uma mesma população.

A análise de aceitação ou não da hipótese nula se dá por meio da verificação do p-valor, ou seja, se p-valor é maior que o nível de significância estabelecido, aceita-se H_0 .

5.2.6.2 Teste Friedman

O teste de Friedman não exige as condições de distribuição normal, igualdade de variâncias dos resíduos e aditividade, e por esse motivo foi utilizado neste estudo para análise em delineamento em blocos casualizados.

Para minimizar o efeito decorrente de uma possível heterogeneidade na área experimental, neste tipo de teste a área heterogênea é repartida em parcelas homogêneas, as quais são denominadas blocos casualizados. Além disso, no teste de Friedman os tratamentos são definidos como as condições impostas ao objeto que o pesquisador deseja avaliar no experimento.

Tendo em vista a heterogeneidade das unidades amostrais relativa às diferentes condições do pavimento, optou-se pela aplicação deste, uma vez que a intenção é constatar apenas o efeito dos tratamentos, ou seja, a influência do uso da escala visual. Sendo assim, foram consideradas como blocos as unidades amostrais e como tratamentos os dois painéis, ou seja, $\text{painel}_{\text{info_basica}}$ e $\text{painel}_{\text{escala_visual}}$.

Semelhante ao teste anterior foram verificadas as duas hipóteses ao nível de significância 0,05 ($\alpha = 5\%$):

H_0 : Não existe diferença significativa entre os dois painéis;

H_1 : Os dois painéis diferem entre si.

Do mesmo modo do teste de Mann-Whitney, aceita-se H_0 quando o p-valor calculado é maior que o nível de significância e, conseqüentemente, os dois painéis não apresentam diferenças significativas.

5.2.7 Análise Comparativa entre as Avaliações Subjetivas Realizadas em Campo e as Realizadas em Escritório por Pereira *et al.* (2013)

Os resultados do $\text{painel}_{\text{info_basica}}$ e $\text{painel}_{\text{escala_visual}}$ obtidos nas avaliações em campo foram comparados com os resultados obtidos no trabalho de Pereira *et al.* (2013) realizado por avaliação de fotografias em escritório.

Assim, foram comparadas a coerência e homogeneidade por meio da verificação das correlações das notas subjetivas e valores de desvio padrão obtidas nos dois tipos de validação da escala visual, em escritório e em campo.

Apenas os dados da primeira avaliação deste trabalho foram comparados com os valores da pesquisa de Pereira *et al.* (2013), já que o trabalho citado contempla apenas uma repetição da avaliação subjetiva.

5.3 FASE 2

Após a análise dos dados obtidos na Fase 1, notou-se que algumas adaptações seriam necessárias na Escala Visual Original proposta por Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013). Sendo assim, a Fase 2 deste trabalho engloba as atividades realizadas depois desta análise, ou seja, são abordadas neste item a elaboração da nova proposta da escala visual e as etapas que foram executadas a partir de sua utilização.

5.3.1 Elaboração da Nova Proposta da Escala Visual

A análise dos dados da Fase 1 possibilitou o direcionamento de quais modificações seriam necessárias na Escala Visual Original. Sendo assim, foram realizadas intervenções a partir da troca ou ajuste das fotos originais. Para tanto, alguns critérios foram estabelecidos para nortear as adaptações da escala em questão:

- Troca ou ajuste de fotos que apresentassem sombras isoladas que comprometessem a visualização e identificação da condição da superfície do pavimento em questão;
- As fotos elegíveis para substituir as originais deveriam estar no banco de dados usado por Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013) no desenvolvimento da Escala Visual Original, ou seja, todas as fotos passíveis de serem utilizadas foram submetidas ao mesmo procedimento de avaliação das fotos originais;
- Dentre todas as fotos disponíveis no banco de dados da pesquisa original, foram escolhidas as que se enquadrassem no limite de notas conforme cada intervalo de classificação da escala adotada nesta pesquisa;

- Devido ao fato da escala original apresentar, em alguns intervalos, fotos com notas muito próximas, foi adotado como critério a escolha de novas fotografias que apresentassem notas mais distanciadas, de forma a aumentar a diferença relativa entre elas para que o usuário da escala pudesse ter uma amplitude mais elevada de notas para um mesmo intervalo de classificação;
- Foi dada preferência para as fotos que não apresentassem significativas áreas sombreadas;
- Das fotos que se enquadrassem nas características supracitadas, foram sempre escolhidas as que apresentassem os menores valores de desvio padrão.

5.3.2 Seleção dos Novos Painéis de Avaliadores

Devido ao fato de que sete avaliadores da Fase 1 não tiveram disponibilidade para continuar como integrantes de seus respectivos painéis, foi necessária uma nova seleção para suprir os postos que ficaram vagos.

Sendo assim, foram selecionados cinco novos membros para constituir os dois painéis de avaliação ($\text{painel}_{\text{info_básica}}$, $\text{painel}_{\text{escala_visual}}$), totalizando 12 avaliadores. Deste modo, nesta segunda fase da pesquisa, cada painel foi composto por 6 componentes (3 do sexo masculino e 3 do feminino), todos alunos do curso de graduação em Engenharia Civil da UEL.

Da mesma forma que para Fase 1, para ambos os painéis foram transmitidas instruções básicas a respeito de como o procedimento de avaliação subjetiva das UAs deveria ser realizado, de modo que a diferenciação se deu pelo fato de que ao $\text{painel}_{\text{escala_visual}}$, além destas, foi exibida a Escala Visual Ajustada que está apresentada no item 6.2 deste trabalho.

5.3.3 Nivelamento dos Avaliadores em Escritório

Depois de realizados os devidos ajustes e estabelecida a Escala Visual Ajustada, a fim de melhorar a assimilação da nova escala visual, foi realizado um nivelamento com o $\text{painel}_{\text{escala_visual}}$ por meio da apresentação da escala por projetor multimídia em uma sala da universidade. Após a apresentação inicial da nova

escala, foram repassadas as instruções básicas do método subjetivo para que fosse estabelecida a avaliação inicial de 10 fotografias das mais variadas condições de pavimentos urbanos advindas do banco de dados de Pereira *et al.* (2013).

Esta avaliação inicial foi dada pela apresentação das fotos por meio de projeção em multimídia, de modo que os avaliadores atribuíssem suas respectivas notas, registrando-as em formulários individuais previamente entregues. Terminada a avaliação individual, os avaliadores do painel interagiram entre si a fim de compartilharem suas notas. A troca de informações e a discussão entre os avaliadores ocorreram para que estes entrassem em consenso de qual nota representava de maneira adequada a condição do pavimento, ou seja, neste momento a nota de cada uma das fotos foi dada em conjunto e de comum acordo para que houvesse um nivelamento entre os membros.

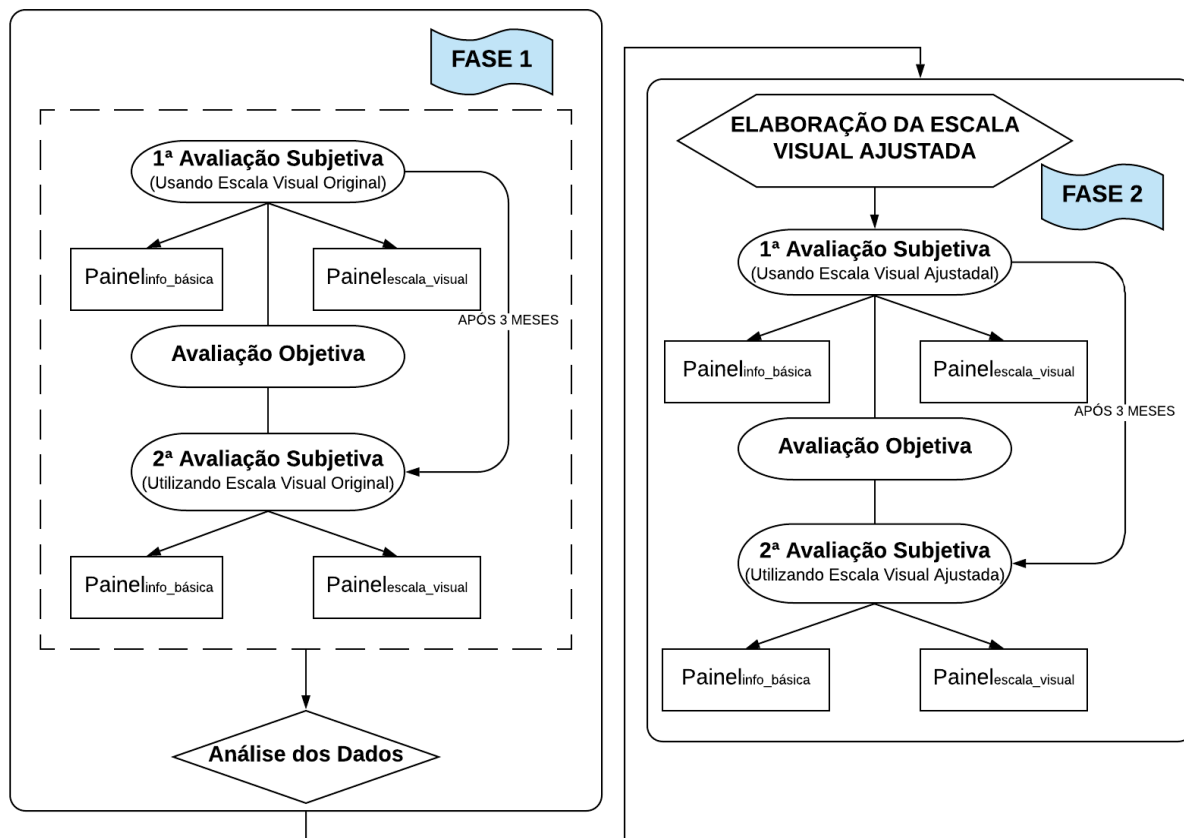
Feito isso, nos mesmos moldes da avaliação inicial, o painel_{escala_visual} avaliou outras 20 fotografias sem que houvesse qualquer interação entre os avaliadores, ou seja, de maneira individual.

5.3.4 Avaliações Subjetivas e Objetivas das UAs

Depois de realizadas as avaliações em escritório, os procedimentos experimentais realizados na Fase 1 desta pesquisa foram repetidos, de modo que todas as UAs foram novamente avaliadas em campo pelos métodos subjetivo e objetivo, os quais já foram detalhados nos itens 5.2.2 e 5.2.3.

Em síntese, as etapas de avaliações das duas fases da pesquisa estão organizadas e apresentadas no fluxograma da Figura 5.5.

Figura 5.5 - Fluxograma das etapas de avaliação das Fases 1 e 2



Fonte: o próprio autor

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir das avaliações do pavimento da malha viária do *campus* da Universidade Estadual de Londrina. O capítulo está subdividido em três tópicos, o primeiro é referente à análise das avaliações da Fase 1 (utilizando a Escala Visual Original), o segundo ao ajuste da escala visual, bem como à análise das avaliações a partir da sua utilização em campo e o terceiro referente à comparação dos resultados obtidos entre a Fase 1 e Fase 2.

No que se refere às análises estatísticas, são apresentadas as análises de coerência das notas das avaliações subjetivas que foram realizadas por meio de estatística descritiva (média, desvio padrão e coeficiente de variação), bem como as correlações entre as notas individuais e as notas dos painéis. São apresentados os resultados para a primeira e segunda avaliação, pelos quais foi verificada a estabilidade da escala ao longo do tempo.

Ademais, são apresentados os resultados da análise comparativa entre os dois painéis de avaliadores pelos testes não paramétricos de Mann-Whitney e de Friedman. Somado a isso, são tratadas as análises de comparação entre as avaliações subjetivas realizadas em campo neste trabalho com as realizadas em escritório por Pereira *et al.* (2013). Por fim é abordada a comparação entre as avaliações subjetivas e objetivas.

6.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS AVALIAÇÕES DA FASE 1

Neste item do trabalho são apresentados os resultados das análises estatísticas referentes às avaliações da Fase 1, desde a coerência entre as notas das avaliações subjetivas, a aplicação de testes de hipótese para testar o efeito dos tratamentos propostos, até a comparação entre os métodos subjetivo e objetivo.

6.1.1 Análise da Coerência das Notas das Avaliações Subjetivas e Estabilidade da Escala ao Longo do Tempo

Neste tópico são apresentadas as análises de coerência das notas das avaliações subjetivas dos dois painéis de avaliação. Para isso, são expostos os

resultados referentes à correlação entre as notas individuais e as médias dos painéis, os valores de desvio padrão, bem como os coeficientes de variação para cada uma das unidades amostrais.

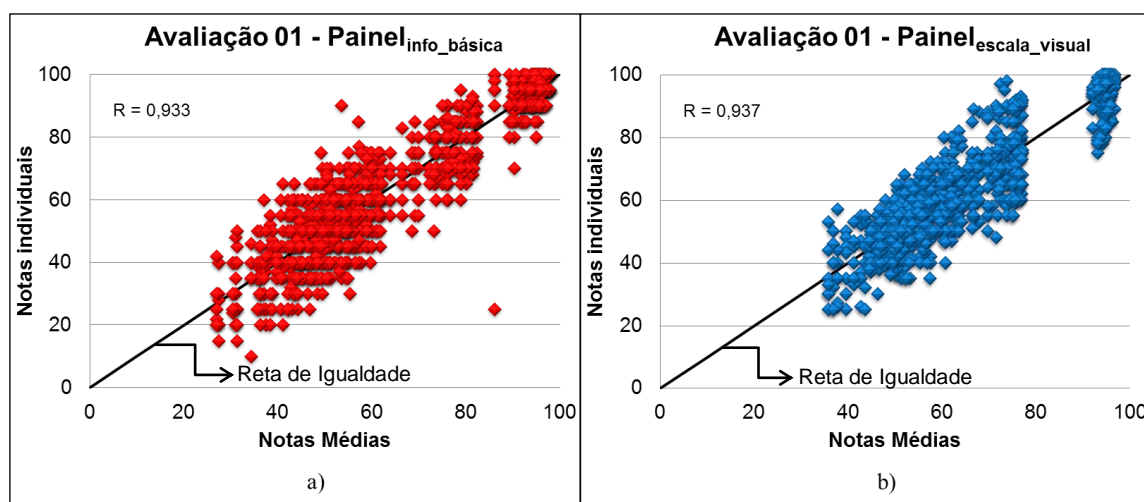
Além disso, a fim de constatar os intervalos de classificação da Escala Visual Original que apresentem possíveis deficiências, os valores de desvio padrão e coeficiente de variação foram apresentados em gráficos de barras separadas por intervalo de classificação da escala.

Por fim, pelo fato da avaliação subjetiva com ambos os painéis ter sido repetida após 3 meses, este tópico foi subdividido em primeira e segunda avaliação, a fim de facilitar a comparação entre os resultados destas e, conseqüentemente, verificar a estabilidade da escala ao longo do tempo. Vale ressaltar que as notas relativas ao painel_{escala_visual} foram obtidas por Ignácio *et al.* (2018), tanto para a primeira quanto para a segunda avaliação.

6.1.1.1 Primeira Avaliação

As notas individuais atribuídas pelos avaliadores a todas as UAs na primeira avaliação foram correlacionadas com as respectivas notas médias do painel de avaliação. Os gráficos obtidos para os dois painéis estão apresentados na Figura 6.1.

Figura 6.1 - Gráficos de correlação das notas da primeira avaliação da Fase 1
a) painel_{info_básica} b) painel_{escala_visual}



Fonte: adaptado de Ignácio *et al.* (2018)

A partir dos gráficos expostos verifica-se uma correlação das avaliações do painel_{info_básica} de aproximadamente 93% ($R = 0,933$), enquanto que para o painel_{escala_visual} constata-se que a correlação teve uma pequena diferença, sendo aproximadamente 94% ($R = 0,937$).

Segundo Evans (1996), valores de coeficiente acima de 0,8 representam uma forte correlação, sendo assim, pelos valores encontrados pode-se dizer que existe alta correlação entre as notas individuais e as médias para cada unidade amostral. Em outras palavras, em ambos os painéis, os avaliadores apresentaram coerência entre si na atribuição das notas.

Além disso, o fato de que os valores de correlação sejam muito próximos é um indicativo da similaridade entre os dois painéis, embora o valor seja ainda melhor para o painel_{escala_visual}.

Para complementação da análise das notas atribuídas pelos avaliadores, foram calculados os valores de desvio padrão para cada unidade amostral para ambos os painéis, os quais estão apresentados nas Figuras 6.2 e 6.3.

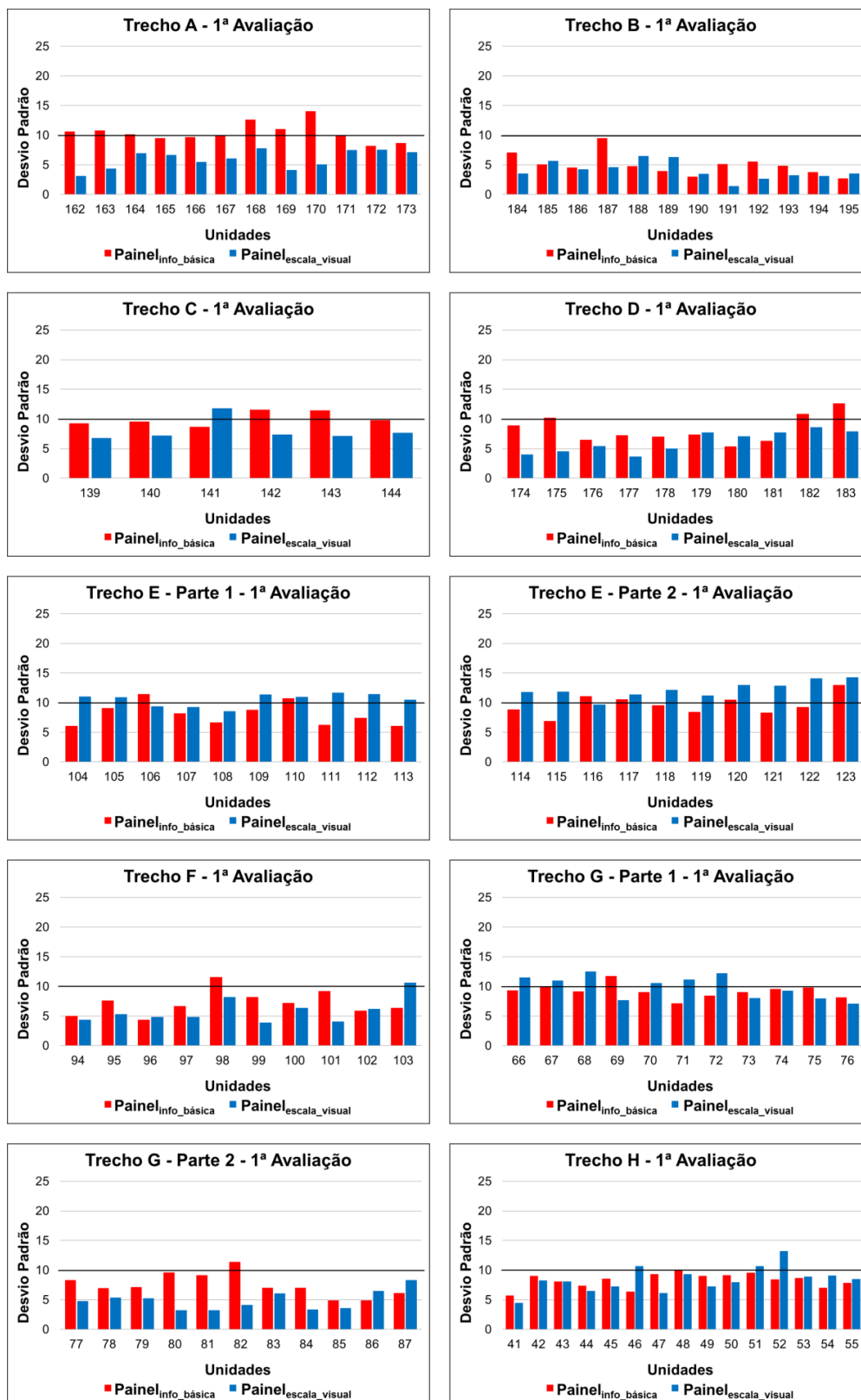
Neste trabalho, assim como nos estudos de Fontenele, Silva Júnior e Piton (2007) e Pereira *et al.* (2013), foi considerado 10% da escala numérica de avaliação como sendo o valor máximo aceitável para o desvio padrão.

Analisando os gráficos das Figuras 6.2 e 6.3, nota-se que para o painel_{info_básica} as unidades 31 e 130 apresentaram os maiores valores sendo, 27,19 e 19,09, respectivamente e as que apresentaram menores índices foram as 198 e 34, sendo 1,91 e 2,36, respectivamente.

Quando analisados os desvios do painel_{escala_visual}, percebe-se que os valores máximos de desvio padrão (unidades 122 e 123) alcançaram valores na faixa de 14 pontos, sendo inferiores aos máximos desvios do painel_{info_básica}. As unidades que apresentaram menores valores foram 191 e 5, de modo que em ambas não foi atingida a marca de 1,5 pontos.

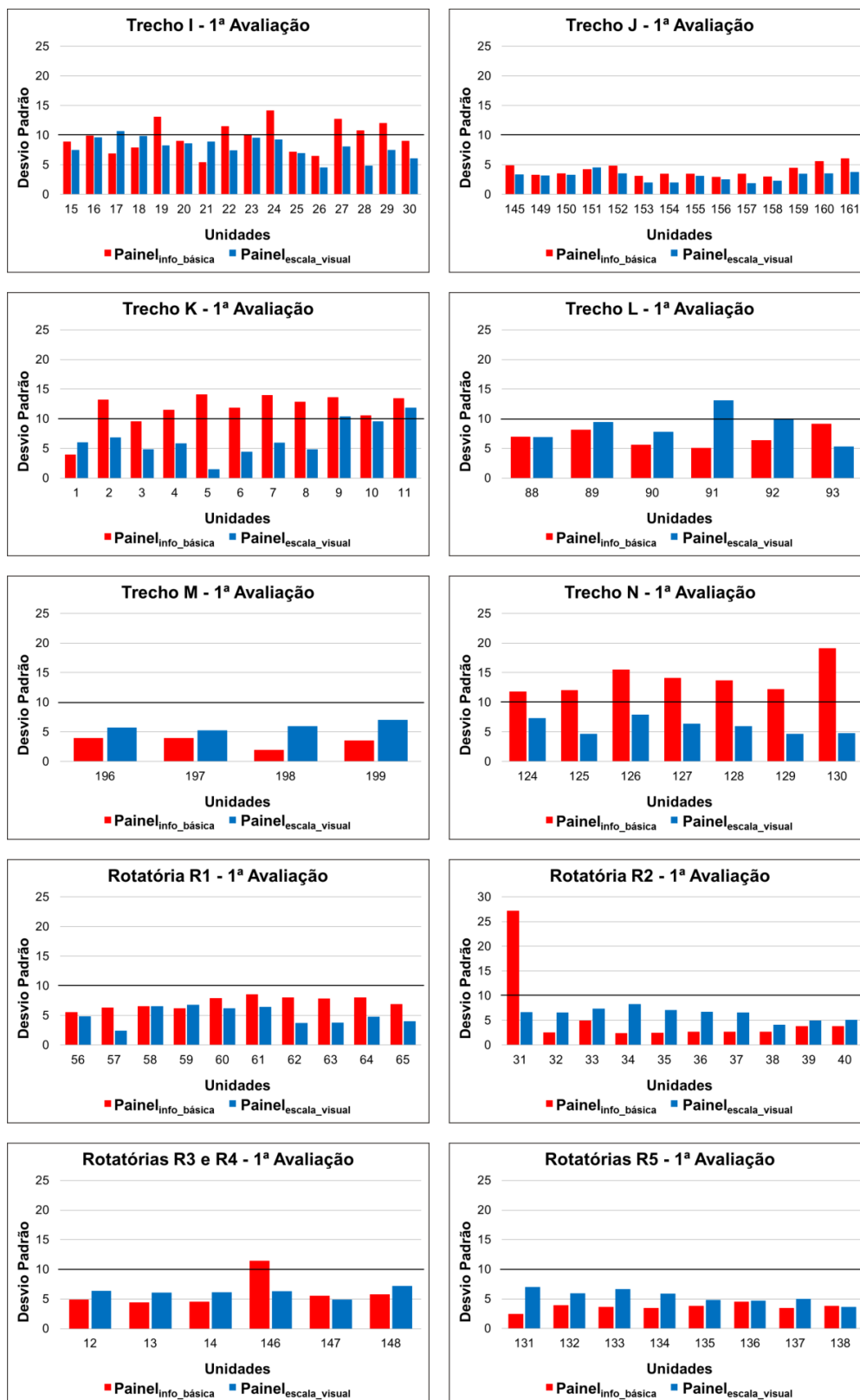
Ao comparar os desvios entre os dois painéis para cada unidade, observa-se que em 120 delas, aproximadamente 60%, o valor foi inferior para o painel_{escala_visual}. Além disso, o valor médio obtido destas diferenças, em módulo, foi de cerca de 3 pontos e em 86% das unidades esta diferença não passou o valor de 5.

Figura 6.2 - Gráficos de desvio padrão da primeira avaliação da Fase 1 - Trechos A – H



Fonte: o próprio autor

Figura 6.3 - Gráficos de desvio padrão da primeira avaliação da Fase 1 - Trechos I – R5



Fonte: o próprio autor

Para análise dos trechos, na Tabela 6.1 estão apresentadas as porcentagens de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos para cada trecho.

Tabela 6.1 - Porcentagem de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos por trecho para a primeira avaliação da Fase 1

Trecho	Painel _{info_básica}			Painel _{escala_visual}		
	Nota	Classificação	Porcentagem (%)	Nota	Classificação	Porcentagem (%)
A	55	Regular	58	56	Regular	0
B	95	Ótima	0	95	Ótima	0
C	50	Regular	33	58	Regular	17
D	49	Regular	30	50	Regular	0
E	78	Boa	30	74	Boa	80
F	44	Regular	10	51	Regular	10
G	58	Regular	9	61	Boa	27
H	50	Regular	0	56	Regular	20
I	44	Regular	44	52	Regular	6
J	93	Ótima	0	95	Ótima	0
k	42	Regular	82	48	Regular	18
L	76	Boa	0	74	Boa	17
M	96	Ótima	0	94	Ótima	0
N	49	Regular	100	55	Regular	0
R1	48	Regular	0	50	Regular	0
R2	96	Ótima	10	95	Ótima	0
R3	92	Ótima	0	94	Ótima	0
R4	52	Regular	33	54	Regular	0
R5	95	Ótima	0	95	Ótima	0

Fonte: o próprio autor

De modo geral, nota-se que, comparando os dois painéis, os resultados para o painel_{info_básica} foram piores, uma vez que as porcentagens de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos foram mais recorrentes e com valores mais elevados.

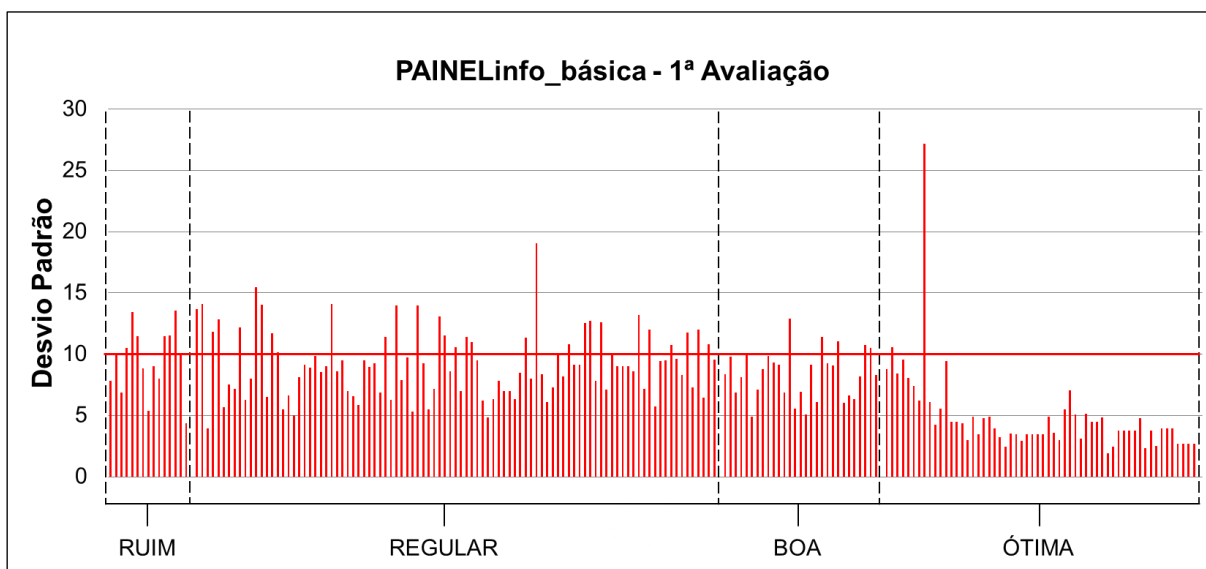
Analisando-se separadamente, para o painel_{info_básica} os trechos que apresentaram porcentagem mais elevada foram os trechos N, com 100% e o K, com 82%, ambos classificados como condição “Regular”.

Já para o painel_{escala_visual} percebe-se que apenas o trecho E, com 80%, teve porcentagem acima de 30%. A segunda maior porcentagem foi do trecho G, com 27%, de modo que os dois trechos que apresentaram as maiores porcentagens ficaram enquadrados no intervalo “Boa”. Este é um indicativo de deficiência da

escala visual neste intervalo de classificação, o que aponta para a necessidade de uma intervenção e adequação neste ponto da escala.

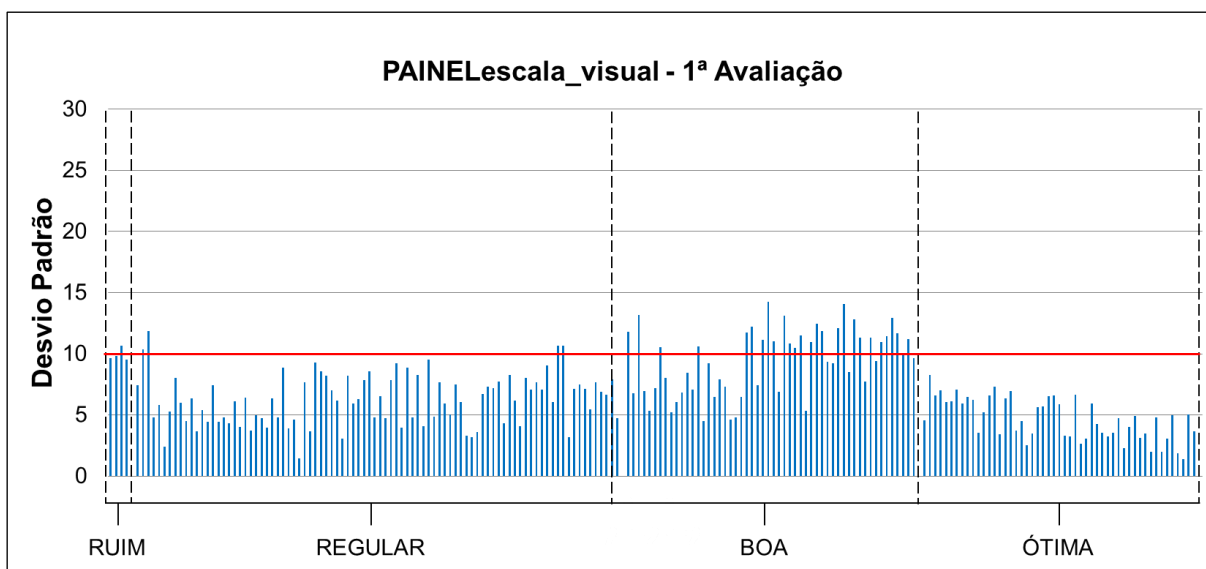
Classificadas as unidades pelas notas atribuídas nos intervalos da escala visual, têm-se os gráficos de desvio padrão das Figuras 6.4 e 6.5, nos quais os valores de desvio estão separados por classificação.

Figura 6.4 - Gráfico de desvio padrão das unidades amostrais por intervalo de classificação da primeira avaliação da Fase 1 – Painel_{info_básica}



Fonte: o próprio autor

Figura 6.5 - Gráfico de desvio padrão das unidades amostrais por intervalo de classificação da primeira avaliação da Fase 1 – Painel_{escala_visual}



Fonte: o próprio autor

Ao se fazer uma análise geral, para o painel_{info_básica}, verifica-se que 153 unidades (77%) apresentaram desvio padrão inferior ou igual a 10 pontos, enquanto que para o painel_{escala_visual} este número sobe para 168 unidades, ou seja, 84% das unidades não ultrapassaram o valor tolerável adotado neste trabalho.

Além disso, para o painel_{info_básica} nota-se que não existe uma tendência de quais intervalos de qualificação têm desvio acima do tolerável, ao contrário do painel_{escala_visual}, principalmente no intervalo de classificação “Boa”.

Para análise dos intervalos da escala visual, apenas para o painel_{escala_visual} foram calculadas as porcentagens de unidades de cada intervalo que apresentaram valores de desvio superior a 10 pontos, as quais estão apresentadas na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 - Porcentagem de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos por intervalo de classificação para a primeira avaliação da Fase 1 – Painel_{escala_visual}

Nota	Classificação	Porcentagem (%)
0 - 20	Péssima	-
20 - 40	Ruim	25%
40 - 60	Regular	4%
60 - 80	Boa	48%
80 - 100	Ótima	0%

Fonte: o próprio autor

A partir dos dados da Tabela 6.2 constata-se que o intervalo da escala que apresentou o percentual mais elevado foi o “Boa” com a marca de 48%, ou seja, do total de 54 unidades classificadas como boas, 26 delas superaram o valor aceitável adotado para o desvio padrão, seguido pelo intervalo “Ruim” que apresentou 25%.

Ao analisar o total de unidades que apresentaram desvio acima do tolerável, esta constatação é ainda mais evidente, pois do montante de 31 unidades, 26 (84%) destas pertencem ao intervalo “Boa”, o que indica, mais uma vez, uma carência neste intervalo de classificação e, conseqüentemente, a necessidade de ajuste da escala visual.

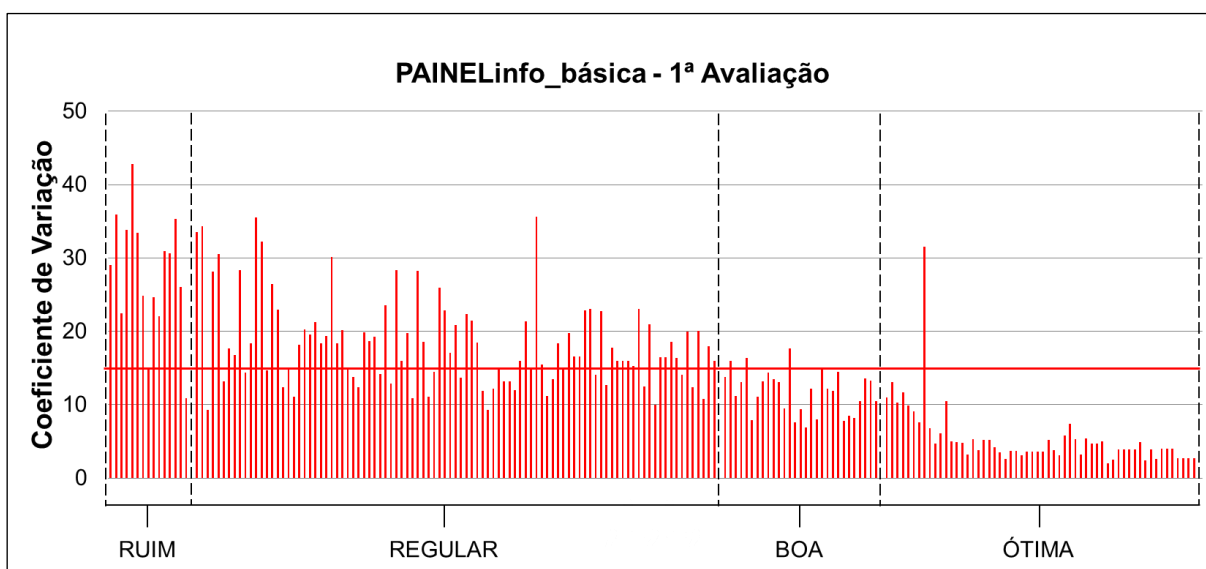
Sendo assim, constatou-se que os intervalos “Boa” e “Ruim” foram os que apresentaram pior desempenho, indicando valores de dispersão mais elevados nestes intervalos de classificação.

A carência observada nos dois intervalos pode ser explicada pela insuficiência das fotografias em representar de maneira adequada a condição do pavimento para os intervalos indicados, podendo gerar dúvidas no avaliador no momento de atribuição das notas.

No intervalo “Boa” isso pode ser justificado pelo fato de que a foto que apresenta maior nota, aparentemente, apresenta pior condição, induzindo o avaliador em indecisão. Já para o intervalo “Ruim” essa questão pode ser explicada pelo fato que as duas fotos que representam o intervalo apresentam notas muito próximas uma da outra, somado ao fato de ambas apresentarem sombras que comprometem a visualização do pavimento em questão.

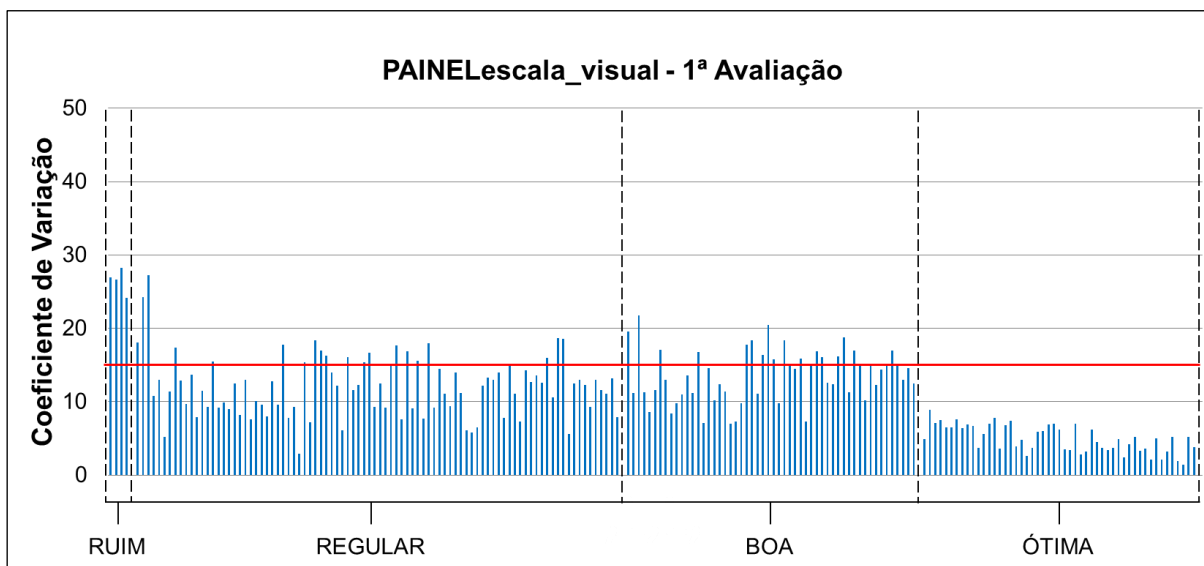
Semelhantemente ao realizado para análise de desvio, foram calculados os valores do coeficiente de variação para cada uma das unidades amostrais para ambos os painéis, os quais estão apresentados nas Figuras 6.6 e 6.7.

Figura 6.6 - Gráfico de coeficiente de variação das unidades amostrais por intervalo de classificação da primeira avaliação da Fase 1 – Painel_{info_básica}



Fonte: o próprio autor

Figura 6.7 - Gráfico de coeficiente de variação das unidades amostrais por intervalo de classificação da primeira avaliação da Fase 1 – Painel_{escala_visual}



Fonte: o próprio autor

Para análise do coeficiente de variação, neste trabalho será considerado o valor máximo de 15%, já que, segundo Ferreira (1991), valores abaixo de 15% são classificados como baixos, ou seja, apresentam ótima precisão.

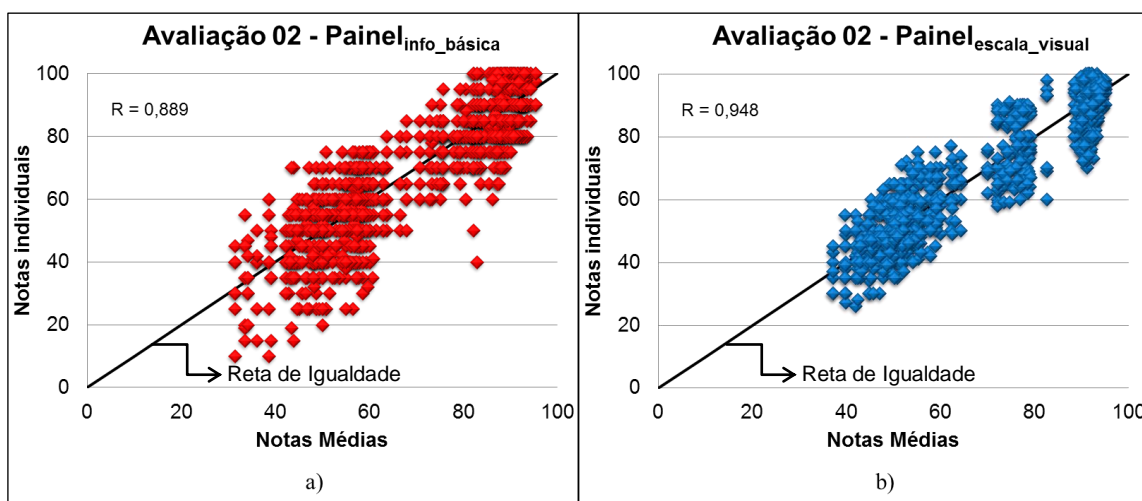
Estabelecido o critério, mais uma vez, observa-se melhor desempenho do painel_{escala_visual}, uma vez que 154 unidades (77%) apresentaram coeficiente de variação inferior ou igual a 15%, enquanto que para o painel_{info_básical} este número é de 119 unidades, aproximadamente 60%.

Além disso, para fins de estudo dos intervalos de classificação da escala visual, verifica-se maior concentração de valores acima do estabelecido como máximo nos intervalos "Ruim" e "Boa", o que ratifica a análise realizada pelos valores de desvio padrão, indicando, mais uma vez, uma carência destes intervalos.

6.1.1.2 Segunda Avaliação

Semelhantemente ao apresentado na primeira avaliação, as notas individuais atribuídas pelos avaliadores a todas as UAs na segunda avaliação foram correlacionadas com as respectivas notas médias do painel. Os gráficos obtidos para os dois painéis estão apresentados na Figura 6.8.

Figura 6.8 - Gráficos de correlação das notas da segunda avaliação da Fase 1
a) painel_{info_básica} b) painel_{escala_visual}



Fonte: adaptado de Ignácio *et al.* (2018)

Comparando os resultados obtidos entre a primeira e a segunda avaliação, verifica-se que para o painel_{info_básica} houve uma queda na correlação das avaliações, de 93% para aproximadamente 89%, enquanto que para o painel_{escala_visual} a correlação manteve-se praticamente constante, 94% na primeira avaliação e aproximadamente 95% para a segunda.

Mesmo ocorrendo uma variação nos valores em relação à primeira avaliação, em ambos os painéis os valores encontrados podem ser considerados altos e, conseqüentemente, segundo Evans (1996) pode-se dizer que existe alta correlação entre as notas individuais e as médias para cada unidade amostral.

Além disso, comparando os valores de coeficiente de correlação entre os dois painéis, nota-se que a diferença que era de apenas 1% subiu para 5%, o que pode ser justificado pela influência do uso da escala visual.

No que diz respeito ao acréscimo da correlação das notas, pontos como: adaptação ao uso da escala, maior tempo de familiarização, repetições do processo

de avaliação e maior quantidade de unidades avaliadas, indicam que quanto mais um painel de avaliadores tem contato com a escala, melhores os resultados, indicando uma coerência entre os avaliadores na atribuição das notas.

Para complementação da análise da estabilidade da escala, similarmente à primeira avaliação, foram calculados os valores de desvio padrão para cada unidade amostral para ambos os painéis, os quais estão apresentados nas Figuras 6.9 e 6.10.

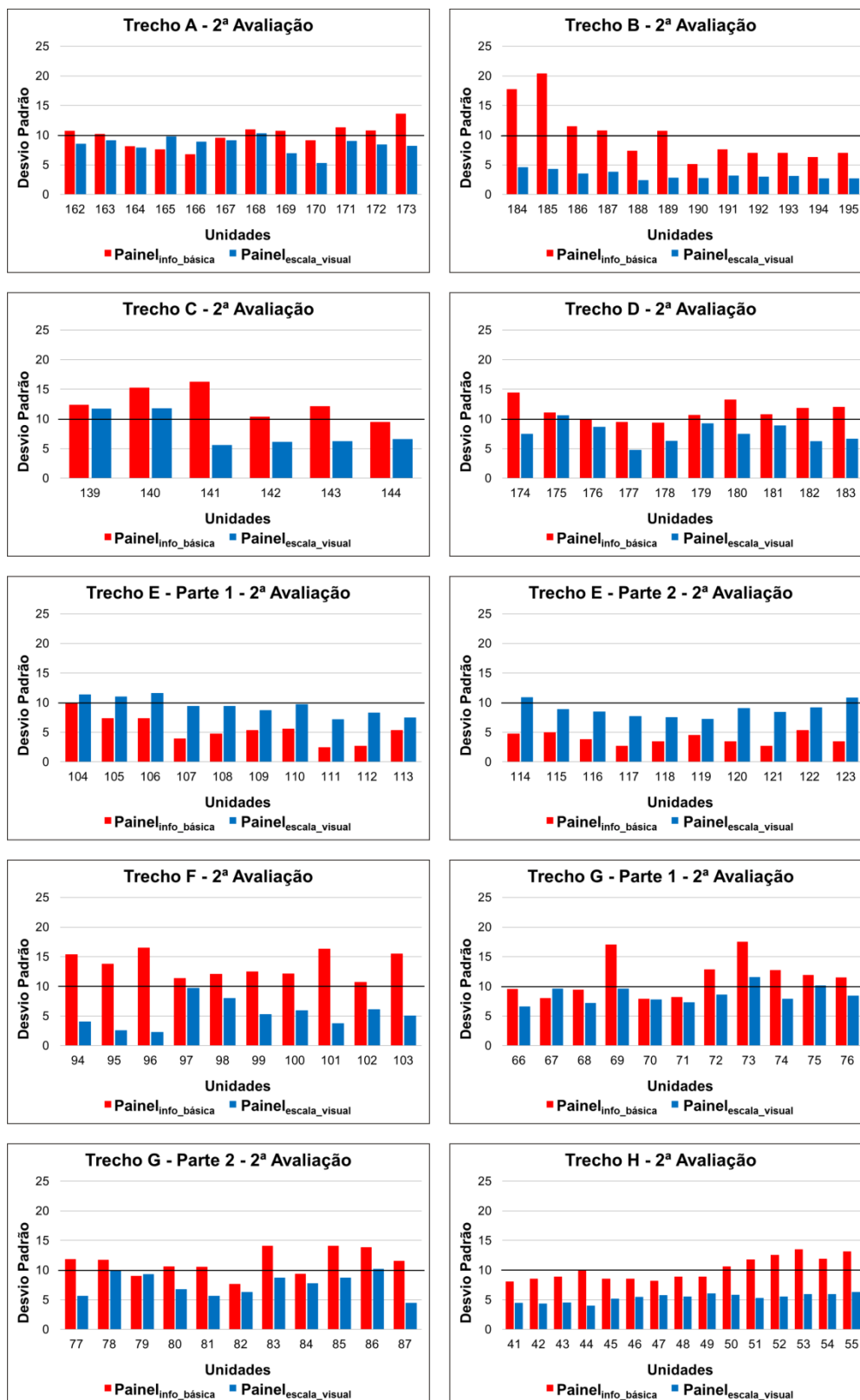
Analisando os gráficos das Figuras 6.9 e 6.10, nota-se que para o painel_{info_básica} as unidades 185 e 184 apresentaram os maiores valores, 20,38 e 17,76, respectivamente, e as que apresentaram menores índices foram as 111 e 121, sendo 2,44 e 2,67, respectivamente.

Para o painel_{escala_visual}, percebe-se que apenas a unidade 134 ultrapassou a marca de 15 pontos, atingindo 15,61, todos os demais valores foram abaixo de 12, sendo que a unidade que apresentou o segundo maior valor foi a 140, com desvio de 11,76. Assim como na primeira avaliação, os valores máximos de desvio padrão para o painel_{escala_visual} foram inferiores aos do painel_{info_básica}. Já em relação aos valores mínimos, as unidades que apresentaram menores valores foram 128 e 96, com 2,27 e 2,29, respectivamente.

Ao comparar os dois painéis, observa-se que os resultados da segunda avaliação foram ainda melhores para painel_{escala_visual}, uma vez que o número de unidades em que os valores de desvio padrão foram menores para o painel_{escala_visual} passou de 120, na primeira avaliação, para 160 na segunda, um acréscimo de 33%.

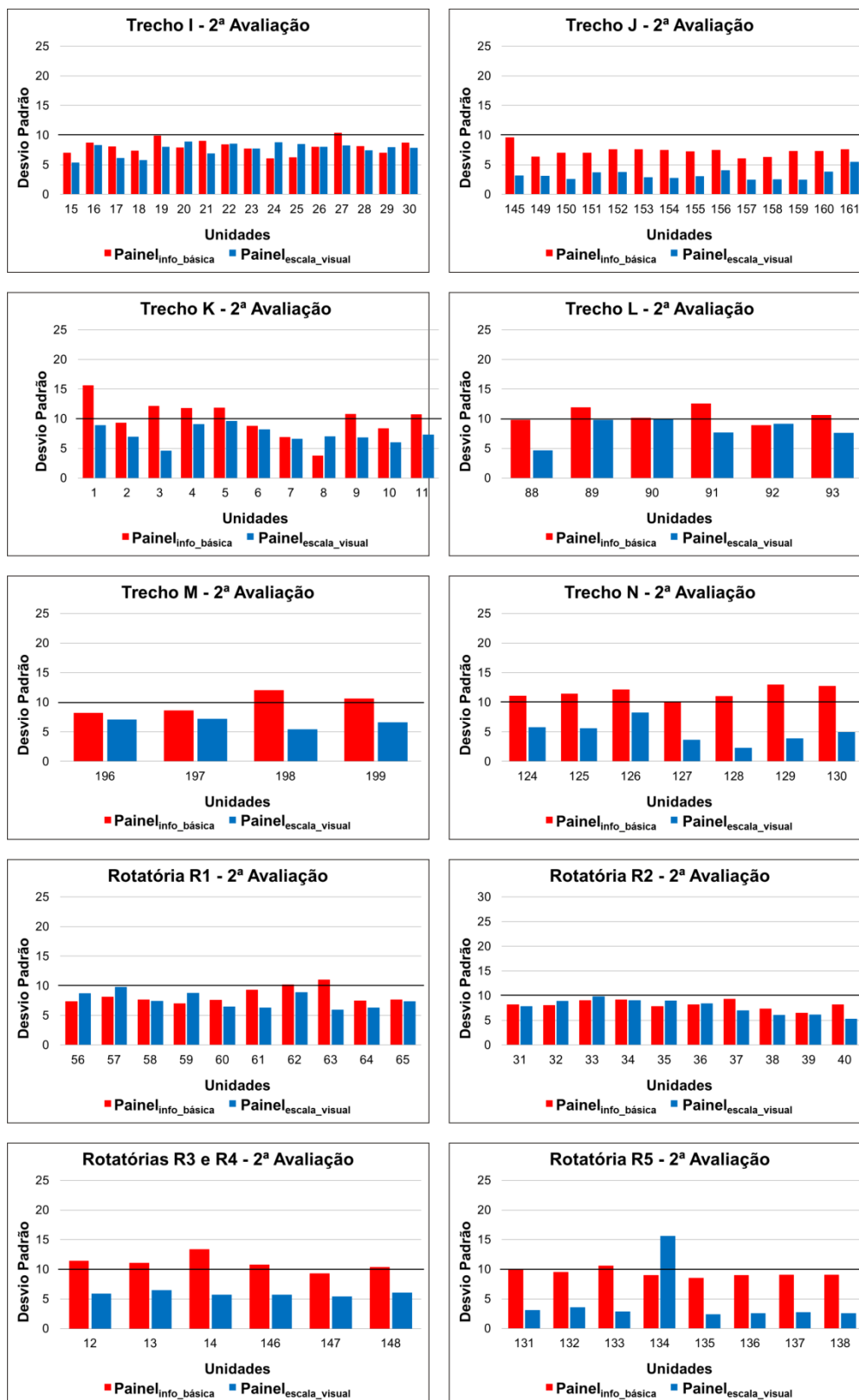
Comparando com a primeira avaliação, o valor médio das diferenças, em módulo, subiu de 3 para 4 pontos, de modo que, para a segunda avaliação, em 69% das unidades a diferença não passou o valor de 5, ou seja, em síntese a diferença entre os dois painéis se tornou mais evidente e significativa, mais uma vez comprovando o efeito da escala na atribuição das notas.

Figura 6.9 - Gráficos de desvio padrão da segunda avaliação da Fase1 - Trechos A – H



Fonte: o próprio autor

Figura 6.10 - Gráficos de desvio padrão da segunda avaliação da Fase 1 - Trechos I – R5



Fonte: o próprio autor

Na Tabela 6.3 estão apresentadas as porcentagens de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos para cada trecho na segunda avaliação.

Tabela 6.3 - Porcentagem de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos por trecho para a segunda avaliação da Fase 1

Trecho	Painel _{info_básica}			Painel _{escala_visual}		
	Nota	Classificação	Porcentagem (%)	Nota	Classificação	Porcentagem (%)
A	59	Regular	58	53	Regular	8
B	90	Ótima	42	94	Ótima	0
C	57	Regular	83	52	Regular	33
D	53	Regular	70	50	Regular	10
E	81	Ótima	0	76	Boa	25
F	50	Regular	100	45	Regular	0
G	54	Regular	64	53	Regular	14
H	89	Ótima	40	92	Ótima	0
I	88	Ótima	6	91	Ótima	0
J	93	Ótima	0	93	Ótima	0
k	52	Regular	55	59	Regular	0
L	73	Boa	67	73	Boa	0
M	89	Ótima	50	92	Ótima	0
N	54	Regular	86	50	Regular	0
R1	48	Regular	20	50	Regular	0
R2	89	Ótima	0	92	Ótima	0
R3	83	Ótima	100	90	Ótima	0
R4	58	Regular	67	52	Regular	0
R5	82	Ótima	13	92	Ótima	13

Fonte: o próprio autor

Para a segunda avaliação, nota-se que comparando os dois painéis, os resultados foram mais discrepantes, já que para o painel_{info_básica} as porcentagens de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos foram maiores e, em contrapartida, para o painel_{escala_visual} os valores apresentaram decréscimo, de modo que a diferença entre os dois painéis se acentuou ainda mais nesta segunda avaliação.

Essa discrepância pode ser explicada pelo fato de que os avaliadores tiveram mais contato com a escala visual, de modo a se familiarizarem com sua utilização, além da repetição do processo de processo de avaliação subjetiva, ou seja, quanto mais os avaliadores tiveram contato e utilizaram a escala visual, melhores foram os resultados.

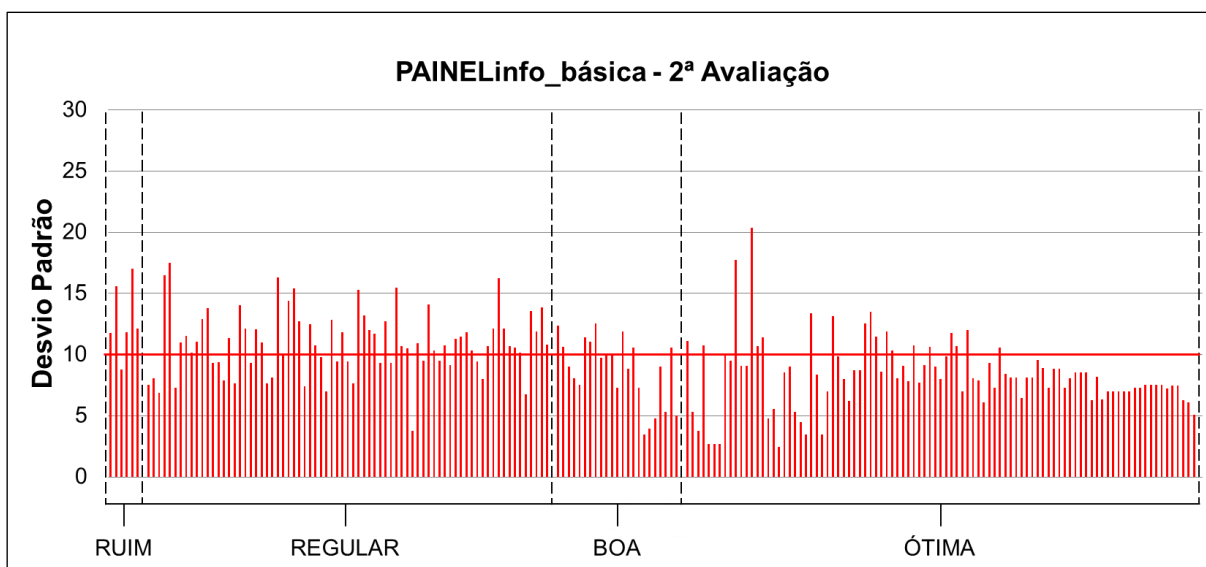
Para o painel_{info_básica} dois trechos (F e R3) apresentaram 100% das unidades com valores de desvio acima de 10, ademais, em 10 trechos essa porcentagem superou a marca de 50%.

Em contraponto, para o painel_{escala_visual}, percebe-se que o trecho C, com 33%, foi o que apresentou a porcentagem mais elevada. A segunda maior porcentagem foi 25% no trecho G, ou seja, apenas 1 dos 19 trechos superou a marca de 30%.

Com relação aos intervalos de classificação, nota-se que todos os trechos que apresentaram porcentagem diferente de zero, se enquadravam como “Regular”, “Boa” ou “Ótima”, indicando, novamente, uma necessidade inevitável de ajuste na escala visual.

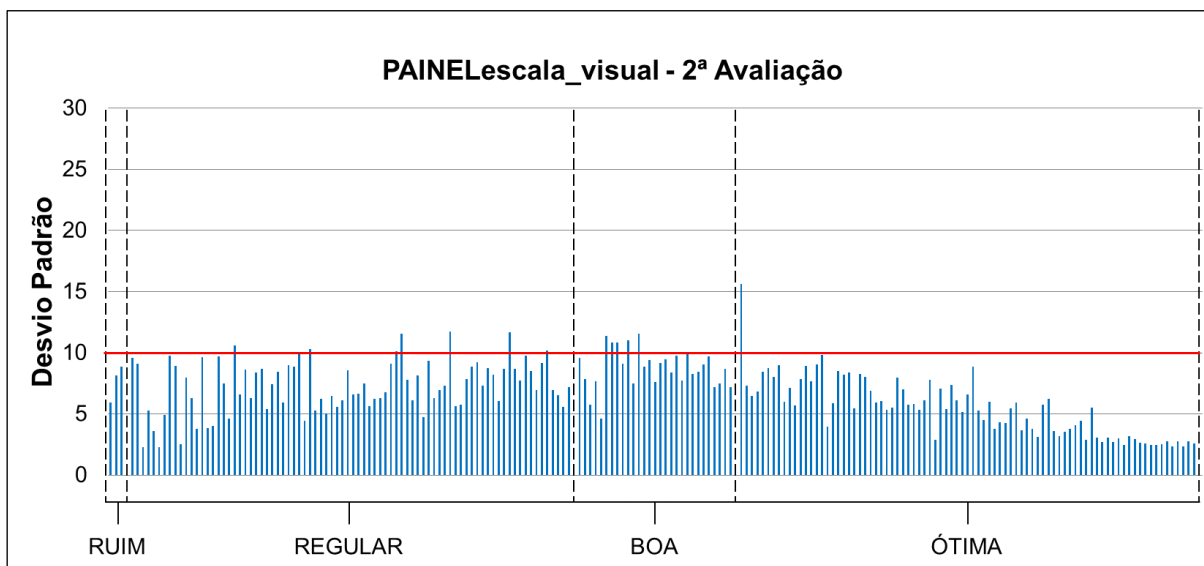
Nos gráficos das Figuras 6.11 e 6.12 estão apresentados os valores de desvio padrão para cada unidade amostral, ordenados por intervalo de classificação.

Figura 6.11 - Gráfico de desvio padrão das unidades amostrais por intervalo de classificação da segunda avaliação da Fase 1 – Painel_{info_básica}



Fonte: o próprio autor

Figura 6.12 - Gráfico de desvio padrão das unidades amostrais por intervalo de classificação da segunda avaliação da Fase 1 – Painel_{escala_visual}



Fonte: o próprio autor

Ao se fazer uma análise geral, observa-se que a quantidade de unidades com desvio abaixo da linha de 10 pontos foi superior para painel_{escala_visual} e, em comparação com a primeira avaliação, a diferença entre os painéis foi mais acentuada nesta segunda. Verifica-se que para o painel_{info_básica} este número que era de 153 unidades (77%), caiu para 117 (59%), enquanto que para o painel_{escala_visual} a quantidade de unidades subiu de 168 unidades (84%) para 186 (93%).

Do mesmo modo que para a primeira avaliação, para o painel_{info_básica} nota-se que não existe uma tendência de quais intervalos de qualificação tenham desvio acima do tolerável. Em contrapartida, para o painel_{escala_visual} é notório que isso acontece de maneira mais acentuada no intervalo de classificação “Boa”.

Para o painel_{escala_visual} foram calculadas as porcentagens de unidades de cada intervalo de classificação que apresentaram valores de desvio superior a 10 pontos, as quais estão apresentadas na Tabela 6.4.

A partir dos dados da Tabela 6.4, constata-se que os intervalos da escala que apresentaram os percentuais mais elevados com desvio superior ao tolerado foram “Boa”, com 17%, e “Regular”, com 9%, números que são bem inferiores se comparados com a primeira avaliação.

Tabela 6.4 - Porcentagem de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos por intervalo de classificação para a segunda avaliação da Fase 1 – Painel_{escala_visual}

Nota	Classificação	Porcentagem (%)
0 - 20	Péssima	-
20 - 40	Ruim	0%
40 - 60	Regular	9%
60 - 80	Boa	17%
80 - 100	Ótima	1%

Fonte: o próprio autor

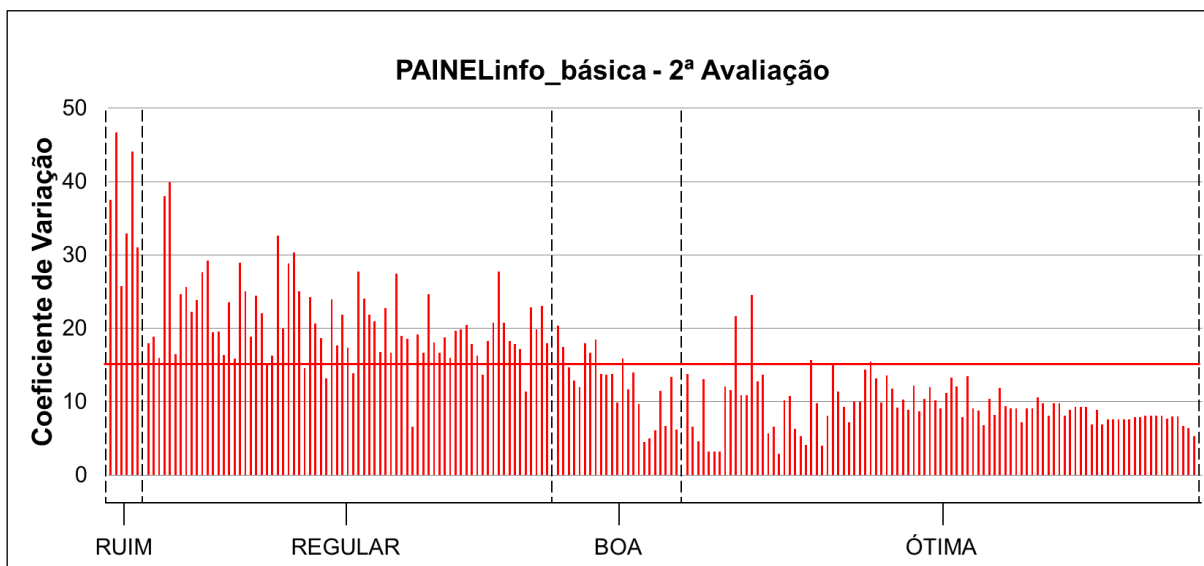
Uma vez mais, essa redução pode ser explicada pelo fato de que os avaliadores tiveram maior contato com a escala, adaptando-se na sua utilização, bem como pela repetição do processo de avaliação, isto é, quanto mais os avaliadores tenham contato e utilizem a escala visual, menores os desvios obtidos nas UAs.

Sendo assim, estes dois intervalos podem ser considerados os mais críticos na segunda avaliação e passíveis de ajustes e melhoras nas fotografias que os representam. Destaca-se que, após 3 meses da primeira avaliação, o intervalo “Regular” também sinalizou a necessidade de intervenção. A carência neste intervalo pode ser explicada pela incidência de uma área sombreada, a qual compromete a visualização do pavimento.

Além disso, o pavimento da fotografia que tem maior nota apresenta maior quantidade de defeitos, e conseqüentemente, pior condição, o que pode provocar confusão no avaliador. Uma terceira explicação é a proximidade das notas das duas fotos deste intervalo de classificação, o que pode contribuir para indecisão do avaliador no momento de atribuir as notas.

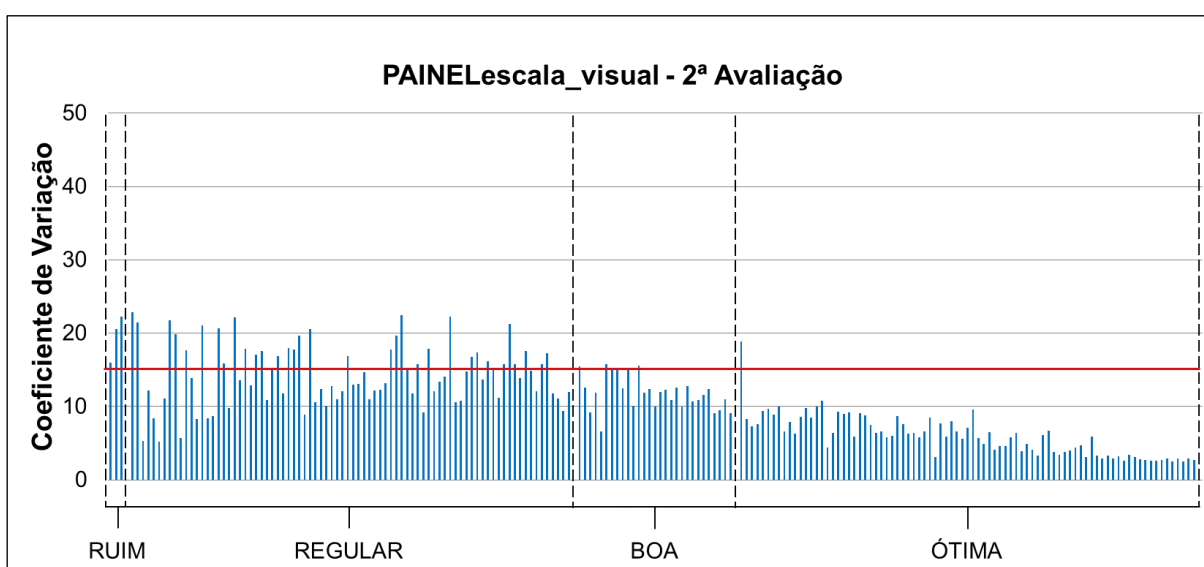
Os valores do coeficiente de variação para cada unidade amostral estão organizados por intervalo de classificação nas Figuras 6.13 e 6.14.

Figura 6.13 - Gráfico do coeficiente de variação das unidades amostrais por intervalo de classificação da segunda avaliação da Fase 1 – Painel_{info_básica}



Fonte: o próprio autor

Figura 6.14 - Gráfico do coeficiente de variação das unidades amostrais por intervalo de classificação da segunda avaliação da Fase 1 – Painel_{escala_visual}



Fonte: o próprio autor

Seguindo o mesmo critério da primeira avaliação, contata-se, novamente, um desempenho mais satisfatório para o painel_{escala_visual}, uma vez que, do total das unidades, 155 (78%) apresentaram coeficiente de variação inferior ou igual a 15% (precisão ótima), enquanto que para o painel_{info_básica} esta quantidade é de 113 unidades, aproximadamente 57%.

Vale destacar que para o painel_{escala_visual} a quantidade unidades permaneceu praticamente a mesma e para o painel_{info_básica} o número de unidades decresceu de 118 para 113. Além disso, o painel_{escala_visual} apresentou apenas 6 unidades com CV acima de 20%, enquanto que o painel_{info_básica} 43, ou seja, comparando os dois painéis é possível observar a influência da utilização da escala visual na precisão dos avaliadores.

Analisando os intervalos de classificação da escala visual, verifica-se uma concentração de valores acima do estabelecido como máximo (15%) nos intervalos “Ruim” e “Regular”.

6.1.2 Análise Comparativa das Avaliações dos dois Painéis

A fim de analisar comparativamente os dois painéis, verificando se estes são equivalentes ou não, foram realizados os testes não paramétricos de Mann-Whitney e de Friedman a partir das notas dos painéis de cada unidade amostral. Neste item são apresentados os resultados encontrados por meio da análise estatística para as duas avaliações.

Para tanto, este item está subdividido por testes, uma vez que pelo de Mann-Whitney foi verificado se os dois painéis de avaliações foram ou não extraídos de uma mesma população por meio da análise da igualdade das medianas e pelo teste de Friedman foi analisado o efeito dos tratamentos (influência da utilização da escala visual) a partir do delineamento em blocos casualizados.

6.1.2.1 Teste de Mann-Whitney

Os resultados do teste de Mann-Whitney referentes aos dados da primeira e segunda avaliação estão apresentados na Tabela 6.5.

Ao analisar a Tabela 6.5 constata-se que para a primeira avaliação foi obtido o valor de $p = 0,09257$, portanto, a hipótese nula é aceita para um nível de significância de 5%. A partir disso, pode-se afirmar que não há diferença significativa entre os dois painéis para a primeira avaliação, ou seja, os painéis foram extraídos de uma mesma população.

Tabela 6.5 - Resultados do teste de Mann-Whitney para as duas avaliações da Fase 1

Informações	Avaliação 01		Avaliação 02	
	<i>painel</i> _{info_básica}	<i>painel</i> _{escala_visual}	<i>painel</i> _{info_básica}	<i>painel</i> _{escala_visual}
Média	64,87095	67,23864	71,38136	71,63598
Observações	199	199	199	199
p-valor	0,09257		0,2349	
W	17870		18437	

Fonte: o próprio autor

Além disso, nota-se que para a segunda avaliação o p-valor foi superior a 0,05, de modo que a hipótese nula também é aceita para a segunda avaliação. Sendo assim, conclui-se, uma vez mais, que os dois painéis foram extraídos de uma mesma população, pois não apresentaram diferença significativa ao nível de significância de 5%.

6.1.2.2 Teste de Friedman

Os resultados do teste de Friedman para a primeira e segunda avaliação estão apresentados na Tabela 6.6.

Tabela 6.6 - Resultados do teste de Friedman para as duas avaliações da Fase 1

Informações	Avaliação 01		Avaliação 02	
	<i>painel</i> _{info_básica}	<i>painel</i> _{escala_visual}	<i>painel</i> _{info_básica}	<i>painel</i> _{escala_visual}
Média	64,87095	67,23864	71,38136	71,63598
Friedman qui-quadrado	28,553		3,7005	
Graus de Liberdade	1		1	
p-valor	9,12E-08		0,0544	

Fonte: o próprio autor

Pela Tabela 6.6, constata-se que para a primeira avaliação o p-valor está abaixo de 0,05, o que permite rejeitar a hipótese nula e afirmar que existe diferença significativa entre os dois tratamentos (*painel*_{info_básica} e *painel*_{escala_visual}). Esta observação contrapõe o resultado obtido pelo teste de Mann-Whitney, uma vez que ao considerar as unidades amostrais como blocos e os dois painéis como tratamentos constata-se que existe diferença nos dois painéis. Isso sugere que

quando analisadas as notas isoladamente bloco a bloco, eliminam-se as variações das diferentes condições apresentadas pelas unidades amostrais e apenas o efeito dos tratamentos é considerado na constatação da diferença de avaliação entre os dois painéis.

Já para a segunda avaliação, o resultado encontrado foi semelhante ao do teste de Mann-Whitney, uma vez que observa-se que o p-valor é maior que 0,05 de modo que a hipótese nula pode ser aceita, indicando que não existe diferença significativa entre os dois tratamentos (painel_{info_básica} e painel_{escala_visual}).

Sendo assim, percebe-se que a influência da utilização da escala visual é evidenciada de modo a indicar a diferença entre os dois painéis no procedimento de avaliações subjetivas. Destaca-se que ao considerar cada unidade amostral como um bloco, ou seja, ao minimizar o efeito das variações das condições das unidades amostrais, o uso da escala visual pode influenciar para que haja diferença entre os dois painéis de avaliação.

6.1.3 Análise Comparativa entre as Avaliações Subjetivas Realizadas em Campo e as Realizadas em Escritório por Pereira *et al.* (2013)

Na avaliação das fotografias no trabalho de Pereira *et al.* (2013) foram obtidos valores do coeficiente de correlação para o painel_{escala_visual} de aproximadamente 94% e para o painel_{info_básica} 92%, enquanto que na Fase 1 deste trabalho, a correlação do painel_{escala_visual} foi de 94% e do painel_{info_básica} de 93%. Assim, apenas o painel_{info_básica} diferiu nos dois trabalhos, apresentando valor mínimo de apenas um ponto percentual.

Deste modo, no que diz respeito à correlação, os resultados dos dois trabalhos não diferiram significativamente e as duas formas de validação da escala (em escritório e em campo) podem ser consideradas semelhantes.

Em relação ao desvio padrão, nesta fase obteve-se aproximadamente 84% das unidades com desvio padrão menor que 10 pontos para o painel_{escala_visual} e 77% para o painel_{info_básica}, ao passo que Pereira *et al.* (2013) obtiveram 58% para o painel_{escala_visual} e 48% para o painel_{info_básica}.

Ao comparar a porcentagem de unidades que apresentam diferenças de desvio entre os dois painéis inferiores a 5 pontos, observam-se resultados mais

elevados na Fase 1 deste trabalho, uma vez que Pereira *et al.* (2013) obtiveram 73% e nesta pesquisa 86%.

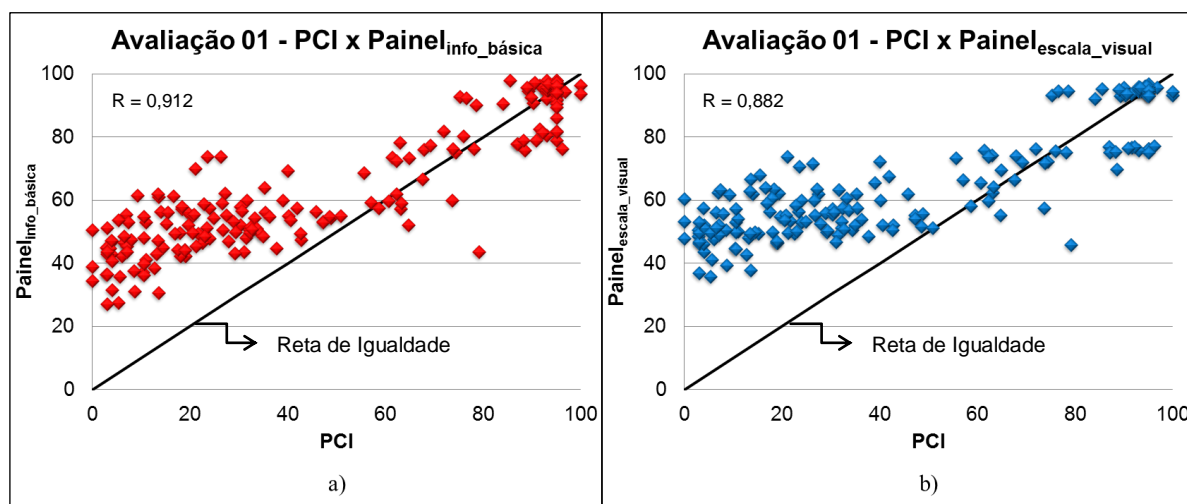
Apresentadas as comparações entre as duas formas de validação, percebe-se que a realizada no escritório foi um indicativo de como os resultados poderiam se apresentar em campo. Nota-se ainda, que quando comparadas as duas formas de validação da escala (em escritório e em campo) os resultados de desvio padrão foram mais satisfatórios na realizada em campo, demonstrando mais concordância entre os avaliadores quando avaliam o pavimento *in loco*.

6.1.4 Análise Comparativa entre as Avaliações Subjetivas e Objetivas

A fim de comparar os métodos objetivo e subjetivo foram elaborados gráficos com a correlação entre as notas obtidas na avaliação subjetiva e as referentes à avaliação objetiva pelo método PCI. Para isso foram utilizadas as notas de todas as unidades para os dois painéis de avaliação, obtendo-se os gráficos da Figura 6.15.

Figura 6.15 - Gráficos de correlação entre valores obtidos pelo PCI e as notas subjetivas para as unidades amostrais na primeira avaliação da Fase 1

a) painel_{info_básica} b) painel_{escala_visual}



Fonte: o próprio autor

Pela Figura 6.15, percebe-se que as notas da avaliação subjetiva tiveram uma correlação com as notas objetivas semelhantes nos dois painéis. Para o painel_{info_básica} o valor da correlação foi de 91% (R = 0,912) e para o painel_{escala_visual} 88% (R = 0,882).

Por estes resultados, segundo Evans (1996), pode-se dizer que as notas subjetivas de cada unidade amostral, para ambos os painéis, apresentam alta correlação em relação aos valores encontrados pelo método PCI, ou seja, existe uma forte relação entre as médias das notas atribuídas pelos avaliadores e a nota obtida pelo método objetivo de avaliação de pavimentos.

Para análise comparativa das notas para cada trecho, foi elaborada a Tabela 6.7, na qual são apresentadas, para cada trecho experimental, as pontuações obtidas pelos métodos subjetivo e objetivo, bem como as respectivas classificações.

Tabela 6.7 - Pontuações e classificações dos trechos experimentais pelos métodos objetivo e subjetivo da Fase 1

Trecho	Painel _{info_básica}		Painel _{escala_visual}		PCI	
	Nota	Classificação	Nota	Classificação	Nota	Classificação
A	55	Regular	56	Regular	27	Ruim
B	95	Ótima	95	Ótima	91	Excelente
C	50	Regular	58	Regular	15	Muito ruim
D	49	Regular	50	Regular	29	Ruim
E	78	Boa	74	Boa	82	Muito boa
F	44	Regular	51	Regular	7	Péssima
G	58	Regular	61	Boa	26	Ruim
H	50	Regular	56	Regular	28	Ruim
I	44	Regular	52	Regular	16	Muito ruim
J	93	Ótima	95	Ótima	92	Excelente
K	42	Regular	48	Regular	18	Muito ruim
L	76	Boa	74	Boa	57	Boa
M	96	Ótima	94	Ótima	95	Excelente
N	49	Regular	55	Regular	25	Muito ruim
R1	48	Regular	50	Regular	40	Regular
R2	96	Ótima	95	Ótima	95	Excelente
R3	92	Ótima	94	Ótima	93	Excelente
R4	52	Regular	54	Regular	32	Ruim
R5	95	Ótima	95	Ótima	91	Excelente

Fonte: o próprio autor

Nota-se que as diferenças mais elevadas encontradas entre os dois métodos de avaliação estão em trechos onde a condição do pavimento está crítica, ou seja, quando as notas do PCI são de médias para altas a semelhança entre as avaliações é mais evidente. Isso pode ser explicado pelo fato de que alguns defeitos que interferem notadamente na queda dos valores do PCI não influenciam de modo significativo na percepção da qualidade do pavimento por parte dos avaliadores na

atribuição das notas referentes à condição do pavimento, como é o caso de trincas, desgastes e intemperismo.

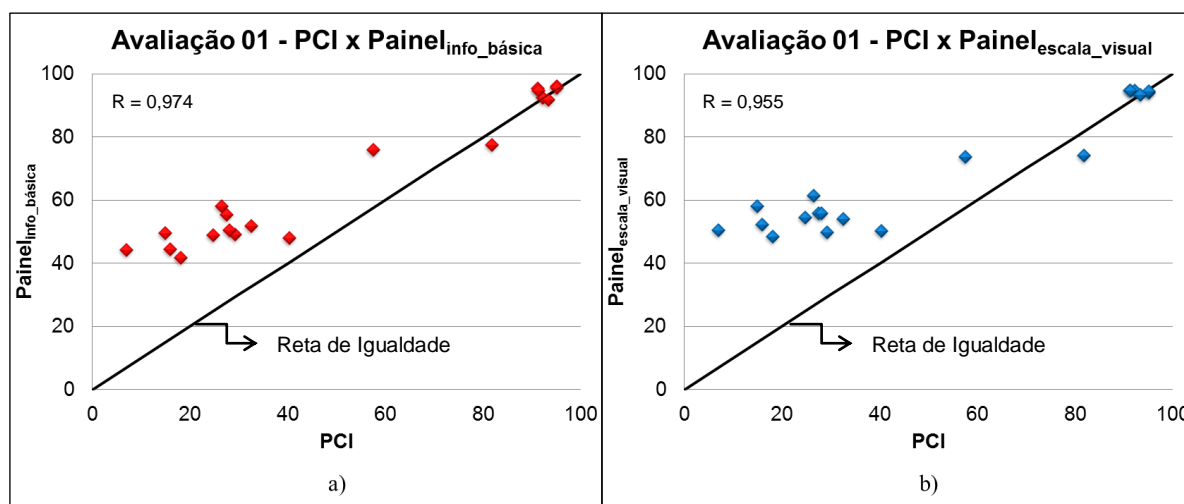
A partir dos dados da Tabela 6.15, foram correlacionados os valores do PCI com as respectivas notas dos painéis de avaliação, obtendo-se os gráficos da Figura 6.16.

Analisando os gráficos da Figura 6.16, percebe-se que para as notas dos trechos, os resultados das correlações entre as notas subjetivas e objetivas foram ainda melhores, já que para o painel_{info_básica} o valor da correlação obtido foi de 97% ($R = 0,974$) e para o painel_{escala_visual} 96% ($R = 0,955$).

Uma vez mais, os coeficientes de correlação permitem concluir que existe uma relação muito alta entre as notas atribuídas pelos avaliadores dos painéis e as obtidas pelo método do PCI.

Figura 6.16 - Gráficos de correlação entre valores obtidos pelo PCI e as notas subjetivas para os trechos experimentais na primeira avaliação da Fase 1

a) painel_{info_básica} b) painel_{escala_visual}



Fonte: o próprio autor

6.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS AVALIAÇÕES DA FASE 2

Neste item é apresentada a nova proposta da escala, bem como os resultados das análises estatísticas referentes às avaliações da Fase 2, desde a coerência entre as notas das avaliações subjetivas, a estabilidade da Escala Visual Ajustada, a aplicação dos testes de hipóteses para testar o efeito dos tratamentos propostos, até a comparação entre os métodos subjetivo e objetivo.

6.2.1 Apresentação da Escala Visual Ajustada

Estabelecidos os critérios descritos no item 5.3.1, a escala visual foi ajustada e adaptada conforme a Figura 6.17. Pela análise da referida figura, é possível notar diferenças significativas entre a nova proposta de escala e a original. Sendo assim, antes da análise das substituições das fotografias representativas de cada intervalo de classificação, destacam-se algumas modificações gerais:

- Adaptação definitiva da escala de valores: o intervalo de notas foi multiplicado por 10, passando de 0 (zero) a 10 (dez) para 0 (zero) a 100 (cem). Esta mudança foi necessária para facilitar a comparação das notas obtidas pelo uso da escala com as notas de métodos objetivos, como o PCI;
- Arredondamento das notas: as notas de todas as fotografias foram arredondadas para simplificar a leitura pelos avaliadores e, conseqüentemente, melhorar a assimilação da escala;
- Mudança na nomenclatura do intervalo de classificação de maiores notas: troca de “Ótima” para “Excelente” para compatibilização entre a tabela de classificação e escala de valores, além de facilitar a comparação de classificação com métodos objetivos.

Como complementação destas observações gerais, cada intervalo de classificação será explanado separadamente a fim de possibilitar uma melhor visualização e análise das trocas das fotografias. Sendo assim, tem-se:

- Péssimo: pelo fato de haver na escala visual original uma proximidade entre as notas das duas fotografias representativas do intervalo, optou-se por selecionar uma nova imagem com uma maior diferença de valores.

Sendo assim, foi selecionada a foto com nota 5 (cinco) para a pior condição e a foto com nota 17 (dezessete) para a segunda foto representativa, uma vez que sua nota é mais próxima do limite da escala de valores;

- Ruim: semelhantemente ao caso anterior, as fotografias originais deste intervalo tinham notas muito próximas e, atrelado a isso, apresentavam muitas sombras isoladas, as quais comprometiam a visualização por parte do usuário. Para suprir estas necessidades foram escolhidas duas novas imagens, com notas 27 e 36, aumentando a amplitude de notas para o avaliador;
- Regular: pelos mesmos motivos da condição anterior, as novas fotografias foram escolhidas para maximizar a abrangência de notas do intervalo em questão, notas 41 e 39. Somado a isso, procurou-se minimizar a possível interferência de sombras isoladas na visualização da condição do pavimento das fotos;
- Boa: por ter sido o intervalo que apresentou os piores resultados de desvio padrão, as duas fotos foram substituídas por imagens que representassem melhor a condição em questão e de forma a não apresentar sombras em grandes áreas. Uma vez mais, o novo par de fotografias apresenta maior diferença relativa entre as notas;
- Excelente: neste último intervalo de classificação, foi mantida a foto com pontuação mais alta e substituída a outra de menor pontuação, uma vez que as duas possuíam notas próximas e com condições muito semelhantes, deixando uma carência nas notas limítrofes do intervalo. Desta maneira, foi escolhida uma fotografia que apresentasse nota abaixo de 90 para contemplar características diferentes da primeira.

Figura 6.17 - Escala Visual Ajustada para Avaliação de Vias Urbanas



Fonte: o próprio autor

As características atreladas a cada intervalo de classificação não sofreram alterações e permaneceram as mesmas da escala original. Na Tabela 6.8 estão apresentadas as características em questão: conforto proporcionado, velocidade desenvolvida, qualidade e trepidação ao longo do rolamento na superfície.

Entretanto, como a escala visual sofreu ajustes nos valores dos intervalos (multiplicação por 10), a coluna “Nota” da tabela de características teve que ser adaptada à nova proposição. Além disso, foram ajustadas as notas inferiores de cada intervalo para que não houvesse dúvida aos avaliadores nas notas limítrofes dos intervalos de classificação, por exemplo, a partir da nota 21 a classificação será ruim.

Tabela 6.8 - Características da superfície relacionadas aos intervalos da escala de classificação ajustada

Nota	Classificação	Característica
81 - 100	Excelente	Alta qualidade de viagem; pequena/nenhuma redução da velocidade; pouca vibração do veículo e pequeno/nenhum desconforto na viagem.
61 - 80	Bom	Alta qualidade de viagem; pequena/nenhuma redução da velocidade; pouca/média vibração do veículo e pequeno/nenhum desconforto na viagem.
41 - 60	Regular	Média qualidade de viagem; Média redução da velocidade; Média vibração do veículo e Médio desconforto na viagem.
21 - 40	Ruim	Baixa qualidade de viagem; Grande redução da velocidade; Muita vibração do veículo e Grande desconforto na viagem.
0 - 20	Péssimo	Baixa qualidade de viagem; Grande redução da velocidade; Muita vibração do veículo e Grande desconforto na viagem.

Fonte: Adaptado de Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013)

6.2.2 Análise da Coerência das Notas das Avaliações Subjetivas e Estabilidade da Escala ao Longo do Tempo

Neste item são apresentados os resultados referentes à análise da coerência das notas das avaliações subjetivas dos dois painéis de avaliação após o ajuste da Escala Visual. De maneira semelhante à análise realizada para a Escala Visual Original, são expostos os resultados referentes à correlação entre as notas

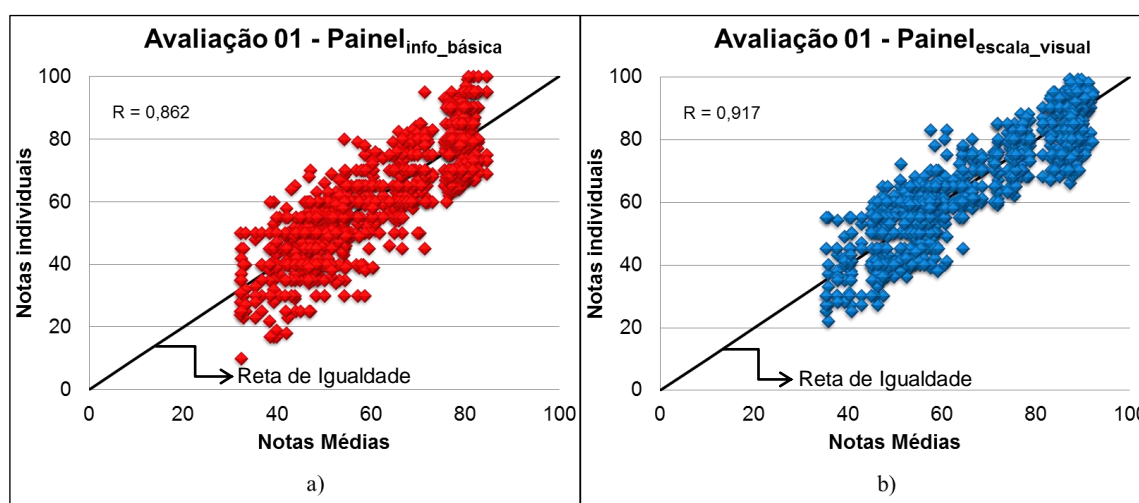
individuais e as médias dos painéis, os valores de desvio padrão, bem como os coeficientes de variação para cada uma das unidades amostrais.

Somado a isso, assim como no item 6.1, este tópico foi subdividido em primeira e segunda avaliação, a fim de facilitar a comparação entre os resultados destas e, conseqüentemente, verificar a estabilidade da Escala Visual Ajustada ao longo do tempo.

6.2.2.1 Primeira Avaliação

As notas individuais atribuídas pelos avaliadores a todas as UAs na primeira avaliação foram correlacionadas com as respectivas notas médias do painel de avaliação. Os gráficos obtidos para os dois painéis estão apresentados na Figura 6.18.

Figura 6.18 - Gráficos de correlação das notas da primeira avaliação da Fase 2
a) painel_{info_básica} b) painel_{escala_visual}



Fonte: o próprio autor

Analisando os gráficos da Figura 6.18, verifica-se uma correlação das avaliações do painel_{info_básica} de aproximadamente 86% ($R = 0,862$), enquanto que para o painel_{escala_visual} constata-se uma correlação mais elevada, sendo aproximadamente 92% ($R = 0,917$).

Seguindo os mesmos critérios de Evans (1996), em ambos os painéis, pode-se dizer que existe alta correlação entre as notas individuais e as médias para cada

unidade amostral, ou seja, os avaliadores apresentaram coerência entre si na atribuição das notas.

Destaca-se, entretanto, que houve um distanciamento maior entre as correlações obtidas para os dois painéis depois da adaptação da escala visual, ou seja, ao utilizar a Escala Visual Ajustada a diferença entre os painéis de avaliação foi mais evidenciada.

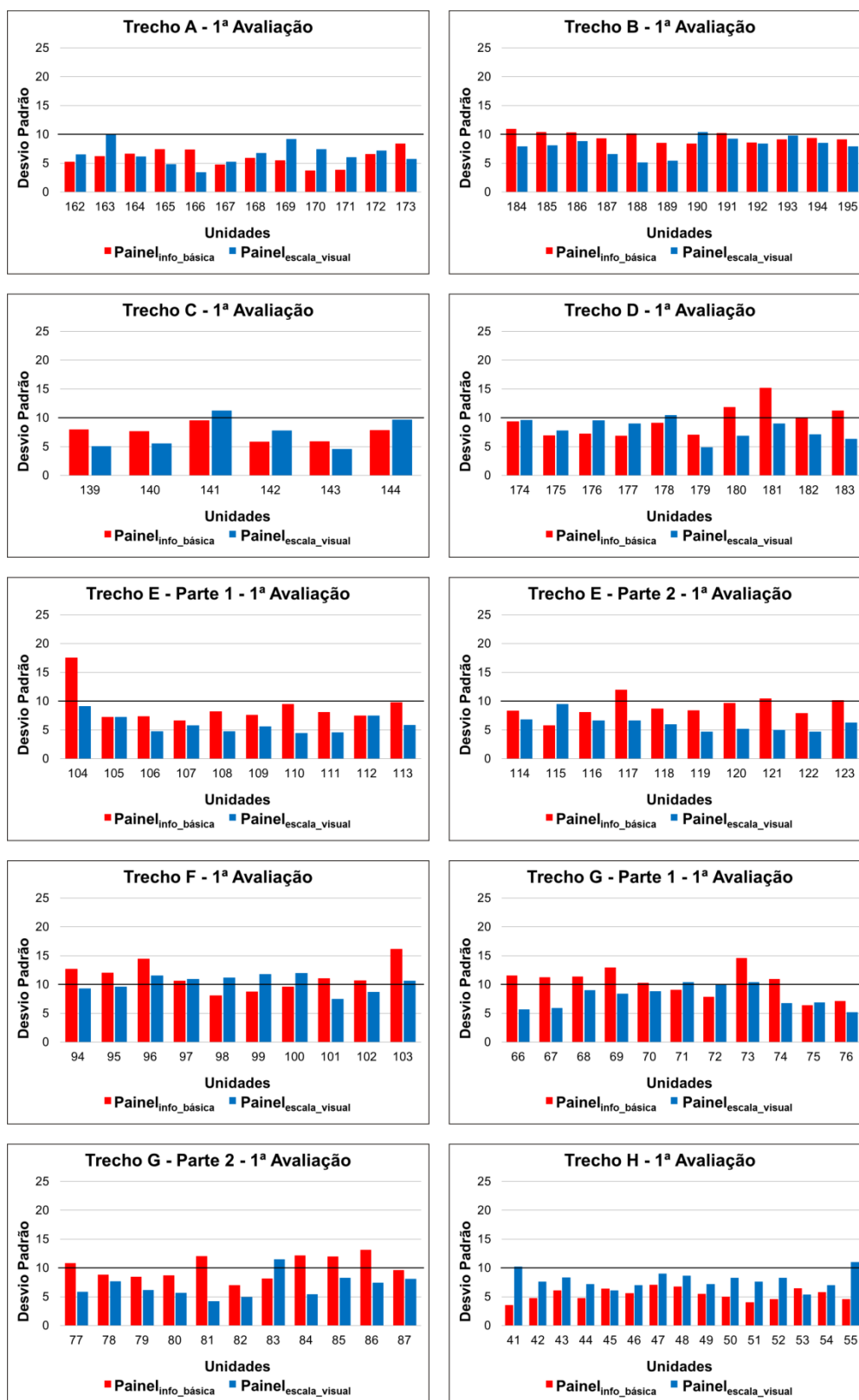
De maneira semelhante ao realizado na Fase 1, foram calculados os valores de desvio padrão para cada unidade amostral para ambos os painéis, os quais estão apresentados nas Figuras 6.19 e 6.20.

Analisando os gráficos das Figuras 6.19 e 6.20, nota-se que para o painel_{info_básica} as unidades 2 e 104 apresentaram os maiores valores sendo, 17,72 e 17,54, respectivamente e as que apresentaram menores índices foram as 41 e 170, sendo 3,51 e 3,71, respectivamente.

Quando analisados os desvios do painel_{escala_visual}, percebe-se que os valores máximos de desvio padrão (unidades 91 e 148) alcançaram valores na faixa de 15 pontos, sendo inferiores aos máximos desvios do painel_{info_básica}. As unidades que apresentaram menores valores foram a 9 e a 33, de modo que em ambas não foi atingida a marca de 3 pontos.

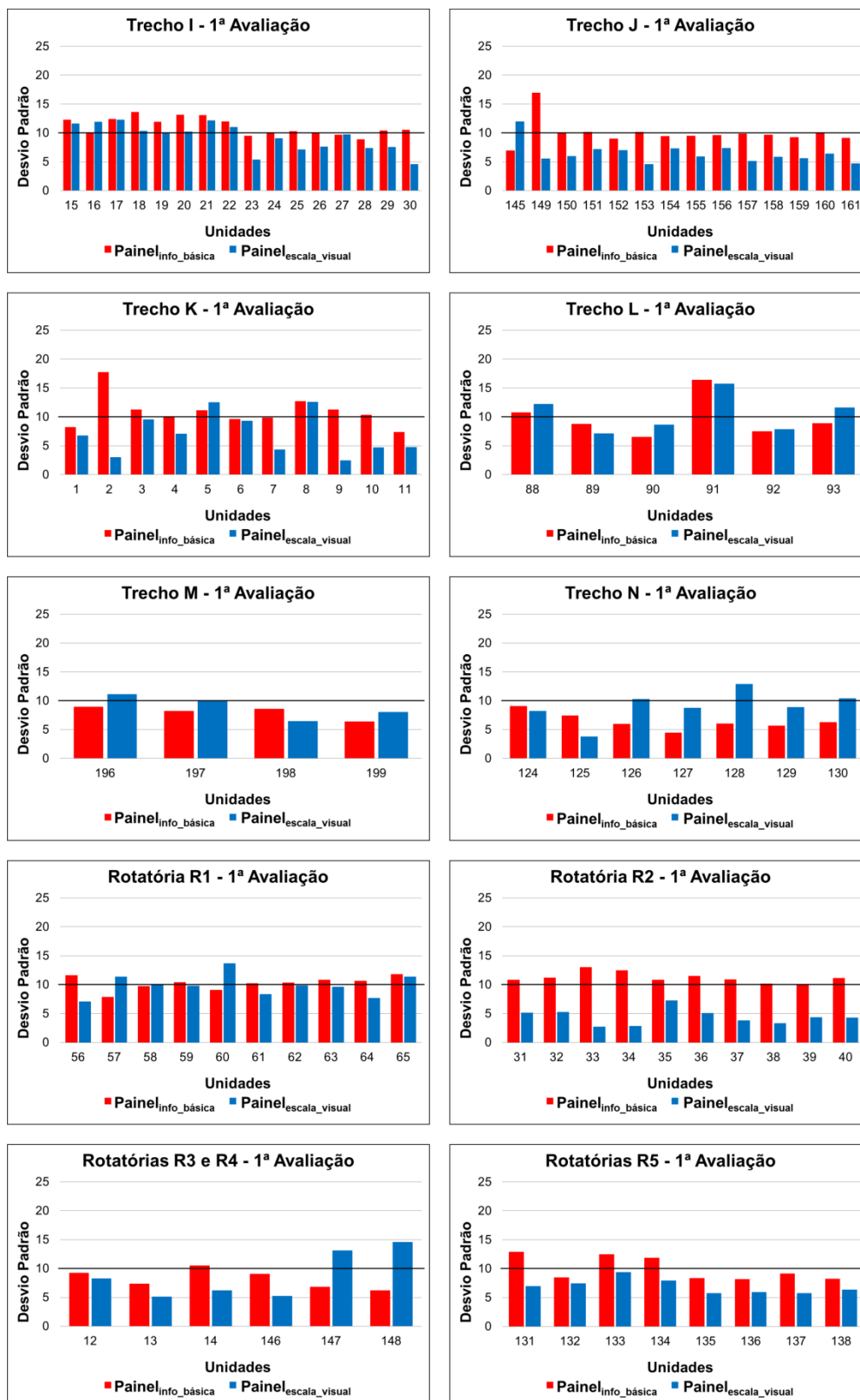
Ao comparar os desvios entre os dois painéis para cada unidade, observa-se que em 138 delas, aproximadamente 69%, o valor foi inferior para o painel_{escala_visual}.

Figura 6.19 - Gráficos de desvio padrão da primeira avaliação da Fase 2 - Trechos A – H



Fonte: o próprio autor

Figura 6.20 - Gráficos de desvio padrão da primeira avaliação da Fase 2 - Trechos I – R5



Fonte: o próprio autor

Para análise dos trechos, na Tabela 6.9 estão apresentadas as porcentagens de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos para cada trecho.

Tabela 6.9 - Porcentagem de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos por trecho para a primeira avaliação da Fase 2

Trecho	Painel _{info_básica}			Painel _{escala_visual}		
	Nota	Classificação	Porcentagem (%)	Nota	Classificação	Porcentagem (%)
A	53	Regular	0	58	Regular	0
B	78	Boa	42	88	Excelente	8
C	50	Regular	0	55	Regular	17
D	49	Regular	30	51	Regular	10
E	67	Boa	20	74	Boa	0
F	43	Regular	70	44	Regular	60
G	48	Regular	55	57	Regular	14
H	80	Boa	0	87	Excelente	13
I	81	Excelente	69	86	Excelente	44
J	74	Boa	29	88	Excelente	7
k	51	Regular	64	58	Regular	18
L	60	Boa	33	70	Boa	50
M	81	Excelente	0	86	Excelente	25
N	51	Regular	0	53	Regular	43
R1	54	Regular	70	52	Regular	40
R2	80	Boa	100	88	Excelente	0
R3	77	Boa	33	85	Excelente	0
R4	61	Boa	0	69	Boa	67
R5	71	Boa	38	89	Excelente	0

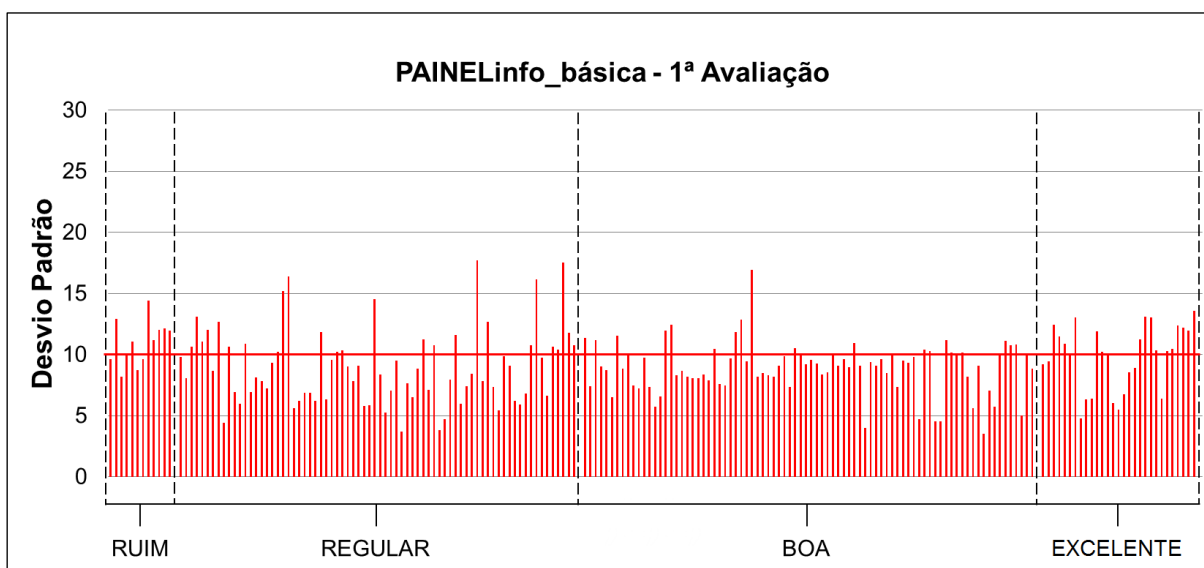
Fonte: o próprio autor

De modo geral, nota-se que, comparando os dois painéis, as porcentagens encontradas para o painel_{info_básica} foram mais elevadas. Analisando-se separadamente, para o painel_{info_básica}, o trecho que apresentou maior porcentagem foi o R2, com 100% classificado com condição “Boa”, seguido dos trechos R1 e F, ambos com 70% e classificados como “Regular”.

Já para o painel_{escala_visual} percebe-se que os trechos com maiores porcentagens foram R4 com 67%, F com 60% e L com 50%, classificados nas condições “Boa”, “Regular” e “Boa” respectivamente.

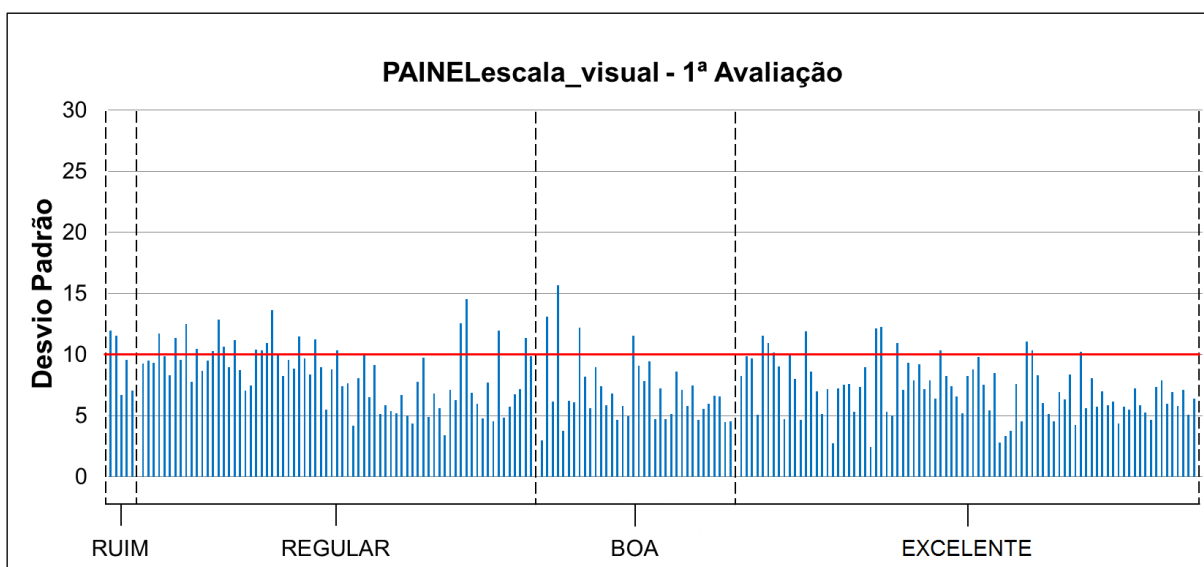
Classificadas as unidades pelas notas atribuídas nos intervalos da escala visual, têm-se os gráficos de desvio padrão das Figuras 6.21 e 6.22, nos quais os valores de desvio estão separados por classificação.

Figura 6.21 - Gráfico de desvio padrão das unidades amostrais por intervalo de classificação da primeira avaliação da Fase 2 – Painel_{info_básica}



Fonte: o próprio autor

Figura 6.22 - Gráfico de desvio padrão das unidades amostrais por intervalo de classificação da primeira avaliação da Fase 2 – Painel_{escala_visual}



Fonte: o próprio autor

Ao se fazer uma análise geral, para o painel_{info_básica}, verifica-se que 123 unidades (62%) apresentaram desvio padrão inferior ou igual a 10 pontos, enquanto que para o painel_{escala_visual} este número sobe para 162 unidades, ou seja, 81% das unidades não ultrapassaram o valor tolerável adotado neste trabalho.

Para análise dos intervalos da escala visual, apenas para o painel_{escala_visual} foram calculadas as porcentagens de unidades de cada intervalo que apresentaram valores de desvio superior a 10 pontos, as quais estão apresentadas na Tabela 6.10.

Tabela 6.10 - Porcentagem de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos por intervalo de classificação para a primeira avaliação da Fase 2 – Painel_{escala_visual}

Nota	Classificação	Porcentagem (%)
0 - 20	Péssima	-
20 - 40	Ruim	40%
40 - 60	Regular	27,4%
60 - 80	Boa	11,1%
80 - 100	Excelente	12,9%

Fonte: o próprio autor

A partir dos dados da Tabela 6.10 constata-se que o intervalo da escala que apresentou o maior percentual foi o “Ruim” com a marca de 40%, ou seja, do total de 5 unidades classificadas como ruins, 2 delas superaram o valor aceitável adotado para o desvio padrão, seguido pelo intervalo “Regular” que apresentou 27,4%.

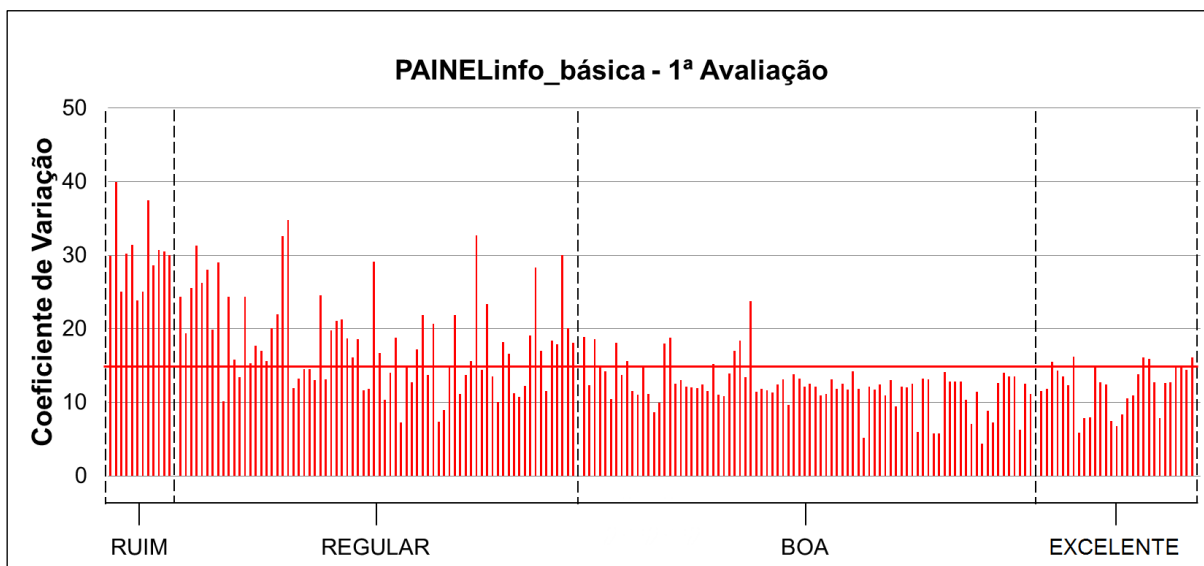
Entretanto, ao analisar o número absoluto de unidades que apresentaram desvio acima do tolerável, o intervalo de classificação em evidência é o “Regular”, pois do montante de 37 unidades, 20 (54%) destas pertencem ao intervalo “Regular”.

Sendo assim, constatou-se que os intervalos “Regular” e “Ruim” foram os que apresentaram pior desempenho, indicando uma maior dispersão nestes intervalos de classificação.

Semelhantemente ao realizado para análise de desvio, foram calculados os valores do coeficiente de variação para cada uma das unidades amostrais para ambos os painéis, os quais estão apresentados nas Figuras 6.23 e 6.24.

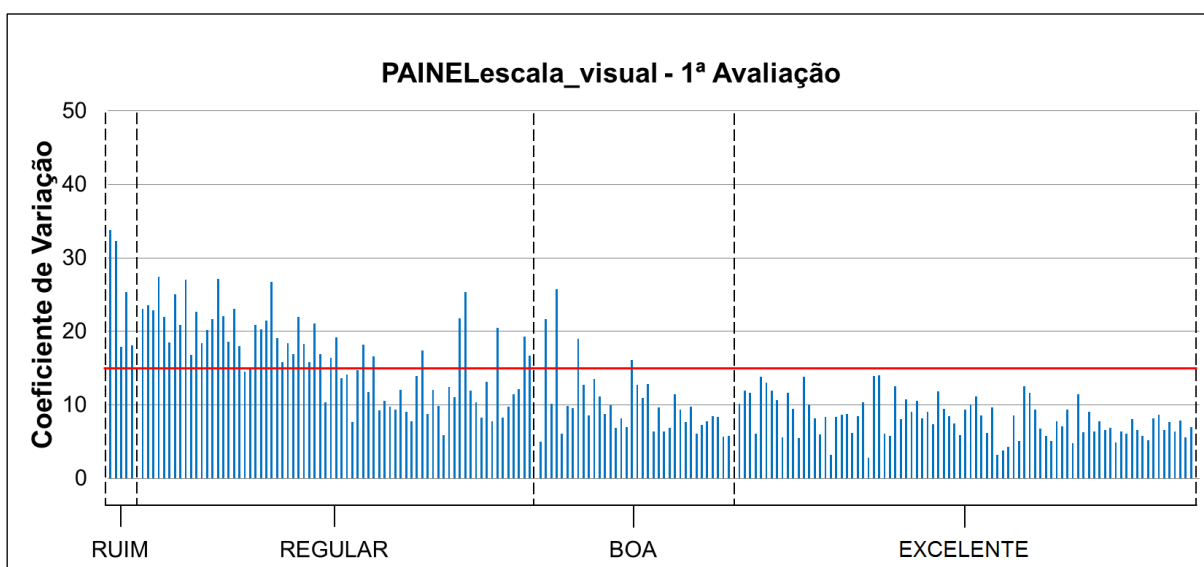
Estabelecido o critério de 15% para o CV, observa-se melhor desempenho do painel_{escala_visual}, uma vez que 147 unidades (74%) apresentaram coeficiente de variação inferior ou igual a 15%, enquanto que para o painel_{info_básical} este número é de 126 unidades, aproximadamente 63%.

Figura 6.23 - Gráfico de coeficiente de variação das unidades amostrais por intervalo de classificação da primeira avaliação da Fase 2 – Painel_{info_básica}



Fonte: o próprio autor

Figura 6.24 - Gráfico de coeficiente de variação das unidades amostrais por intervalo de classificação da primeira avaliação da Fase 2 – Painel_{escala_visual}



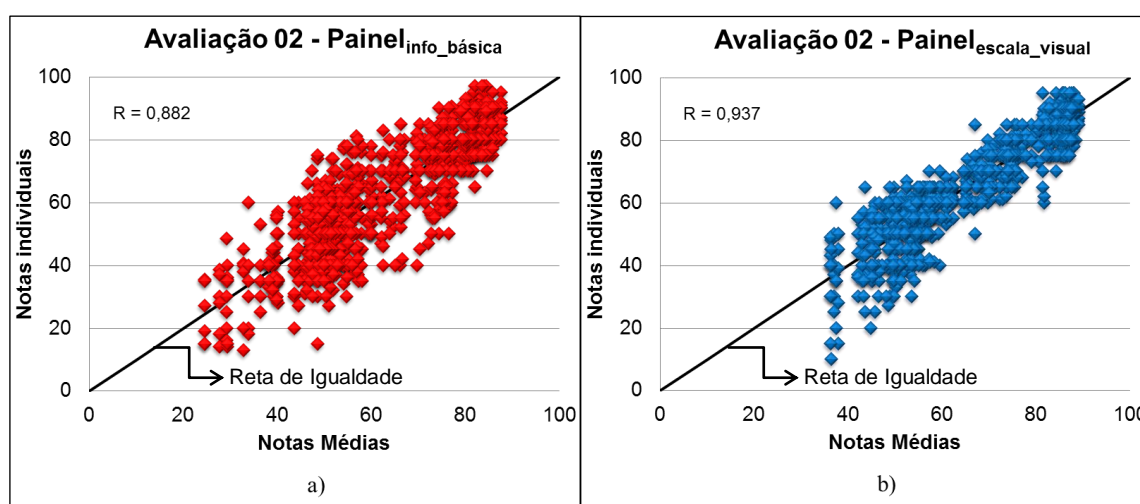
Fonte: o próprio autor

Além disso, para fins de estudo dos intervalos de classificação da escala visual, verifica-se maior concentração de valores acima do estabelecido como máximo nos intervalos “Ruim” e “Regular”, o que vai ao encontro com os resultados observados na análise dos desvios.

6.2.2.2 Segunda Avaliação

Semelhantemente ao apresentado na primeira avaliação, as notas individuais atribuídas pelos avaliadores a todas as UAs na segunda avaliação foram correlacionadas com as respectivas notas médias do painel. Os gráficos obtidos para os dois painéis estão apresentados na Figura 6.25.

Figura 6.25 - Gráficos de correlação das notas da segunda avaliação da Fase 2
a) painel_{info_básica} b) painel_{escala_visual}



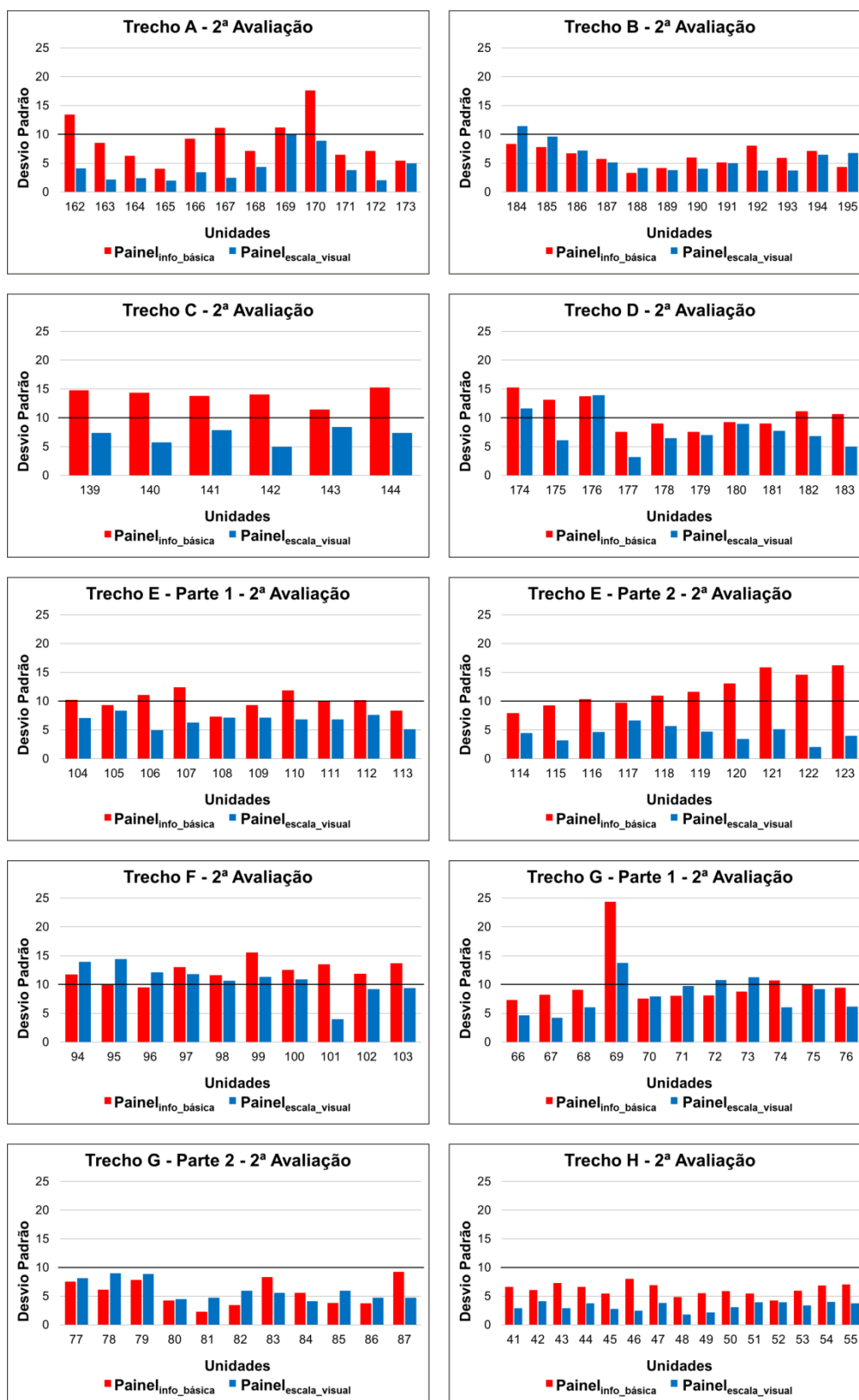
Fonte: o próprio autor

Analisando os gráficos da Figura 6.25, pode-se afirmar que para ambos os painéis existe alta correlação entre as notas individuais e as notas médias, uma vez que se obteve uma correlação de 88% para o painel_{info_básica} e 94% para o painel_{escala_visual}. Ao comparar os resultados obtidos na segunda avaliação com os da primeira, nota-se que para os dois painéis os coeficientes de correlação permaneceram praticamente constantes, com uma variação de apenas 2%.

Esta variação da correlação das notas pode ser explicada pela repetição e adaptação ao procedimento de avaliação, ou seja, quanto mais vezes os membros dos painéis avaliam as unidades amostrais, maior a correlação e, conseqüentemente, a coerência entre eles.

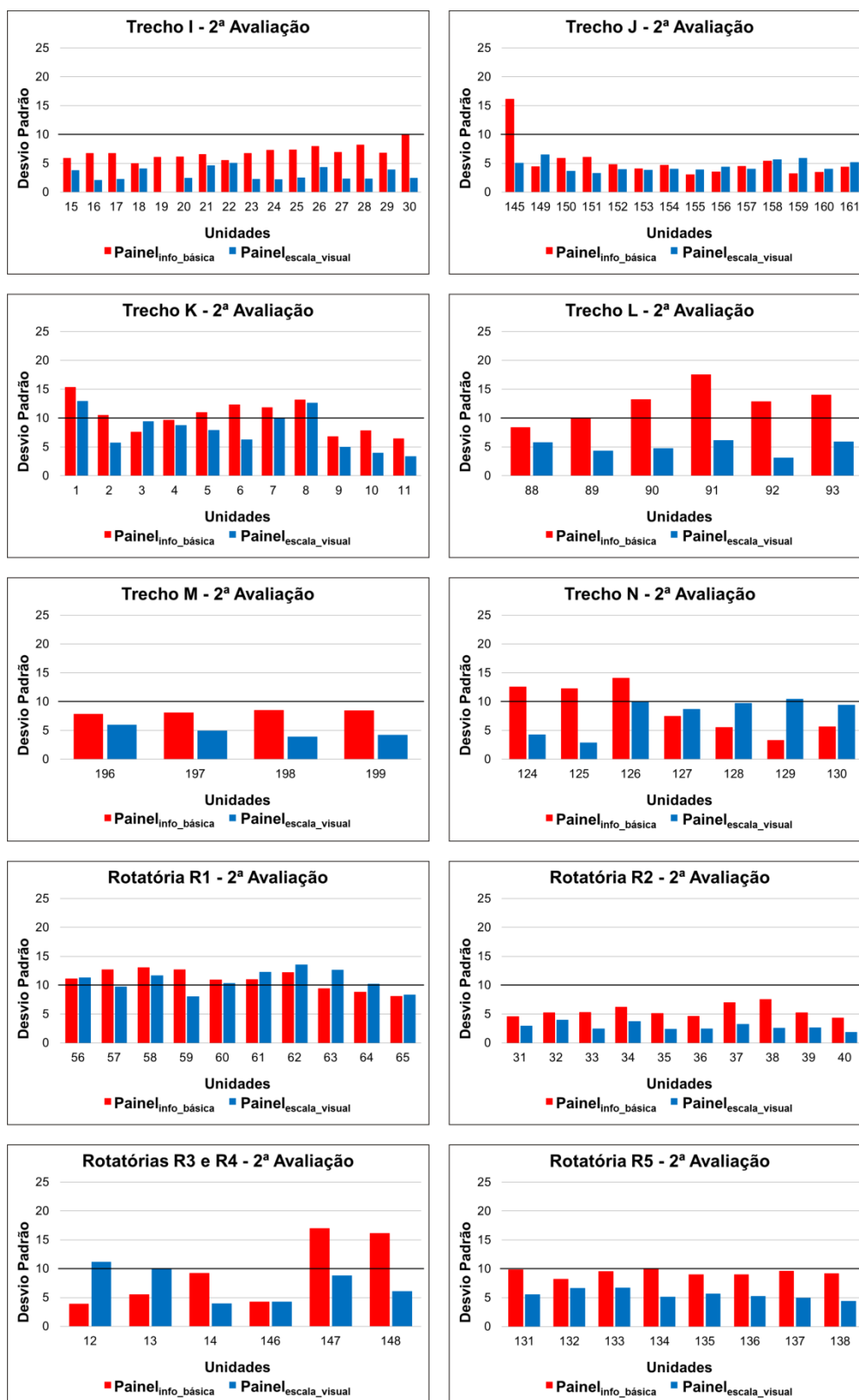
Assim como realizado para a primeira avaliação, foram calculados os valores de desvio padrão para cada unidade amostral para ambos os painéis, os quais estão apresentados nas Figuras 6.26 e 6.27.

Figura 6.26 - Gráficos de desvio padrão da segunda avaliação da Fase 2 - Trechos A – H



Fonte: o próprio autor

Figura 6.27 - Gráficos de desvio padrão da segunda avaliação da Fase 2 - Trechos I – R5



Fonte: o próprio autor

Analisando os gráficos das Figuras 6.26 e 6.27, nota-se que para o painel_{info_básica} as unidades 69 e 170 apresentaram os maiores valores, 24,34 e 17,62, respectivamente, e as que apresentaram menores índices foram as 81 e 155, sendo 2,23 e 3,01, respectivamente.

Para o painel_{escala_visual}, percebe-se que em nenhuma unidade foi ultrapassada a marca de 15 pontos, sendo os maiores valores encontrados nas unidades 95 e 94, as quais apresentaram 14,38 e 13,91, respectivamente. Assim como na primeira avaliação, os valores máximos de desvio padrão para o painel_{escala_visual} foram inferiores aos do painel_{info_básica}. Já em relação aos valores mínimos, as unidades com menores desvios foram a unidade 48 com 1,75 e a unidade 19, a qual apresentou desvio igual zero, uma vez que houve unanimidade entre os avaliadores.

Ao comparar os dois painéis, de maneira semelhante à Fase 1, observa-se que os resultados da segunda avaliação foram mais satisfatórios para o painel_{escala_visual}, uma vez que o número de unidades em que os valores de desvio padrão foram inferiores para o painel_{escala_visual} passou de 138, na primeira avaliação, para 157 na segunda, um acréscimo de 14%.

Além disso, para a análise dos trechos, na Tabela 6.11 estão apresentadas as porcentagens de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos para cada trecho na segunda avaliação.

Analisando a Tabela 6.11, nota-se que comparando os dois painéis, os resultados foram mais discrepantes, já que em apenas 2 dos 19 trechos, a porcentagem obtida foi menor para o painel_{info_básica}, de modo que a diferença entre os dois painéis se acentuou ainda mais nesta segunda avaliação.

Essa discrepância pode ser explicada pelo fato de que os avaliadores tiveram mais contato com a escala visual, familiarizando-se com sua utilização no procedimento das avaliações subjetivas, quanto mais os avaliadores usaram a escala visual para a atribuição das notas, menores foram os desvios.

Para o painel_{info_básica} o trecho C apresentou 100% das unidades com valores de desvio acima de 10, ademais, em 7 trechos essa porcentagem superou a marca de 50%. Em contrapartida, para o painel_{escala_visual}, percebe-se que os trechos F e R1, com 70%, foram os que apresentaram as porcentagens mais elevadas. A terceira maior porcentagem foi 33% no trecho R3, ou seja, apenas 3 dos 19 trechos superaram a marca de 30%.

Com relação aos intervalos de classificação, nota-se que dos 8 trechos que apresentaram porcentagem diferente de zero, 2 se enquadravam como “Excelente” e 6 como “Regular”.

Tabela 6.11 - Porcentagem de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos por trecho para a segunda avaliação da Fase 2

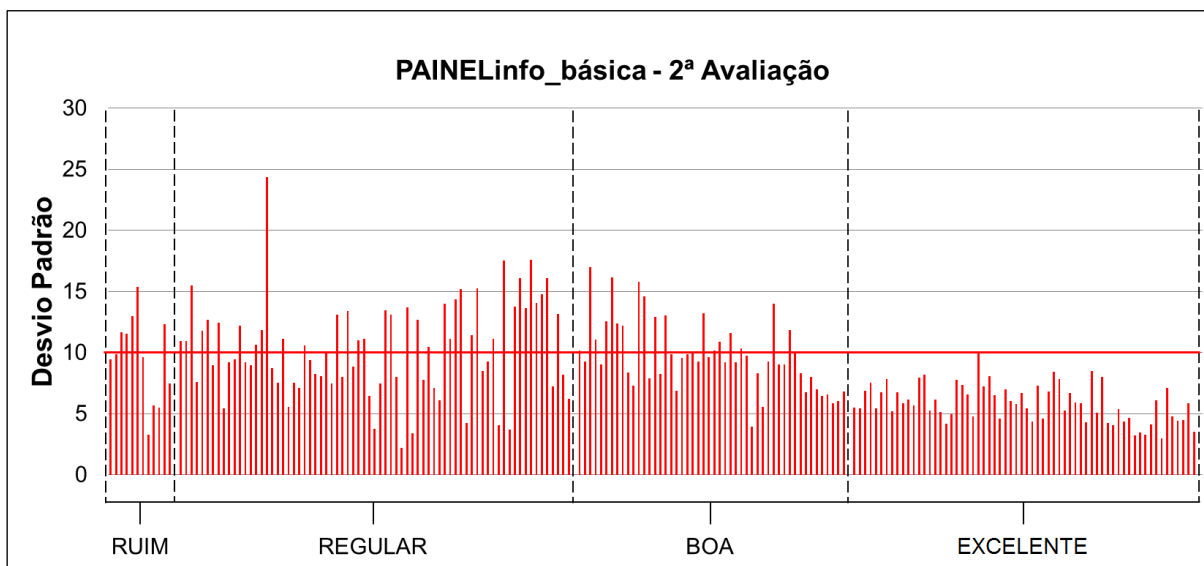
Trecho	Painel _{info_básica}			Painel _{escala_visual}		
	Nota	Classificação	Porcentagem (%)	Nota	Classificação	Porcentagem (%)
A	53	Regular	33	57	Regular	0
B	84	Excelente	0	86	Excelente	8
C	55	Regular	100	51	Regular	0
D	49	Regular	50	51	Regular	20
E	72	Boa	60	73	Boa	0
F	39	Ruim	80	46	Regular	70
G	52	Regular	14	57	Regular	14
H	80	Excelente	0	87	Excelente	0
I	81	Excelente	0	87	Excelente	0
J	84	Excelente	7	84	Excelente	0
k	54	Regular	55	59	Regular	27
L	70	Boa	67	75	Boa	0
M	83	Excelente	0	88	Excelente	0
N	49	Regular	43	52	Regular	29
R1	49	Regular	70	50	Regular	70
R2	82	Excelente	0	87	Excelente	0
R3	75	Boa	0	82	Excelente	33
R4	68	Boa	67	67	Boa	0
R5	74	Boa	0	85	Excelente	0

Fonte: o próprio autor

Classificadas as unidades pelas notas atribuídas nos intervalos da escala visual, têm-se os gráficos das Figuras 6.28 e 6.29, nos quais estão apresentados os valores de desvio padrão para cada unidade amostral, ordenados por intervalo de classificação.

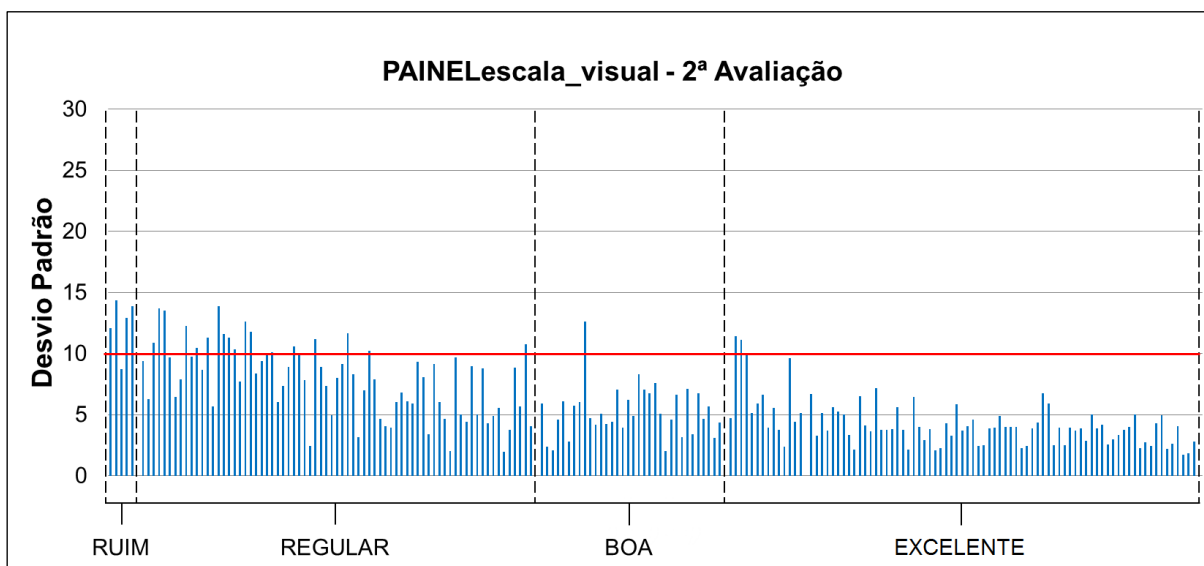
Ao se fazer uma análise geral, observa-se que a quantidade de unidades com desvio abaixo da linha de 10 pontos foi superior para painel_{escala_visual}, sendo que a diferença entre os painéis permaneceu praticamente a mesma da primeira avaliação. Verifica-se que para o painel_{info_básica} este número que era de 123 unidades (62%), subiu para 138 (69%), enquanto que para o painel_{escala_visual} a quantidade de unidades subiu de 162 unidades (81%) para 173 (87%).

Figura 6.28 - Gráfico de desvio padrão das unidades amostrais por intervalo de classificação da segunda avaliação da Fase 2 – Painel_{info_básica}



Fonte: o próprio autor

Figura 6.29 - Gráfico de desvio padrão das unidades amostrais por intervalo de classificação da segunda avaliação da Fase 2 – Painel_{escala_visual}



Fonte: o próprio autor

Do mesmo modo que para a primeira avaliação, para o painel_{escala_visual} foram calculadas as porcentagens de unidades de cada intervalo de classificação que apresentaram valores de desvio superior a 10 pontos, as quais estão apresentadas na Tabela 6.12.

Tabela 6.12 - Porcentagem de unidades com desvio padrão acima de 10 pontos por intervalo de classificação para a segunda avaliação da Fase 2 – Painel_{escala_visual}

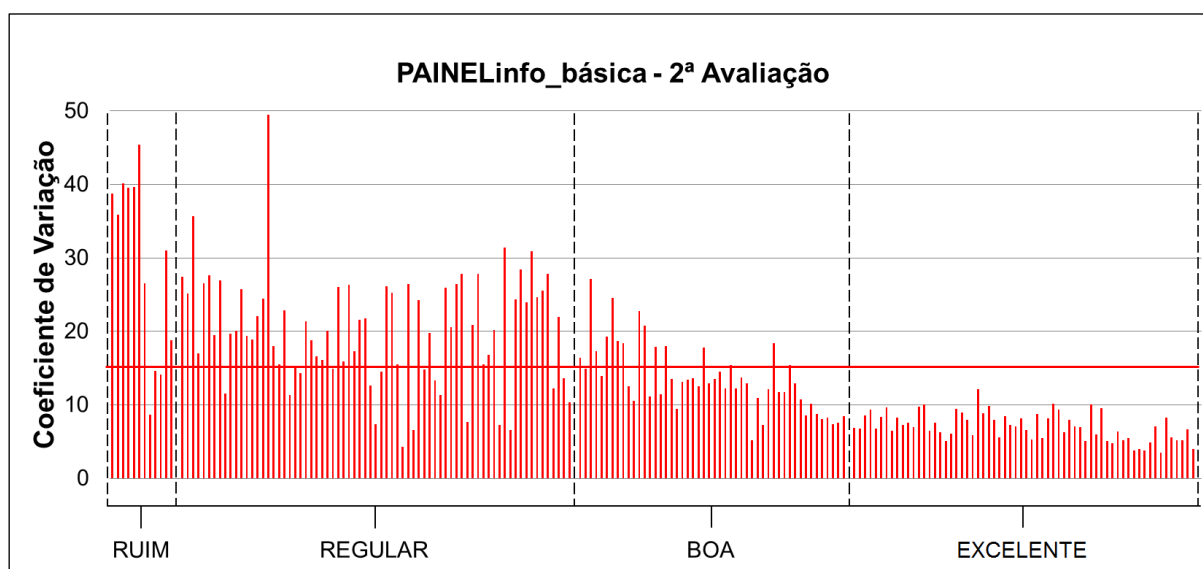
Nota	Classificação	Porcentagem (%)
0 - 20	Péssima	-
20 - 40	Ruim	80%
40 - 60	Regular	26%
60 - 80	Boa	3%
80 - 100	Excelente	2%

Fonte: o próprio autor

A partir dos dados da Tabela 6.12, constata-se que os intervalos da escala que apresentaram os maiores percentuais com desvio superior ao tolerado foram “Ruim”, com 80%, e “Regular”, com 26%, os mesmos intervalos que apresentaram os valores mais elevados para a primeira avaliação.

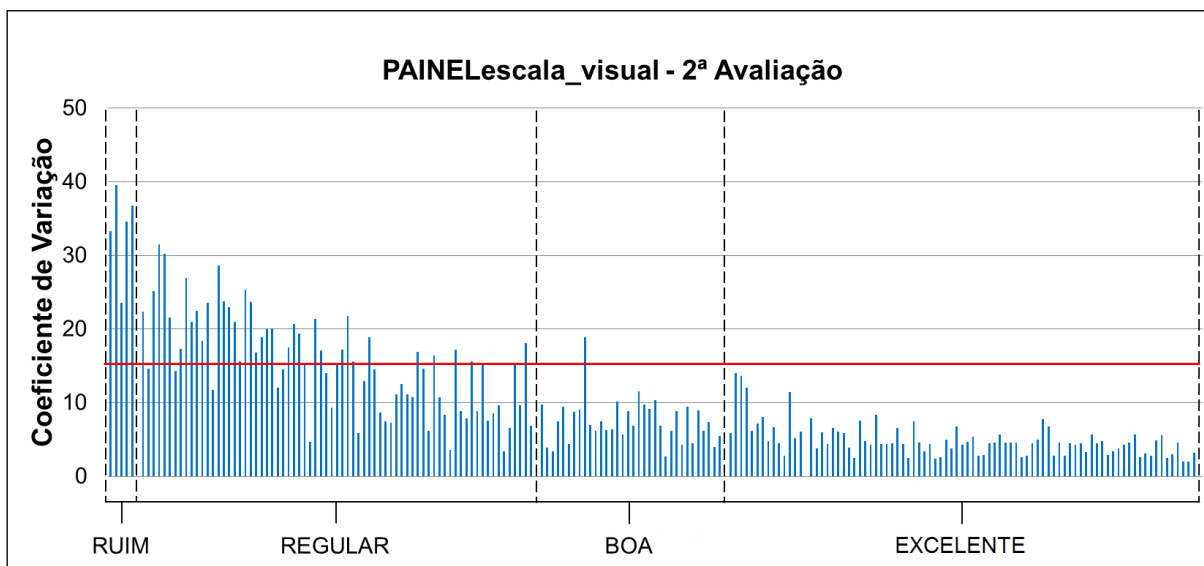
Os valores do coeficiente de variação para cada unidade amostral estão organizados por intervalo de classificação nas Figuras 6.30 e 6.31.

Figura 6.30 - Gráfico do coeficiente de variação das unidades amostrais por intervalo de classificação da segunda avaliação da Fase 2 – Painel_{info_básica}



Fonte: o próprio autor

Figura 6.31 - Gráfico do coeficiente de variação das unidades amostrais por intervalo de classificação da segunda avaliação da Fase 2 – Painel_{escala_visual}



Fonte: o próprio autor

Seguindo o mesmo critério da primeira avaliação, constata-se, novamente, melhor desempenho do painel_{escala_visual}, uma vez que, do total das unidades, 153 (77%) apresentaram coeficiente de variação inferior ou igual a 15% (precisão ótima), enquanto que para o painel_{info_básical} esta quantidade é de 120 unidades, aproximadamente 60%.

Vale destacar que para o painel_{escala_visual} a quantidade de unidades subiu de 147 para 153, enquanto que para o painel_{info_básical} o número de unidades decresceu de 126 para 120. Além disso, o painel_{escala_visual} apresentou 24 unidades com CV acima de 20%, enquanto que o painel_{info_básical} 50, ou seja, comparando os dois painéis é possível observar a influência da utilização da escala visual na precisão dos avaliadores.

De maneira similar ao encontrado na primeira avaliação, verifica-se uma concentração de valores acima do estabelecido como máximo (15%) nos intervalos "Ruim" e "Regular".

6.2.3 Análise Comparativa das Avaliações dos dois Painéis

Assim como realizado na primeira fase desta pesquisa, foram realizados os testes não paramétricos de Mann-Whitney e de Friedman a partir das notas dos painéis de cada unidade amostral a fim de analisar comparativamente os dois

painéis. Neste item são apresentados os resultados encontrados por meio da análise estatística para as duas avaliações com a escala ajustada.

6.2.3.1 Teste de Mann-Whitney

Os resultados do teste de Mann-Whitney referentes aos dados da primeira e segunda avaliação da Fase 2 com a escala ajustada estão apresentados na Tabela 6.13.

Tabela 6.13 - Resultados do teste de Mann-Whitney para as duas avaliações da Fase 2

Informações	Avaliação 01		Avaliação 02	
	<i>painel_{info_básica}</i>	<i>painel_{escala_visual}</i>	<i>painel_{info_básica}</i>	<i>painel_{escala_visual}</i>
Média	63,54337	70,51759	66,08915	69,8199
Observações	199	199	199	199
p-valor	6,97E-08		2,68E-04	
W	14106		15618	

Fonte: o próprio autor

Pelos resultados da Tabela 6.13 constata-se que foram obtidos os valores de $p = 6,97E-08$ para a primeira avaliação e $p = 2,68E-04$ para a segunda, de modo que, para ambas, foi rejeitada a hipótese nula para um nível de significância de 5%, o que permite afirmar que existe diferença significativa entre os dois painéis para as duas avaliações, ou seja, existe diferença entre os dois tratamentos utilizados (com e sem a utilização da escala).

6.2.3.2 Teste de Friedman

Os resultados do teste de Friedman para a primeira e segunda avaliação com a escala ajustada estão apresentados nas Tabelas 6.14.

Tabela 6.14 - Resultados do teste de Friedman para as duas avaliações da Fase 2

Informações	Avaliação 01		Avaliação 02	
	<i>painel</i> _{info_básica}	<i>painel</i> _{escala_visual}	<i>painel</i> _{info_básica}	<i>painel</i> _{escala_visual}
Média	63,54337	70,51759	66,08915	69,8199
Friedman qui-quadrado	129,29		79,315	
Graus de Liberdade	1		1	
p-valor	2,20E-16		2,20E-16	

Fonte: o próprio autor

Pela Tabela 6.14, percebe-se que para as duas avaliações os valores de p-valor estão abaixo de 0,05, o que permite rejeitar a hipótese nula e afirmar que existe diferença significativa entre os dois tratamentos (*painel*_{info_básica} e *painel*_{escala_visual}). Esta observação confirma o resultado obtido pelo teste de Mann-Whitney, uma vez que ao considerar as unidades amostrais como blocos e os dois painéis como tratamentos constata-se, também, a diferença nos dois painéis. Outra observação é que ao considerar cada unidade amostral como um bloco, foram encontrados menores valores para p-valor, ou seja, ao minimizar o efeito das variações das condições apresentadas pelas unidades amostrais, maior é a probabilidade de que os painéis apresentem diferença entre si.

Sendo assim, percebeu-se que após o ajuste da escala visual, a influência decorrente da sua utilização foi ainda mais evidenciada, uma vez que para os dois testes realizados em ambas as avaliações foram rejeitadas as hipóteses nulas, ao contrário dos resultados da escala visual original, que em apenas um teste para uma avaliação apresentou diferença significativa entre os dois painéis.

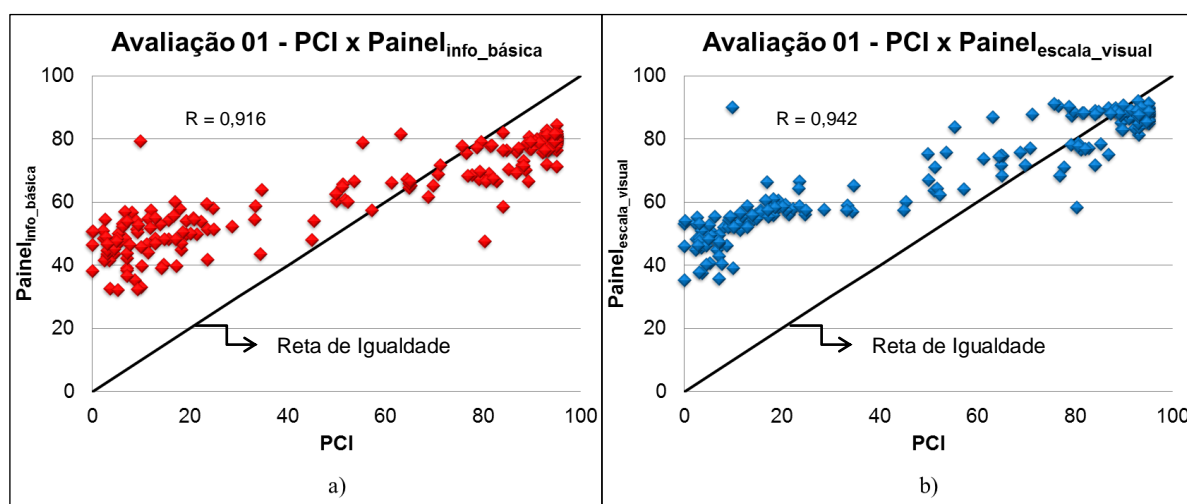
6.2.4 Análise Comparativa entre as Avaliações Subjetivas e Objetivas

A fim de comparar os métodos objetivo e subjetivo na Fase 2 foram elaborados gráficos com a correlação entre as notas obtidas na avaliação subjetiva e as referentes à avaliação objetiva pelo método PCI. Para isso foram utilizadas as notas de todas as unidades para os dois painéis de avaliação, obtendo-se os gráficos da Figura 6.32.

Pela Figura 6.32, percebe-se que as correlações entre as notas da avaliação subjetiva e objetiva foram próximas para os dois painéis, sendo 94% ($R = 0,942$) para *painel*_{escala_visual}, e 92% ($R = 0,916$) para o *painel*_{info_básica}.

Figura 6.32 - Gráficos de correlação entre valores obtidos pelo PCI e as notas subjetivas para as unidades amostrais na primeira avaliação da Fase 2

a) $\text{painel}_{\text{info_básica}}$ b) $\text{painel}_{\text{escala_visual}}$



Fonte: o próprio autor

Por estes resultados, assim como na Fase 1, pode-se dizer que as notas subjetivas de cada unidade amostral, para ambos os painéis, apresentam alta correlação em relação aos valores encontrados pelo método PCI, ou seja, existe uma forte relação entre as médias das notas atribuídas pelos avaliadores e a nota obtida pelo método objetivo de avaliação de pavimentos.

Para análise comparativa das notas para cada trecho, foi elaborada a Tabela 6.15, na qual são apresentadas, para cada trecho experimental, as pontuações obtidas pelos métodos subjetivo e objetivo, bem como as respectivas classificações.

Nota-se que as diferenças mais elevadas encontradas entre os dois métodos de avaliação estão em trechos onde a condição do pavimento está crítica, ou seja, quando as notas do PCI são de médias para altas a semelhança entre as avaliações é mais evidente, assim como na Fase 1. Além disso, de modo geral, observa-se que os índices atribuídos às unidades amostrais com base na opinião dos avaliadores foram inferiores em relação ao PCI. Isso pode ser explicado, pelo fato de que o PCI, por ser um método mais criterioso, considera alguns tipos de defeitos que, na perspectiva dos avaliadores, não interferem significativamente na qualidade de viagem proporcionada pelo pavimento naquela dada condição da superfície, como é o caso de trincas, desintegração e intemperismo.

Tabela 6.15 - Pontuações e classificações dos trechos experimentais pelos métodos objetivo e subjetivo da Fase 2

Trecho	Painel _{info_básica}		Painel _{escala_visual}		PCI	
	Nota	Classificação	Nota	Classificação	Nota	Classificação
A	53	Regular	58	Regular	19	Muito ruim
B	78	Boa	88	Excelente	87	Excelente
C	50	Regular	55	Regular	10	Muito ruim
D	49	Regular	51	Regular	12	Muito ruim
E	67	Boa	74	Boa	72	Muito boa
F	43	Regular	44	Regular	5	Péssima
G	48	Regular	57	Regular	17	Muito ruim
H	80	Boa	87	Excelente	92	Excelente
I	81	Excelente	86	Excelente	93	Excelente
J	74	Boa	88	Excelente	90	Excelente
K	51	Regular	58	Regular	33	Ruim
L	60	Boa	70	Boa	49	Regular
M	81	Excelente	86	Excelente	93	Excelente
N	51	Regular	53	Regular	19	Muito ruim
R1	54	Regular	52	Regular	13	Muito ruim
R2	80	Boa	88	Excelente	93	Excelente
R3	77	Boa	85	Excelente	91	Excelente
R4	61	Boa	69	Boa	24	Muito ruim
R5	71	Boa	89	Excelente	86	Excelente

Fonte: o próprio autor

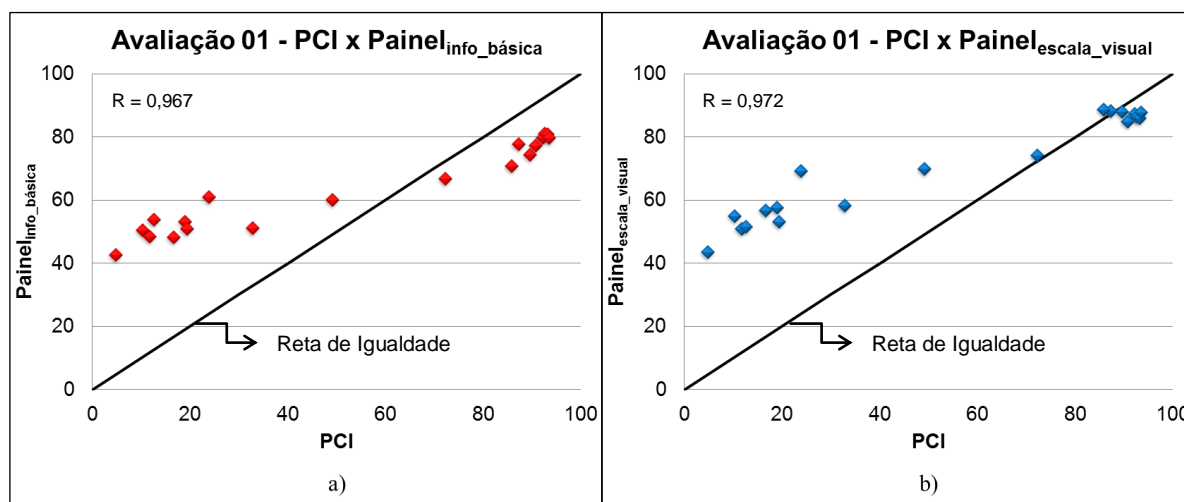
A partir dos dados da Tabela 6.15, foram correlacionadas os valores do PCI com as respectivas notas dos painéis de avaliação, obtendo-se os gráficos da Figura 6.33.

Analisando os gráficos da Figura 6.33, percebe-se que para as notas dos trechos, os resultados das correlações entre as notas subjetivas e objetivas foram ainda melhores, já que para ambos os painéis a correlação obtida foi de aproximadamente 97%.

Semelhantemente ao constatado na Fase 1, os coeficientes de correlação permitem concluir que existe uma relação muito alta entre as notas atribuídas pelos avaliadores dos painéis e as obtidas pelo método do PCI.

Figura 6.33 - Gráficos de correlação entre valores obtidos pelo PCI e as notas subjetivas para os trechos experimentais na primeira avaliação da Fase 2

a) $\text{painel}_{\text{info_básica}}$ b) $\text{painel}_{\text{escala_visual}}$



Fonte: o próprio autor

Além da análise de correlação entre os dois métodos, foram calculados os tempos necessários para o levantamento de toda a malha do *campus*. Assim, foram obtidas as taxas de tempo por quilômetro avaliado para o método subjetivo no valor de 1,1 h/km e o valor de 4,8 h/km para o objetivo.

Comparando os dois métodos utilizados nesta pesquisa, nota-se a rapidez e agilidade para o levantamento da condição da superfície pelo método subjetivo, o que reflete diretamente na demanda de recursos necessários para que a aquisição de dados referentes à condição do pavimento por parte das administrações locais. Somado a isso, pelo fato deste método apresentar uma alta correlação com o objetivo, pode-se dizer que a avaliação subjetiva pode ser uma alternativa atraente para a obtenção de dados da condição da superfície de pavimentos urbanos, principalmente em nível de rede.

6.3 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A FASE 1 E FASE 2

Após toda a análise estatística realizada separadamente para as duas Fases deste trabalho, é importante discutir comparativamente os resultados obtidos por cada uma delas.

A fim de comparar os resultados provenientes das duas versões da escala visual utilizadas nas fases 1 e 2, apenas os dados do painel_{escala_visual} foram analisados neste item do trabalho, os quais estão apresentados na Tabela 6.16.

Tabela 6.16 - Resultados obtidos para o painel_{escala_visual} para a Fase 1 e 2

Informações	Fase 1		Fase 2	
	Avaliação 01	Avaliação 02	Avaliação 01	Avaliação 02
Correlação Notas Médias e Individuais (%)	94	95	92	94
UAs DP<10	168	186	162	173
UAs CV<15	154	155	147	153
Correlação com PCI (%)	88	-	94	-

Fonte: o próprio autor

Pelos dados da Tabela 6.16, nota-se que no que diz respeito à correlação obtida entre as notas médias e as notas individuais para painel_{escala_visual} nas duas fases desta pesquisa foram semelhantes tanto para a primeira, quanto para a segunda avaliação, variando entre 92% e 95%.

O mesmo acontece para a quantidade de unidades com desvio padrão abaixo de 10 para as primeiras avaliações das duas Fases, onde a diferença foi de 6 unidades amostrais (UAs). Em contrapartida, para a segunda avaliação houve uma diferença mais acentuada, sendo superior para a Fase 1 em 13 UAs.

Em relação às UAs que apresentaram coeficiente de variação acima de 15%, os valores encontrados para as duas fases foram semelhantes, sendo obtidos entre 147 e 155 UAs.

Apesar dos resultados serem próximos, de modo geral, notou-se que os obtidos na Fase 1 foram superiores, o que pode ser explicado pela sequência descrita a seguir:

- Os integrantes do painel_{escala_visual} da Fase 1 tinham ao menos 2 anos de contato com o procedimento de avaliação subjetiva usando a escala visual, ou seja, estavam habituados a utilizá-la como ferramenta na atribuição das notas;

- Devido à indisponibilidade de alguns integrantes do painel_{escala_visual}, foi necessária a seleção de novos avaliadores;
- A composição do painel_{escala_visual} na Fase 2 contou com novos integrantes, os quais não tinham tido qualquer contato com uma escala visual para avaliação subjetiva. Este fator pode ter causado uma certa indecisão no processo de atribuição de notas, embora os avaliadores tivessem participado do procedimento de nivelamento em escritório.

Esta última observação pôde ser verificada quando foi realizada a segunda avaliação, uma vez que na medida em que os membros do painel_{escala_visual} tiveram mais contato com a escala, familiarizando-se com esta, os resultados obtidos apresentaram uma tendência de melhora.

No que se refere à correlação entre as notas subjetivas e os valores de PCI, nota-se que houve uma melhora significativa, passando de 88% da Fase 1 para 94% para a Fase 2.

Deste modo, utilizando a Escala Visual Ajustada o método subjetivo se aproxima ainda mais ao objetivo, ou seja, com menos tempo e recursos, é possível a obtenção de dados que expressem a condição da superfície de pavimentos urbanos. Isso indica que a escala visual pode ser utilizada como uma ferramenta de avaliação, possibilitando a realização de um levantamento de informações confiáveis que poderão servir como banco de dados de um SGPU.

Além da análise dos resultados referentes à correlação, desvio padrão e coeficiente de variação, na Tabela 6.17 é apresentado um resumo dos resultados dos testes de hipóteses realizados para verificar a existência de diferença significativa entre o painel_{escala_visual} e o painel_{info_básica}.

Tabela 6.17 - Resumo dos resultados dos testes de hipóteses para a Fase 1 e 2

Testes	Fase 1		Fase 2	
	Avaliação 01	Avaliação 02	Avaliação 01	Avaliação 02
Mann-Whitney	Aceita-se H_0	Aceita-se H_0	Rejeita-se H_0	Rejeita-se H_0
Friedman	Rejeita-se H_0	Aceita-se H_0	Rejeita-se H_0	Rejeita-se H_0

Fonte: o próprio autor

De acordo com os dados da Tabela 6.17 observa-se que para a Fase 2 em todos os testes realizados rejeitou-se a hipótese nula, enquanto que para a Fase 1 apenas no Teste de Friedman para a avaliação 01 a hipótese nula foi rejeitada. Isso deixa claro que, após o ajuste da escala visual, a diferença entre o painel que faz o seu uso e o painel que não o faz é mais notória, ou seja, evidencia-se a influência decorrente da utilização da Escala Visual Ajustada.

7 CONCLUSÕES

A partir do método de estudo adotado, concluiu-se que o objetivo principal desta pesquisa foi atendido, uma vez que foi possível testar e validar uma escala visual desenvolvida com base em fotografias para a avaliação subjetiva da condição de vias urbanas.

Com relação às análises de correlação entre as notas individuais e as médias dos painéis na primeira fase, foram obtidos valores de coeficiente de correlação satisfatórios, sendo que os valores mais elevados foram para o painel_{escala_visual}, apontando para uma influência advinda do uso da escala na atribuição das notas.

Essa constatação também ficou perceptível quando foram analisados os valores de desvio padrão e coeficiente de variação obtidos pelos dois painéis, uma vez que os resultados foram mais satisfatórios para o painel_{escala_visual} nas duas avaliações realizadas, de modo que na segunda a discrepância em relação ao painel_{info_básica} foi ainda mais acentuada.

Sendo assim, observou-se que o uso da escala visual é capaz de influenciar positivamente no procedimento de avaliações subjetivas de pavimentos, tendo papel decisivo para a diminuição da dispersão entre os avaliadores.

Entretanto, os dados da Fase 1 indicaram que a escala visual proposta por Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013) necessitava de ajustes em alguns intervalos de classificação, os quais foram adaptados de forma a estabelecer a Escala Visual Ajustada.

Após a coleta e análise dos dados da Fase 2, foi possível comparar os resultados advindos desta com os da Fase 1. Sendo assim, no que diz respeito à correlação entre as notas médias e as notas individuais, notaram-se resultados semelhantes para as duas versões da escala visual, sendo que nas duas Fases foram obtidas altas correlações.

De modo geral, para os valores de desvio padrão e coeficiente de variação, apesar de os resultados serem próximos, notou-se que os dados obtidos na Fase 1 foram mais satisfatórios. Isso pode ser explicado por diversos fatores, como o fato de que os integrantes do painel_{escala_visual} da Fase 1 tinham 2 anos de experiência no processo de avaliação subjetiva com uma escala visual, enquanto que na Fase 2, devido necessidade de uma nova composição do painel, os novos integrantes não tinham tido qualquer contato com uma escala visual para avaliações subjetivas, fato

que pode ter causado indecisão no processo de atribuição de notas, mesmo que os avaliadores tenham participado do procedimento de nivelamento em escritório.

A justificativa de falta de contato com a escala visual pôde ser verificada quando foram analisados os dados da segunda avaliação, uma vez que conforme os membros do painel_{escala_visual} se familiarizaram com a utilização da escala, os resultados obtidos apresentaram uma tendência de melhora.

Sendo assim, foi possível constatar a estabilidade da Escala Visual Ajustada ao longo do tempo, já que os resultados de correlação, desvio padrão e coeficiente de variação para o painel_{escala_visual} apresentaram uma tendência a serem mais satisfatórios após um período de tempo.

Além disso, no que se refere à análise comparativa entre os dois painéis, observou-se que para a Fase 2 em todos os testes realizados a hipótese nula foi rejeitada, enquanto que para a Fase 1 apenas no Teste de Friedman para a avaliação 01 a hipótese nula foi rejeitada. Isso deixa claro que, após o ajuste da escala visual, a diferença entre o painel que fez o seu uso e o painel que não o fez foi mais notória, ou seja, a influência decorrente da utilização da Escala Visual Ajustada foi mais evidente.

Com relação à comparação entre os métodos subjetivo e objetivo, observou-se que as menores diferenças de notas entre eles se deram em trechos onde os valores do PCI foram de médios para altos e as diferenças mais acentuadas nos trechos onde a condição do pavimento é crítica. Além disso, de modo geral, os valores encontrados pelo método subjetivo foram mais elevados que o objetivo, o que pode ser explicado pelo fato de que o PCI, por ser um método mais rigoroso, leva em consideração alguns tipos de defeitos que, na perspectiva dos avaliadores, não interferem significativamente na qualidade de viagem proporcionada pelo pavimento na condição da superfície em questão, como é o caso de trincas, desintegração e intemperismo.

Por fim, observou-se alta correlação entre os métodos subjetivo e objetivo, principalmente na Fase 2, de modo que ao utilizar uma escala visual é possível obter dados que expressem a condição da superfície de pavimentos urbanos. Isso evidencia que a escala visual pode ser utilizada como ferramenta de avaliação subjetiva, pois com menos tempo é possível realizar um levantamento de dados confiáveis que poderão servir como banco de dados com vistas à implementação e uso continuado de um SGPU.

8 REFERÊNCIAS

AASHTO - AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **Design of Pavement Structures**. Washington, D.C., 1993.

ALBUQUERQUE, F. S. **Sistema de Gerência de Pavimento para Departamentos de Estradas do Nordeste Brasileiro**. 2007. 303 p. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

ALBUQUERQUE, T. P.; OLIVEIRA, L. Q. L. ; MEDEIROS, R. S. ; MORAIS, L. M. B. ; OLIVEIRA, L. M. ; MELO, R. A. **Análise Comparativa de Índices para Avaliação da Condição de Pavimentos Urbanos**. In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes (XXXI ANPET), 2017, Recife - PE. Anais do XXXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - 2017. Rio de Janeiro - RJ: ANPET, 2017.

APS, M.; BALBO, J. T.; SEVERI, A. A. **Avaliação Superficial de Pavimentos Asfálticos em Vias Urbanas Utilizando o Método do PCI**. In: 31a. Reunião Anual de Pavimentação, 1998, São Paulo. Anais da 31a. Reunião Anual de Pavimentação. São Paulo, 1998.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - **ASTM D6433-99 Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys**, 1999.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - **ASTM D6433-18 Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys**, 2018.

BANDARA, N.; GUNARATNE, M. **Current and Future Pavement Maintenance Prioritization Based on Rapid Visual Condition Evaluation**. Journal of Transportation Engineering, v. 127, p. 116-123, 2001.

BARELLA, R. M. **Contribuição para a avaliação da irregularidade longitudinal de pavimentos com perfilômetros inerciais**. 2008. 262 p. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

BERTOLLO, S. A. M.; FERNANDES JÚNIOR. J. L. **Método estocástico para previsão de desempenho e sua utilização em Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos**. In: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes (XI ANPET), 1997, Rio de Janeiro - RJ. Anais do XI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - 1997. Rio de Janeiro - RJ: ANPET, 1997.

CAREY, W.N; IRICK, P.E. **The Pavement Serviceability – Performance Concept**. Highway Research Board, n. 250, p. 40-58, 1960.

CNT - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias 2018: relatório gerencial**. Brasília, 2018. Disponível em <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/resumo-para-imprensa>> Acesso em: Outubro/2018

DANIELESKI, M. L. **Proposta de Metodologia para Avaliação Superficial de Pavimentos Urbanos: Aplicação à Rede Viária de Porto Alegre**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

DARONCHO, C.; FELEX, J. B. **Contribuição à análise de qualidade de viagens e suas relações com a distribuição de defeitos em segmentos de rodovias**. In: 33ª Reunião anual de Pavimentação - RAPv, 2001, Florianópolis - SC. Anais 33ª Reunião Anual de Pavimentação, 2001.

DARONCHO, C.; FELEX, J. B.; FERNANDES JÚNIOR, J. L. **Extensão de Método para Análise de Qualidade de Viagem e Distribuição de Defeitos de Rodovias para Vias Urbanas**. In: 11ª Reunião Anual de Pavimentação Urbana, 2002, Porto Alegre - RS. Anais da 11ª Reunião Anual de Pavimentação Urbana. Porto Alegre - RS: Associação Brasileira de Pavimentação - ABPv, 2002.

DENATRAN - DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. 2018. Disponível em <<http://www.denatran.gov.br/estatistica/635-frota-2018>> Acesso em: Julho/2018

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos.** Procedimentos DNIT 009/2003 – PRO. Rio de Janeiro: IPT, 2003.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Gerência de Pavimentos.** Pub. IPR-745. Rio de Janeiro, 2011.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos.** Pub. IPR-720. Rio de Janeiro, 2006.

DOMINGUES, F. A. A., **MID – Manual para identificação de defeitos de revestimentos asfálticos de pavimentos.** São Paulo, 1993.

EVANS, J. D. **Straightforward statistics for the behavioral sciences.** Pacific Grove, CA: Brooks/Cole Publishing, 1996.

FERNANDES, A. T. **Desenvolvimento de Um Sistema de Gerenciamento para Conservação do Pavimento de Vias Urbanas, Através de Um Sistema de Informações Geográficas.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

FERNANDES JÚNIOR, J.L. **Sistemas de Gerencia de Pavimentos Urbanos para Cidades de Médio Porte.** Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo, 2001.

FERNANDES JÚNIOR., J.L.; MARGARIDO, S.A.; ZERBINI, L.F. **Priorização em Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos,** Associação Brasileira de Pavimentação, 7ª Reunião de Pavimentação Urbana. São José dos Campos, SP, 1996.

FERNANDES JÚNIOR.; J.L.; ODA, S.; ZERBINI, L.F. **Defeitos e Atividades de Manutenção e Reabilitação em Pavimentos Asfálticos**. Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo, 1999.

FERREIRA, P.V. **Estatística Experimental Aplicada à Agronomia**. Maceió. UDUFAL. 1991. 440p

FONTENELE, H. B; FERNANDES JÚNIOR, J.L. **Desenvolvimento de um Instrumento para Avaliação da Condição de Estradas não Pavimentadas**. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, n. 1, p. 11-21, 2013.

FONTENELE, H. B.; SILVA JÚNIOR, C. A. P.; PITON, C. L. **Análise De Coerência de Avaliações Subjetivas**. Synergismus Scyentifica UTFPR, v. 2, p. 12-18, 2007.

GOLROO, A.; TIGHE, S. L. **Developing an Overall Combined Condition Index for Pervious Concrete Pavements Using a Specific Panel Rating Method**. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board nº 2153, p.40-48, 2010.

HAAS, R.; HUDSON, W. R. **Pavement Management Systems**. New Yor: McGraw-hill, 1978.

HAAS, R.; HUDSON, W. R.; ZANIEWSKI, J. **Modern Pavement Management**. Krieger Publishing Company. Malaba. Florida, 1994.

HAIRDER, S. W.; CHATTI, K.; BALADI, G. Y.; SIVANESWARAN, N. **Impact of Pavement Monitoring Frequency on Pavement Management System Decisions**. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board nº 2225, p.43-55, 2011.

HARTGEN, D. T.; SHUFON, J.J.; PARRELLA, F. T.; KOEPEL, K. W. P. **Visual Scales of Pavement Condition: Development, Validation, and Use**. Transportation Research Record nº 893, p.1-6, 1982.

HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY. **Pavement Maintenance Management**. Technical Manual 5-623. Washington, DC, 1982.

HOSTEN, A. M.; BRYCE, J.; PRIDY, L. P.; FLINTSCH, G. W.; IZEPPI, E. L.; NELSON, W. O. **Improving Network Condition with Preventive Maintenance: A Pavement Management System Case Study in Christiansburg, Virginia**. Transportation Research Board 92nd Annual Meeting. Washington - DC, 2013.

IBRAHEEM, A.; FALIH, D. **Applying Geographic Information System (GIS) for Maintenance Strategy Selection**. Engineering, v. 4, p. 44-54, 2012.

KARIM, F.M.A; RUBASI, K. A. H; SALEH, A. A. **The Road Pavement Condition Index (PCI) Evaluation and Maintenance: A Case Study of Yemen**. Organization, Technology and Management in Construction, v. 8, p. 1446-1455, 2016.

IGNÁCIO, L. F. S.; PEREIRA, L. A.; PALMA, L. C. R.; SILVA JÚNIOR, C. A. P.; FONTENELE, H. B.. **Análise da Estabilidade de uma Escala Visual na Avaliação de Pavimentos**. In: XXXII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes (XXXII ANPET), 2018, Gramado - RS. Anais do XXXII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - 2018. Rio de Janeiro - RJ: ANPET, 2018.

LA TORRE, F.; BALLERINI, L.; DI VOLO, N. **Correlation Between Longitudinal Roughness and User Perception in Urban Areas**. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board nº 3646, p.131-139, 2002.

LEITE, A. M. S.; SILVA, J. P. S. **Avaliação superficial de pavimentos asfálticos em vias urbanas de Palmas/TO utilizando o método PCI (Pavement Condition Index)**. In: 9º Seminário de Iniciação Científica. Palmas, 2013.

LIMA, J. P.; RAMOS, R. A. R.; FERNANDES JÚNIOR, J. L. **A Prática de Gestão de Pavimentos em Cidades Médias Brasileiras**. In: 2º Congresso Luso Brasileiro, 2006, Braga - Portugal. Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável - II PLURIS. Braga - PT: Universidade do Minho, 2006.

LOPRENCIPE, G.; PANTUSO, A.; DI MASCIO, P. **Sustainable Pavement Management System in Urban Areas Considering the Vehicle Operating Costs.** Sustainability, V.9, P. 1-16, 2017.

MACHADO, C. C.; SANTANNA, G. L.; CARVALHO, C. A. B.; OLIVEIRA, R. J. **Sistema de gerência de pavimentos de estradas florestais.** In: VII Simpósio Brasileiro sobre Colheita e Transporte Florestal, 2005, Vitória - ES. Anais do VII Simpósio Brasileiro sobre Colheita e Transporte Florestal. Viçosa - MG: SIF, 2005.

MELO, R. A. **Avaliadores, notas e qualidade de pavimentos.** Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos, 1998.

MORAES, C. A. S.; RODRIGUES, J. K. G.; MELO FILHO, H. B.; QUEIROZ, M. W.; GUIMAR, L. C., **Uma Proposta para Avaliação, Manutenção e Restauração de Pavimentos das Vias Urbanas.** In: 18º Encontro de Asfalto, 2006, Rio de Janeiro - RJ. Anais do 18º Encontro de Asfalto. Rio de Janeiro - RJ: Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás – IBP, 2006.

OLIVEIRA, F. M.; SILVA JÚNIOR, C. A. P.; FONTENELE, H. B. **Desenvolvimento de escala visual para avaliação da condição da superfície de vias urbanas.** Conexões: Ciência e Tecnologia, v. 7, p. 31-47, 2013.

OLIVEIRA, J. J. **Experiência de Implantação de Sistema de Gerência de Pavimentos em Cidade de Médio Porte – Estudo de Caso: Anápolis-GO.** 2013. 167p. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

OLIVEIRA, J. J.; FERNANDES JÚNIOR., J. L.; LOPES, S. B.; PEREIRA, C. R. **Implantação de Um Sistema Dinâmico de Gerência de Pavimentos Urbanos (SDGPU) em Cidade de Médio Porte.** In: PLURIS - Planejamento Urbano Regional Integrado e Sustentável, 2012, Brasília - DF. Anais do PLURIS, 2012.

PÁEZ, E. M. A.; LOPES, S. B.; FERNANDES JÚNIOR, J.L.. **Índice de Condição do Pavimento para Aplicação em Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos.** In: XXIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes (XXIX ANPET), 2015,

Ouro Preto - MG. Anais do XXIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - 2015. Rio de Janeiro - RJ: ANPET, 2015.

PEREIRA, L. A.; OLIVEIRA, F. M.; SILVA JÚNIOR, C. A. P.; FONTENELE, H. B. **Utilização de Escala Visual para Avaliação das Vias Urbanas.** Revista de Engenharia e Tecnologia. , v.5, p.140 – 150, 2013.

PESCADOR JÚNIOR, A. C.; SILVA JÚNIOR, C. A. P.; FONTENELE, H. B. **Comparação de Métodos de Avaliação da Condição de Pavimentos Flexíveis com o Auxílio de um Sig-T.** Revista CIATEC – UPF. , v.10, p.95 – 103, 2018.

PRESTES, M.P., **Método de avaliação visual de pavimentos flexíveis – Um estudo comparativo.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

Shah, Y. U.; Jain, S.S.; Tiwari, D.; Jain, M.K. **Modeling the pavement serviceability index for urban roads in Noida.** International Journal of Pavement Research and Technology, v.6, p.66-72, 2013.

SHAHIN, M. Y.; KOHN, D. S. **Development of a pavement condition rating procedure for roads, streets and parking lot.** CERL-TR-M-268, U. S. Army, 1979, vol. 1 e 2.

SPECHT, L. P.; ROZEK, T.; HIRSCH, F.; SANTOS, R. T. **Avaliação da Macrotextura de Pavimentos Através do ensaio de Mancha de Areia.** Teoria e Prática na Engenharia Civil, Rio Grande, n. 10, p. 30-38, 2007.

TABORDA JÚNIOR, E. P.; MAGALHÃES, S. L. M. **Pavimentação Em Vias Publicas Análise do Estado do Pavimento da Avenida Coronel Escolástico em Cuiabá – MT.** E&S - Engineering and Science, UFMT, v. 1, n. 1, p. 05-24, 2014.

VIEIRA, S. A.; PINHO JÚNIOR, A. A. E.; OLIVEIRA, F. H. L.; AGUIAR, M. F. P. **Análise Comparativa de Metodologias de Avaliação De Pavimentos Através do IGG e PCI.** Revista Conexões - Ciência e tecnologia, v. 10, p. 20-30, 2016.

Yshiba, J. K. **Modelos de previsão de desempenho: estudos de rodovias do Estado do Paraná.** Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos, 2003.

ZANCHETTA, F. **Aquisição de Dados sobre a Condição dos Pavimentos visando a Implementação de Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos.** Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos, 2005.

ZANCHETTA, F. **Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos: Avaliação de Campo, Modelo de Desempenho e Análise Econômica.** Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos, 2017.

ZHENG, L. **A probabilistic and adaptive approach to modeling performance of pavement infrastructure.** 2005. Thesis (Doctor of Philosophy), The University of Texas at Austin, Austin, USA, 2005.